



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

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES

TEMA Nº2- PLANEACION DE UN SISTEMA ELECTRICO
INDUSTRIAL

ING. LUIS MUROW ITQUIN

SEPTIEMBRE, 1982

1.- PLANEACION DE UN SISTEMA ELECTRICO INDUSTRIAL

1.1.- INTRODUCCION

LA CONTINUIDAD DE PRODUCCION EN UNA PLANTA INDUSTRIAL ES TAN CONFIABLE . . . COMO LO ES SU SISTEMA DE DISTRIBUCION ELECTRICO.

DOS PLANTAS RARAMENTE TIENEN LAS MISMAS NECESIDADES, POR LO QUE NO SE PUEDE USAR EL MISMO SISTEMA DE DISTRIBUCION ELECTRICA SIN EMBARGO SE SIGUEN RECOMENDACIONES, CODIGOS, NORMAS DE INGENIERIA.



LA DIFERENCIA EN COSTO ENTRE UN SISTEMA BIEN PLANEA- Y UNA INSTALACION MEDIOCRE ES GENERALMENTE PEQUEÑA. TO SE EN CUENTA QUE EL SISTEMA ELECTRICO, EN GENERAL, COSTA ALREDEDOR DEL 2 AL 10% DEL COSTO GLOBAL DE LA PLANTA.

EL SISTEMA ELECTRICO DE UNA PLANTA NO ES UN FIN EN SINO FORMA SOLO UNA PARTE DE UN PROCESO PRODUCTIVO, RTE MUY VITAL POR CIERTO.

NO PLANEES UN SISTEMA ELECTRICO SIN PARTICIPACION DE:

El personal de PRODUCCION de la planta. Ellos conocen el proceso, cuales máquinas pueden quedar fuera en una emergencia y cuales no, la necesidad de cambios futuros.

El personal de MANTENIMIENTO. Indicación en base a sus programas, como debe hacerse la instalación para darle mantenimiento sin riesgo y con facilidad y que sistemas quedan conectados y cuales fuera.

El personal de SEGURIDAD

El grupo de ingeniería industrial que planea la fábrica y los demás grupos de construcción, mecánica y civil. Debe haber coordinación entre todos.

POR OTRO LADO, QUIENES PLANEAN UNA FABRICA, SE INTERESAN SOBRE TODO EN LAS MAQUINAS DE PRODUCCION, METODOS, DISTRIBUCION DE PLANTA. ESTE GRUPO Y EL GRUPO DE PRODUCCION, TIENDEN A OLVIDAR O A POSPONER LA INSTALACION ELECTRICIA.

- + El sistema no estará bien diseñado.
- + Los costos iniciales se elevarán.
- + Se verá afectada seriamente toda su planeación.

Si no puede ponerse en contacto con estas personas, trate aunque sea indirectamente de obtener datos acerca del funcionamiento de la planta.

1.2.- CONSIDERACIONES BASICAS DE DISEÑO

SEGURIDAD

{	En vidas	No hay alternativa. Solo la opción segura es la viable.
	En la propiedad	puede evaluarse económicamente.

CONFIABILIDAD. Depende del tipo de proceso. Algunas plantas toleran interrupciones, otras no. Las fallas deben consistir con un mínimo disturbio al resto del sistema.

SIMPLICIDAD DE OPERACION Una vez satisfechos los requerimientos del proceso, el sistema debe ser tan simple como sea posible.

REGULACION DE TENSION Las bajas tensiones producen daños al equipo.

MANTENIMIENTO Acceso con seguridad y facilidad para limpieza, reparaciones, ajustes y mantenimiento rutinario.

FLEXIBILIDAD Deben preverse cambios futuros, —
dentro de lo económicamente conveniente.

COSTOS INICIALES Factores muy importantes al de-
cidir entre distintas alternativas.

1.3.- GUÍA PARA LA PLANEACION DE UN SISTEMA ELECTRICO INDUSTRIAL

El siguiente procedimiento podrá guiar al Ingeniero
en el diseño de un sistema eléctrico de distribución indus-
trial.

- + Levantamiento de cargas.
- + Determinación de la demanda.
- + Arreglo eléctrico.
- + Localización de equipo.
- + Selección de tensiones.
- + Compañía suministradora.
- + Generación.
- + Diagrama unifilar.
- + Análisis de corto circuito.
- + Protección.
- + Expansión futura.
- + Otros requerimientos.

LEVANTAMIENTO DE CARGAS

OBTENGA UNA DISTRIBUCION DE PLANTA GENERAL CON LA LOCALIZACION DE EQUIPO Y SUS CARACTERISTICAS ELECTRICAS (POTENCIA, TENSION, FASES ETC).

EN LA MAYOR PARTE DE LAS VECES, LO ANTERIOR NO ES POSIBLE TOTALMENTE. NO SE DETENGA, PORQUE PUEDE CAUSAR RETRASOS A LA CONSTRUCCION DE LA PLANTA. POR LO TANTO, ESTIME MEDIANTE EL USO DE CARGAS TIPICAS POR AREA, POR FUNCION, EN INDUSTRIAS SIMILARES A LA PROYECTADA, ETC.

COORDINESE CON LOS DEMAS DISEÑADORES DE LA PLANTA. ELLOS LE IRAN PROPORCIONANDO MAS DATOS.

ELABORE USTED SUS PROPIOS INDICES DE WATTS O VA POR M² EN BASE A INSTALACIONES CONOCIDAS.

DENSIDADES DE CARGA ESTIMADAS EN VARIAS INDUSTRIAS

INDUSTRIAS (E. U.): (ALUMBRADO Y FUERZA)

TIPO DE PLANTA	VOLT-AMPERES DEMANDADOS VA/m ²
FABRICA DE AEROPLANOS	162 - 270
FABRICA AZUCAR (REMOLACHA)	200
FABRICA DE PAPEL	150
FABRICA TEXTIL	130
MANUFACTURERA DE CIGARRILLOS	
MANUFACTURA EN GENERAL, QUIMICOS, EQUIPO ELECTRICO	108
TALLER DE REPARACION DE MAQUINAS, FABRICACION DE PEQUEÑOS APARATOS.	80
MANUFACTURA DE LAMPARAS	54
MANUFACTURA DE PEQUEÑOS COMPONENTES	38

LIBRO ROJO, EDICION 1969.

PARA LAS CARGAS DE ALUMBRADO EN SI, SE PUEDE CONSULTAR LA SECCION 4 DEL VOLUMEN "APPLICATION VOLUME" DEL IES LIGHTING HANDBOOK, EDICION 1981.

DETERMINACION DE LA DEMANDA

LA SUMA DE LOS VA NOMINALES DE LAS CARGAS PROPORCIONARA LA CARGA CONECTADA TOTAL. DADO QUE ALGUNOS EQUIPOS OPERAN A MENOS DE SU CAPACIDAD PLENA Y OTROS LO HACEN INTERMITENTEMENTE, LA DEMANDA RESULTANTE ES MENOR QUE LA CARGA INSTALADA.

DEFINICIONES

Demanda. La carga eléctrica en las terminales de salida, promediada sobre un específico intervalo de tiempo (KVA, A, KW, etc.) El periodo de tiempo es de 15 minutos, 1/2 horas o 1 hora.

Carga Pico. La máxima carga consumida o producida por una unidad o grupo de unidades en un periodo de tiempo establecido. Puede ser la máxima carga instantánea o la máxima carga promedio durante el periodo.

Demanda Máxima. La mayor de las demandas que han ocurrido durante un específico periodo de tiempo (para la Compañía suministradora éste puede ser de 1 mes).

Factor de Demanda. La razón de demanda máxima de un sistema a la carga total del sistema.

Factor de diversidad. La razón de la suma de las demandas individuales máximas de las subdivisiones de un sistema a la demanda máxima del sistema total.

Factor de Carga. La razón de la carga promedio sobre un cierto periodo de tiempo a la carga pico ocurrida en ese periodo.

PARA EFECTOS PRACTICOS SE ASUME UN FACTOR DE DIVERSIDAD DE 1.0 Y FACTORES DE DEMANDA SIMILARES A LOS SIGUIENTES:

FACTORES DE DEMANDA

TIPO DE CARGA	FACTOR DE DEMANDA ESTIMADO (EN PORCIENTO)
HORNOS DE ARCO	100
SOLDADURAS DE ARCO	30
HORNOS DE INDUCCION	80
ALUMBRADO	100
<u>MOTORES</u>	
1.- USO GENERAL, MAQUINAS HERRAMIENTAS, GRUAS, VENTILACION, COMPRESORAS, BOMBAS, ROLADORAS, ETC.	30
2.- PROCESOS SEMICONTINUOS, PAPELERAS, REFINERIAS, INDUSTRIA DEL HULE, ETC.	60
3.- PROCESOS CONTINUOS, TEXTILES, PLANTAS QUIMICAS, ETC.	90
SOLDADURAS DE RESISTENCIA	20
HORNOS DE RESISTENCIAS, CALENTADORES, FUNDIDURAS	80

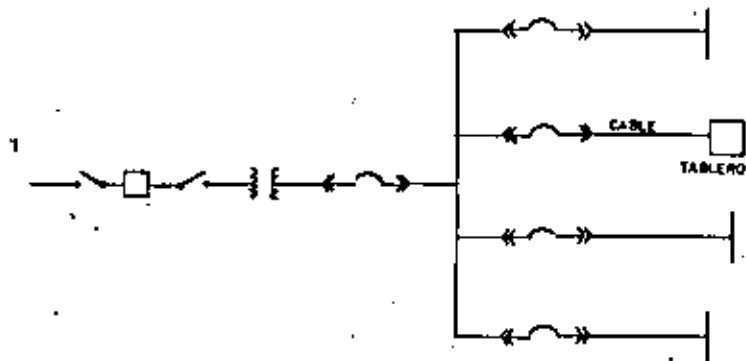
SISTEMAS O ARREGLOS ELECTRICOS

INVESTIGUE LOS DIFERENTES TIPOS DE SISTEMAS DE DISTRIBUCION Y SELECCIONE EL MAS ADECUADO A LOS REQUERIMIENTOS DE SU PLANTA.

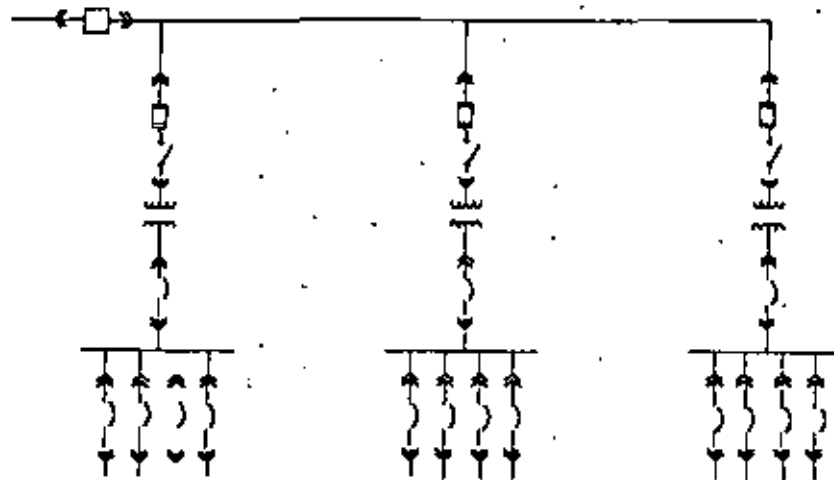
ESTO DEPENDE DEL PROCESO DE MANUFACTURA. EN GENERAL, UN SISTEMA ES MAS COSTOSO MIENTRAS MAS CONFIABLE.

ALGUNOS PROCESOS NO SON AFECTADOS POR LAS INTERRUPTIONES. UN SISTEMA RADIAL PUEDE APLICARSE EN ESTE CASO, OTROS NO TOLERAN INTERRUPTIONES (CEMENTERIAS, FUNDICIONES GENERACION ELECTRICA) Y REQUIEREN EL SISTEMA MAS CONFIABLE POSIBLE, CON FUENTES DE EMERGENCIA.

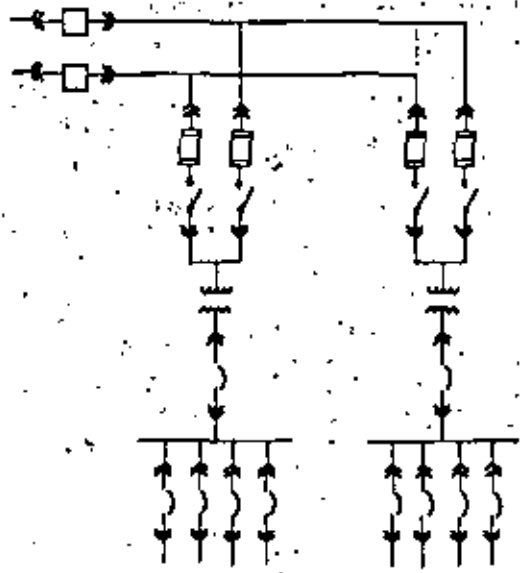
PARA DAR MANTENIMIENTO A SISTEMAS QUE ALIMENTAN PROCESOS CONTINUOS SE REQUIEREN SISTEMAS DOBLES, DISENADOS PARA TRABAJAR SOBRE ELLOS CON SEGURIDAD. UN SISTEMA QUE NO PUEDE SER MANTENIDO POR RAZONES DE CONTINUIDAD EN EL PROCESO, ES UN MAL SISTEMA.



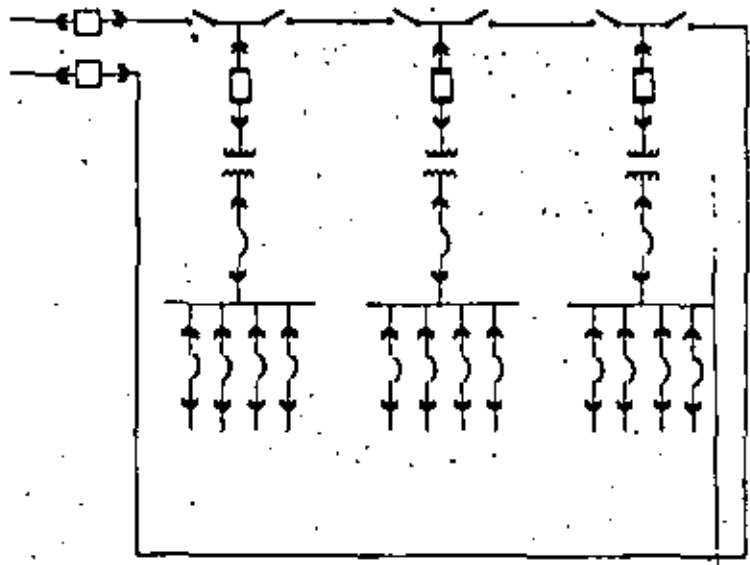
SISTEMA RADIAL SIMPLE



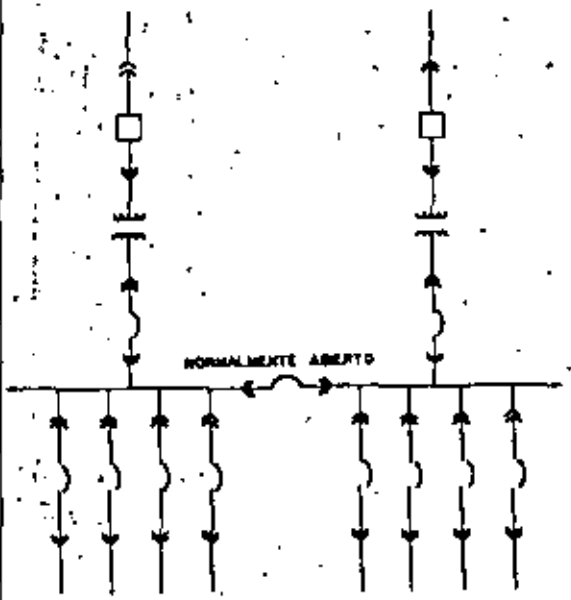
SISTEMA RADIAL EXPANDIDO



SISTEMA PRIMARIO SELECTIVO

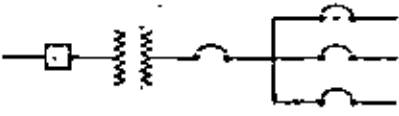
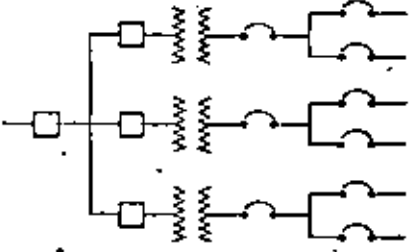


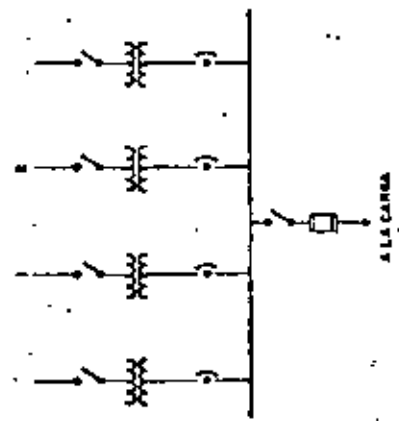
SISTEMA PRIMARIO EN ANILLO



SISTEMA SECUNDARIO SELECTIVO

CARACTERISTICAS DE LOS PRINCIPALES SISTEMAS DE DISTRIBUCION ELECTRICA

SISTEMA	VENTAJAS Y USOS	DESVENTAJAS
<p>1.- RADIAL</p> 	<p>EL MAS ECONOMICO OPERACION Y EXPANSION SIMPLE SATISFACTORIO PARA PEQUEÑAS INDUS- TRIAS, DONDE EL PROCESO PUEDE IN- TERRUMPIRSE Y LA PLANTA PUEDE ALI- MENTARSE CON UN SOLO TRANSFORMA- DOR.</p>	<p>CONFIABILIDAD BAJA SI NO SE USAN ELEMENTOS DE MUY BUENA CALIDAD UNA FALLA DE CUALQUIER ELE- MENTO DEJA FUERA EL SISTEMA. EL EQUIPO DEBE DESCONECTAR- SE PARA MANTENIMIENTO RUTI- NARIO.</p>
<p>2.- RADIAL EXPANDIDO</p> 	<p>MISMAS QUE EL CASO ANTERIOR SE UTILIZA CUANDO LA MAGNITUD DE LA CARGA REQUIERE USAR MAS TRANS- FORMADORES.</p>	<p>MISMAS QUE EL CASO ANTERIOR</p>



RED SECUNDARIA CON PROTECTORES

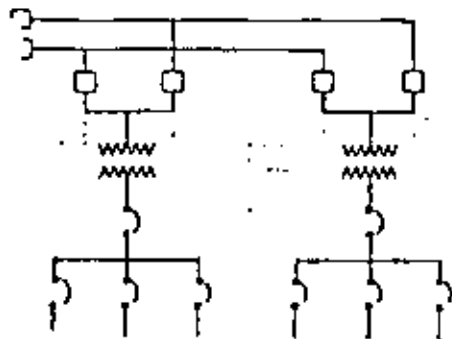
- ALIMENTADORES PRIMARIOS
- DECONNECTOR
- TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION
- PROTECTOR DE RED
- SARNA SECUNDARIA
- ALIMENTADORES SECUNDARIOS

SISTEMA

VENTAJAS Y USOS

DESVENTAJAS

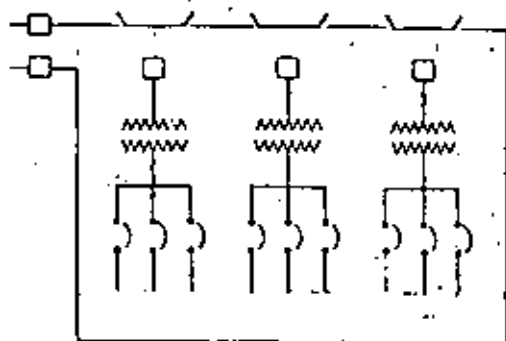
3.- SISTEMA PRIMARIO SELECTIVO



SE TIENEN DOS FUENTES DISTINTAS DE ALIMENTACION EN EL PRIMARIO
SE PUEDE DAR UN MEJOR MANTENIMIENTO AL EQUIPO PRIMARIO DE BUSES E INTERRUPTORES.

MAS COSTOSO QUE EL RADIAL
DESVENTAJA DE FALLA EN TRANSFORMADOR O EN TABLERO SECUNDARIO.

4.- PRIMARIO EN ANILLO



OFRECE LAS MISMAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SISTEMA PRIMARIO SELECTIVO

ENCONTRAR UNA FALLA EN UN CABLE DEL ANILLO ES DIFICULTOSO.

LIGERAMENTE MAS ECONOMICO QUE EL PRIMARIO SELECTIVO.

ES PELIGROSO PORQUE SE PUEDE ENERGIZAR UN PUNTO POR DOS LADOS.

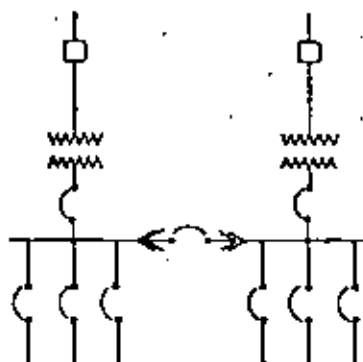
1 - 20

SISTEMA

VENTAJAS Y USOS

DESVENTAJAS

5.- SECUNDARIO SELECTIVO



SI FALLA EL SISTEMA PRIMARIO O EL TRANSFORMADOR, EL SERVICIO NO SE INTERRUMPE - ESTO REQUIERE:

MAS COSTO QUE LOS ANTERIORES (PRIMARIO Y SECUNDARIO SELECTIVO)

- O SOBRE DIMENSIONAR LOS TRANSFORMADORES.
- O AIRE FORZADO DURANTE LA EMERGENCIA.
- O ECHAR FUERA CARGA NO ESENCIAL
- O SOBRECARGAR UN TRANSFORMADOR ACEPTANDO PERDIDA EN LA VIDA DEL MISMO.

PARA DAR MANTENIMIENTO AL TABLERO DE BAJA TENSION REQUIERE ECHAR FUERA LA CARGA

OPERACION MAS COMPLEJA

COMBINADO CON EL PRIMARIO SELECTIVO ES EL SISTEMA MAS CONFIABLE.

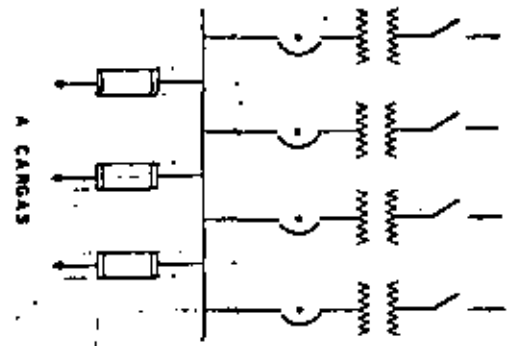
LOCALIZACION DE EQUIPO

- EN GENERAL, ENTRE MAS CERCA SE LOCALICEN LOS TRANSFORMADORES DEL CENTRO DE CARGA DEL AREA SERVIDA, MENORES SERAN LOS COSTOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION. EN CASO DE DUDA, ES IMPORTANTE HACER EVALUACIONES TECNICO ECONOMICAS.

- ES IMPORTANTE COORDINARSE DESDE EL PRINCIPIO CON LOS PROYECTISTAS PARA DEJAR ESPACIO DISPONIBLE PARA EQUIPOS, DUCTOS, REGISTROS, ETC, Y PLANEAR LOS TRABAJOS CIVILES RELACIONADOS.

SELECCION DE TENSIONES

- SELECCIONE LAS MEJORES TENSIONES EN CADA UNO DE LOS NIVELES (BAJA Y MEDIA TENSION) LAS TENSIONES, DEL SISTEMA NORMALMENTE INFLUYEN MAS QUE NINGUN OTRO FACTOR, EN LA ECONOMIA, TANTO EN LA SELECCION DE EQUIPO, COMO EN LA EXPANSION DE LA PLANTA.

<p>6.- RED SECUNDARIA CON PROTECTORES.</p> 	<p>+ MUY CONFIABLE NO HAY INTERRUPCIONES DE NINGUNA ESPECIE, A MENOS QUE FALLE ALGUNO DE LOS ALIMENTADORES PRIMARIOS. ADECUADO PARA CARGAS GRANDES.</p>	<p>+COSTOSO +SI FALLA EL TABLERO SECUNDARIO, FALLA EL SISTEMA. +ELEVADAS CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO.</p>
SISTEMA		VENTAJAS Y USOS
		DESVENTAJAS

COMPañIA SUMINSTRADORA

TAN PRONTO COMO SEA POSIBLE, DEBE EFECTUAR-
SE UNA REUNION CON LA EMPRESA ELECTRICA PARA DETERMINAR LOS RE-
QUERIMIENTOS DEL SERVICIO. RECUERDE QUE SI LA CARGA ES GRANDE,
LA COMPañIA DE ELECTRICIDAD DEBE PLANEAR LOS CAMBIOS A SU RED
DE DISTRIBUCION.

DATOS QUE SE SUGIERE PROPORCIONAR:

- + Distribución de planta mostrando Edifi-
cios y estructuras.
- + Carga electrica de la planta, preferente-
mente demanda maxime en KVA.
- + Punto preferido para la conexión del ser-
vicio.
- + Arreglo electrico de la compañia suminis-
tradora que se desea.

+ Programa de construcción y de puesta
en servicio.

+ Motores muy grandes fuera de lo usual
que se tengan.

+ Factor de potencia esperado

+ Descripción de la carga conectada

LA COMPañIA SUMINISTRADORA DEBE PROPORCIONAR LO .

+ Tensión de suministro o tensiones dis-
ponibles, propia o del cliente.

+ Ruta de las líneas y punto de suminis-
tro.

+ Tarifas

+ Opciones en el suministro con subes-
tación.

- + Espacio de la subestación si la provee la compañía.
- + Corto circuito y características del sistema en el punto de suministro.
- + Requerimientos para medición
- + Tipo de aterrizado en el sistema de suministro.
- + Requerimientos de coordinación con el sistema de protección de la compañía suministradora.
- + Datos sobre confiabilidad de la red, si es necesario.
- + Alimentaciones de respaldo, de ser necesarias.

GENERACION

DEPENDIENDO DE LAS REGULACIONES DEL PAIS Y DE LAS CARACTERISTICAS DE LA PLANTA SE PUEDE DECIDIR Y BASADOS EN UN ESTUDIO TECNICO ECONOMICO SI:

- CONVIENE COMPRAR LA ENERGIA
- CONVIENE TENER GENERACION DE EMERGENCIA
- CONVIENE TENER ALGUNA GENERACION RODANTE
- CONVIENE GENERAR TODA LA ENERGIA.

POR LO COMUN, LO MAS ECONOMICO ES COMPRAR LA ENERGIA, PERO EXISTEN PROCESOS QUE REQUIEREN CONTINUIDAD, COMO SON LA INDUSTRIA DEL PAPEL, LA PETROQUIMICA, LAS DEL CEMENTO Y ACERO, Y PUEDEN SER CANDIDATAS A LOS ULTIMOS CASOS. OTRAS INDUSTRIAS DESPERDICIAN MUCHO CALOR O VAPOR Y POCOA UTILIZARSE ESTA ENERGIA.

DIAGRAMA UNIFILAR

- ES UN ELEMENTO MUY IMPORTANTE EN LA PLANEACION
- LOS SIMBOLOS ESTAN DEFINIDOS EN EL IEEE STANDARD 315-1975 "GRAPHIC SYMBOLS FOR ELECTRICAL AND ELECTRONICS DIAGRAMS" (ANSI Y 32.2 - 1975)
- EL DIAGRAMA UNIFILAR DEBE CONTENER LO SIGUIENTE;
 - + Fuentes de potencia, tensiones y corrientes de C.C.
 - + Tipo, tamaño, capacidades y número de conductores.
 - + Caracteristicos de transformadores (RVA, tensiones, impedancia, conexiones y métodos de puesta a tierra)
 - + Identificación de los aparatos de protección (relevedores, fusibles, interruptores).
 - + Relaciones de T.P. y T. C.
 - + Cargas
 - + Otros equipos conectados

ANALISIS DE CORTO CIRCUITO Y PROTECCION

- CALCULE EL CORTO CIRCUITO DISPONIBLE EN LOS PRINCIPALES COMPONENTES DEL SISTEMA.
- DISEÑE SU SISTEMA DE PROTECCION COMO UNA PARTE INTEGRAL AL MISMO Y NO COMO UN AGREGADO POSTERIOR.

EXPANSION FUTURA

- SI ESTA DISEÑANDO LA EXPANSION DE UN SISTEMA EXISTENTE, CUIDE SI EL EQUIPO SOPORTA LA CARGA ADICIONAL Y EL NUEVO CORTO CIRCUITO. CHEQUE CARACTERISTICAS DE CAPACIDAD NOMINAL, TENSION, CAPACIDAD INTERRUPTIVA, OPERACION DE INTERRUPTORES Y LA COORDINACION DE PROTECCIONES. ESTUDIE LA MEJOR MANERA DE CONECTAR LA NUEVA PARTE CON MINIMO COSTO DE CONSTRUCCION Y PERDIDAS DE PRODUCCION.

- SI LA PLANTA ES NUEVA, CONVIENE PREVEER QUE LA CARGA EN MAYOR O MENOR GRADO HABRA DE CRECER .

- POR LO TANTO EL SISTEMA DEBE DISEÑARSE PARA CRECER. CON EL DIAGRAMA UNIFILAR, IMAGINE COMO APARECERIA ESTE SI LA CARGA SE DUPLICA O TRIPLICA (ESTO PUEDE SUCEDER EN 15 o 20 AÑOS) Y REPLANTEE QUE PREPARACIONES DEBE TENER PARA ESTAS CONDICIONES, CUIDANDO DESDE LUEGO LOS COSTOS.

SEGURIDAD

VERIFIQUE DE QUE SE USEN DISPOSITIVOS ADECUADOS DE SEGURIDAD EN TODAS LAS PARTES DEL SISTEMA.

COMUNICACIONES

DENTRO DE LA PLANEACION DE LA PLANTA SE DEBE INCLUIR UN SISTEMA CONFIABLE DE COMUNICACIONES: TELEFONO, SONIDO, CIRCUITOS CERRADOS DE TELEVISION, INTERCOMUNICACIONES.

MANTENIMIENTO

DEBE PLANEARSE EL SISTEMA DE TAL FORMA QUE SE PUEDA EFECTUAR EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO, PROPORCIONANDO ESPACIO PARA TRABAJAR EN LOS LOCALES, ACCESO FACIL A INSPECCION, FACILIDADES PARA PROBAR O TOMAR MUESTRAS DE MATERIALES, MEDIOS DE DESCONEXION PARA CUANDO SE TRABAJA EN EL EQUIPO.

EL SISTEMA DE MANTENIMIENTO DEBE TAMBIEN PLANEARSE Y PUEDE INCLUIR LOS SIGUIENTES OBJETIVOS: LIMPIEZA, CONTROL DE HUMEDAD, VENTILACION ADECUADA, REDUCIR CORROSION, MANTENIMIENTO DE CONDUCTORES, INSPECCIONES Y PRUEBAS RUTINARIAS, LLEVAR RECODS, APLICACION DE CODIGOS Y NORMAS.



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

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES

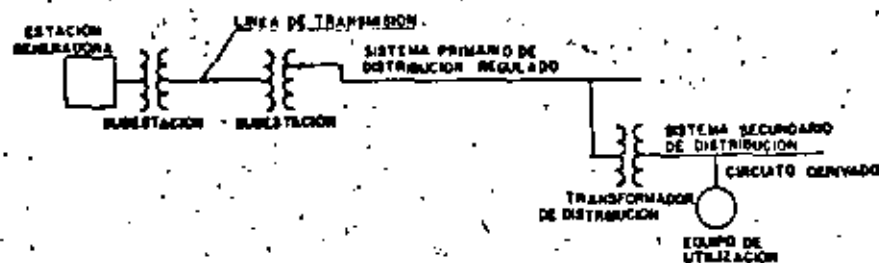
TEMA Nº3- CONSIDERACIONES SOBRE LA TENSION EN EL
SISTEMA

ING. ANDRES D. CHAVEZ SAÑUDO

SEPTIEMBRE , 1982

2.1.- TENSIONES NORMALIZADAS

TENSIONES MAS USUALES EN MEXICO



SISTEMA TIPICO DE UNA COMPANIA ELECTRICA EN GENERACION, TRANSMISION Y DISTRIBUCION

TRANSMISION (C.F.E.) (VOLTS)	DISTRIBUCION PRIMARIA		DISTRIBUCION SECUNDARIA	
	C.F.E. (VOLTS)	INDUSTRIA (VOLTS)	C.F.E. (VOLTS)	INDUSTRIA (VOLTS)
EXTRA ALTA TENSION 400,000				
ALTA TENSION (230 KV.) 230,000 115,000 85,000 69,000				
	MEDIA TENSION (34.5KV)			
	34,500 (1)			
	23,000	23000		
	13,800	13800		
			4160	
			2400	
			BAJA TENSION (1000 V)	
			220-127	480-277
				440 +
				220-127

- (1) TENSION DE SUBTRANSMISION
- (+) TIENDE A DESAPARECER

DEPENDIENDO DEL TAMAÑO DE LA PLANTA, DE LAS COMPAÑIAS DE SERVICIO ELECTRICO Y DE EVALUACIONES ECONOMICAS QUE CONSIDEREN LAS TARIFAS Y LOS COSTOS DE EQUIPO, LA PLANTA INDUSTRIAL PODRIA CONECTARSE A CUALQUIERA DE LAS TENSIONES DEL SISTEMA.

PLANTAS PEQUEÑAS, O DE ALGUNOS CIENTOS DE KVA. COMO MAXIMO

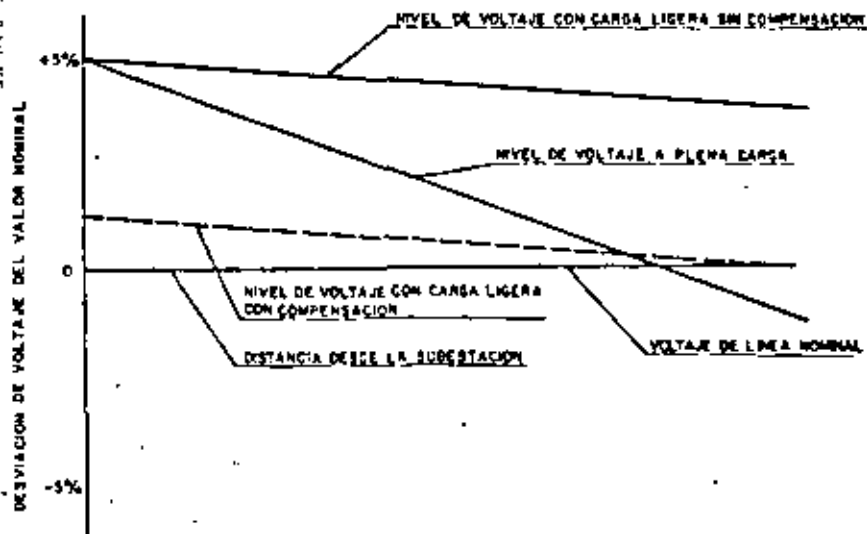
SE PUEDEN CONECTAR A LA RED DE BAJA TENSION, O A UN TRANSFORMADOR ESPECIAL DE LA COMPAÑIA ELECTRICA, O TENER SU PROPIO TRANSFORMADOR Y RED SECUNDARIA.

PLANTAS MEDIANAS DE ALGUNOS MILES DE KVA.

SE PUEDEN CONECTAR A LA RED PRIMARIA DE DISTRIBUCION Y ESTA RED DE MEDIA TENSION PUEDE EXTENDERSE DENTRO DE LA FABRICA. LA PLANTA PROPORCIONA LOS TRANSFORMADORES DE MT/BT Y LA RED DE DISTRIBUCION SECUNDARIA.

PLANTAS GRANDES DE VARIOS MILES DE KVA.

SE PUEDEN CONECTAR AL SISTEMA DE M.T. O AL SISTEMA DE TRANSMISION Y PUEDEN PROPORCIONAR LA SUBESTACION REDUCTORA, LA RED DE DISTRIBUCION PRIMARIA, LOS TRANSFORMADORES MT/BT Y LAS REDES SECUNDARIAS.



EFFECTO DE COMPENSACION POR REGULACION EN SISTEMAS DE VOLTAJE DE DISTRIBUCION PRIMARIA

2.- LIMITES DE TOLERANCIA EN TENSIONES

- SE INTENTARA EXPLICAR LA NORMA ANSI C84.1-1970 QUE ESTABLECE LOS LIMITES DE TOLERANCIA EN VOLTAJES EN E.U.
- ESTA NORMA TIENE ORIGEN EN LAS TOLERANCIAS DE $\pm 10\%$ PERMITIDAS PARA MOTORES, DADO QUE INTEGRAN LAS CARGAS MAS IMPORTANTES DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCION INDUSTRIAL.
- SE USA LA TENSION BASE DE 120 VOLTS, POR EJEMPLO, UN MOTOR EN UN SISTEMA A 480 V. TIENE UNA TENSION DE PLACA DE 460, O SEA

$$\frac{480}{120} = 4$$

$$\frac{460}{4} = 115$$

..... QUE REFERIDO AL VALOR BASE SERIA 115V.

- CONSIDERANDO EL 10% ARRIBA Y 10% ABAJO SE ESTABLECIO EL RANGO DE TOLERANCIA "B" DE LA NORMA ANSI MENCIONADA.

$$115 + (0.1) (115) = 126.5 \quad 127$$

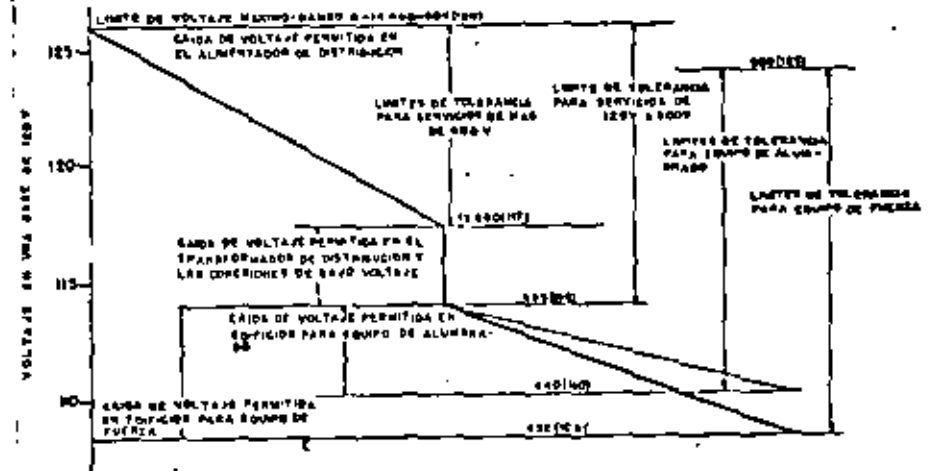
$$115 - (0.1) (115) = 103.5 \quad 104 \text{ V}$$

- ESTA TOLERANCIA DE 23 V TIENE QUE DIVIDIRSE ENTRE:
 - + EL SISTEMA DE DISTRIBUCION PRIMARIO: 13V
 - + TRANSFORMADOR MT/BT: 4V
 - + RED DE DISTRIBUCION SECUNDARIA: 6V (5%)
- EL SISTEMA ANTERIOR ES EL RANGO "B". EL RANGO "A" LIMITA DE 126 A 108V, SEGUN SE VE EN LA TABLA ANEXA. ESTE RANGO ES EL QUE SE TIENDE A USAR. PARA CARGAS DE ALUMBRADO LOS LIMITES INFERIORES ESTAN LIGERAMENTE MAS ARRIBA QUE EN LOS MOTORES, POR CONSIDERARSE QUE NO ADMITEN UN VOLTAJE INFERIOR.

PERFIL NORMALIZADO PARA UN SISTEMA REGULADO DE DISTRIBUCION
DE POTENCIA BASE 120 VOLTS.

MAXIMA TENSION PERMITIDA	RANGO A (VOLTS) 126 (125+)	RANGO B (VOLTS) 127
TOLERANCIA PARA LA CAIDA DE TENSION EN LINEA PRIMARIA DE DISTRIBUCION	9	13
MINIMA TENSION PRIMARIA DE SERVICIO	117	114
TOLERANCIA PARA LA CAIDA DE TENSION EN EL TRANSFORMADOR	3	4
MINIMA TENSION SECUNDARIA DE SERVICIO	114	110
TOLERANCIA PARA EL ALAMBRADO SECUNDARIO	6(4+)	6(4+)
MINIMA TENSION DE UTILIZACION	108(110+)	104(106+)

- * PARA TENSION DE UTILIZACION DE 120 A 600 V
- + PARA CIRCUITOS DE ALUMBRADO



PERFIL DE TENSIONES DE LOS LIMITES DE RANGO A, ANSI C84.1-1970



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

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES

TEMA N°4- SELECCION DE CONDUCTORES Y DUCTOS

SEPTIEMBRE, 1982

MATERIALES UTILIZADOS
EN LA FABRICACION DE
CONDUCTORES

COBRE

ALUMINIO

MATERIALES UTILIZADOS
EN LA FABRICACION DE
AISLAMIENTOS

- PAPIL IMPREGNADO
- PVC (CLORURO DE POLIVINILO)
- ETILENO PROPILENO
- POLIETILENO DE CADENA CRUZADA
- POLIETILENO VULCANIZADO

CRITERIOS PARA LA
SELECCION DE
CONDUCTORES

POR CORRIENTE

POR CAIDA DE TENSION

PASOS A SEGUIR PARA SELECCIONAR CONDUCTORES

SE OBTIENEN LOS DATOS DEL CIRCUITO
(CORRIENTE, TENSION, FACTOR DE POTENCIA
SUPUESTO, LONGITUD, MATERIAL Y TIPO
DE LA CANALIZACION, ETC.)

SE SELECCIONA LA CLASE
DE AISLAMIENTO Y EL TIPO
DE CONDUCTOR

SE SELECCIONA EL
CONDUCTOR POR
CORRIENTE

SE SELECCIONA EL
CONDUCTOR POR CAIDA
DE TENSION

SE
ESCOGE EL CALIBRE
MAYOR

SE SELECCIONA EL DIAMETRO
DE LA CANALIZACION

SE VERIFICAN LOS VALORES
OBTENIDOS A LOS PLANOS

SE SELECCIONA PARA 30° C DE TEMPERATURA AMBIENTE.

SELECCION DEL CONDUCTOR POR CORRIENTE

SE CORRIJE CUANDO SE TRABAJA A MAS DE 30° C DE TEMPERATURA.

SE DISMINUYE LA CAPACIDAD DE CONDUCCION CUANDO HAY MAS DE 3 CONDUCTORES EN LA MISMA CANALIZACION.

PORCIENTO DE DISMINUCION DE LA CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE, CUANDO SE TIENEN MAS DE 3 CONDUCTORES EN LA MISMA CANALIZACION.

NUMERO DE CONDUCTORES	PORCIENTO DE LOS VALORES EN LA TABLA
4-6	80
7-24	70
25-42	60
43- 6 MAS	50

CAPACIDADES DE CORRIENTE PERMISIBLES EN CONDUCTORES AISLADOS DE 0-2000 VOLTS, 60° a 90° C

NO MAS DE TRES CONDUCTORES ENTUBERIA, CABLE O TIERRA (DIRECTAMENTE ENTERRADOS) BASADA EN UNA TEMPERATURA AMBIENTE DE 30° C

CALIBRE	TEMPERATURA AMBIENTE								CALIBRE
	60°C (140°F)	75°C (167°F)	85°C (185°F)	90°C (194°F)	80°C (174°F)	75°C (167°F)	65°C (149°F)	60°C (140°F)	
	TIPUS RUM, T TW, UF	TIPUS RUM, RHW, TMM, TMMN, XHHW, USE, SW	TIPUS V, MC	TIPUS TA, TBS, SA, AVE, BIS, IEP, FEPS, RHH, TMM, RHHW	TIPUS RUM, T, TW, UF	TIPUS RUM, RHW, TMM, TMMN, USE	TIPUS V, MI	TIPUS TA, TBS, SA, AVE, BIS, RHH, TMMN, XHHW	
AWG MCM	C O B R E				A L U M I N I O				AWG MCM
18	.....	.....	18	18	.....	.....	.....	.....	.....
14	20	20	25	25	.....	.....	.....	.....	.....
12	25	25	30	30	20	20	25	25	12
10	30	30	40	40	25	30	30	35	10
8	40	50	55	55	30	40	40	45	8
6	55	65	70	75	40	50	55	60	6
4	70	85	95	95	55	65	70	75	4
3	85	100	110	110	65	75	85	85	3
2	95	115	125	130	75	90	100	100	2
1	110	130	145	150	85	100	110	115	1
0	125	150	165	170	100	120	130	135	0
00	145	175	190	195	115	135	145	150	00
000	165	200	215	225	130	155	170	175	000
0000	185	230	250	260	150	180	195	205	0000
250	215	265	275	285	170	205	220	230	250
300	240	285	310	320	190	230	250	255	300
350	260	310	340	350	210	250	270	280	350
400	280	335	365	380	225	270	295	305	400
500	320	380	415	430	260	310	335	350	500
600	355	420	460	475	295	340	370	385	600
700	385	460	500	520	310	375	405	420	700
750	400	475	515	535	320	385	420	435	750
800	410	490	535	555	330	395	430	450	800
900	435	520	565	585	355	425	465	480	900
1000	455	545	590	615	375	445	485	500	1000
1250	495	590	640	665	405	485	525	545	1250
1500	520	625	680	705	435	520	565	585	1500
1750	545	650	705	735	455	545	595	615	1750
2000	560	665	725	750	470	560	610	630	2000
FACTORES DE CORRECCION									
TEMPERATURA AMBIENTE	PARA TEMPERATURAS AMBIENTE SUPERIORES A 30°C MULTIPLIQUE LAS CAPACIDADES DADAS POR EL FACTOR DE CORRECCION APROPIADO PARA ENCONTRAR LA CORRIENTE MAXIMA PERMISIBLE								TEMPERATURA AMBIENTE
31-40	.82	.80	.80	.81	.82	.82	.80	.81	66-74
41-43	.71	.82	.85	.87	.71	.82	.85	.87	105-122
44-50	.68	.75	.80	.82	.68	.75	.80	.82	123-141
51-60	.....	.68	.67	.71	.....	.68	.67	.71	142-154
61-70	.....	.65	.62	.68	.....	.65	.62	.68	155-176

8 SOLO PARA LOCALES SECOS. VEASE LA COLUMNA DE 75°C PARA LOCALES HUMEDOS.

CAIDA DE TENSION DE LINEA A LINEA EN SISTEMA TRIFASICO POR 10000 A.M
CON UNA TEMPERATURA DE 60°C EN EL CONDUCTOR Y A UNA FRECUENCIA DE 60 HZ

FACTORES DE POTENCIA EN LA CARGA	CALIBRE DEL CONDUCTOR (AREA EN MM ²)																		
	1000	800	600	450	300	200	150	100	75	50	35	25	15	10	7	5	3	2	1
Sección 1: Conductores de Cobre en Conduct. Magnético.																			
1.00	0.32	1.03	1.11	1.15	1.21	1.25	1.44	1.97	2.35	2.56	2.97	3.37	3.87	4.48	5.38	6.40	7.53	8.78	10.17
0.95	1.04	1.71	1.80	1.82	1.94	2.10	2.38	2.66	2.98	3.26	3.61	4.07	4.63	5.25	5.94	6.71	7.56	8.48	9.47
0.90	1.07	1.74	1.83	1.85	1.97	2.13	2.41	2.69	3.01	3.29	3.64	4.09	4.65	5.27	5.96	6.73	7.58	8.50	9.49
0.85	1.17	2.23	2.32	2.34	2.46	2.62	2.90	3.18	3.50	3.78	4.13	4.58	5.14	5.76	6.45	7.22	8.07	8.99	9.98
0.70	0.53	2.46	2.55	2.57	2.73	2.89	3.17	3.45	3.77	4.05	4.40	4.85	5.41	6.03	6.72	7.49	8.34	9.26	10.25
Sección 2: Conductores de Cobre en Conduct. no Magnético.																			
1.00	0.78	0.95	0.92	0.95	1.03	1.25	1.48	1.68	1.95	2.40	2.88	3.29	3.81	4.27	4.79	5.35	5.95	6.59	7.27
0.95	1.34	1.41	1.46	1.54	1.64	1.77	1.93	2.13	2.35	2.62	2.92	3.25	3.61	3.99	4.40	4.84	5.31	5.81	6.34
0.90	1.34	1.57	1.71	1.77	1.88	1.94	2.13	2.30	2.76	3.18	3.41	3.81	4.25	4.71	5.20	5.70	6.23	6.78	7.35
0.85	1.77	1.80	1.83	1.84	2.03	2.17	2.40	2.58	2.99	3.41	3.64	4.04	4.48	4.94	5.43	5.93	6.45	6.99	7.54
0.70	1.97	1.94	2.05	2.06	2.17	2.21	2.43	2.73	2.99	3.18	3.54	3.94	4.38	4.84	5.32	5.81	6.32	6.84	7.38
Sección 3: Conductores de Aluminio en Conduct. Magnético.																			
1.00	1.58	1.93	1.91	1.71	1.80	2.07	2.43	2.69	3.18	3.74	4.40	5.17	6.03	6.98	8.02	9.15	10.37	11.69	13.11
0.95	2.03	2.12	2.30	2.40	2.50	2.73	3.08	3.41	3.94	4.60	5.37	6.24	7.20	8.24	9.37	10.59	11.91	13.33	14.85
0.90	2.27	2.34	2.50	2.59	2.64	2.89	3.32	3.64	4.27	4.93	5.70	6.57	7.54	8.60	9.74	10.96	12.28	13.70	15.22
0.85	3.00	3.12	3.23	3.25	3.39	3.72	4.28	4.64	5.27	5.93	6.70	7.57	8.54	9.60	10.74	11.96	13.28	14.70	16.22
0.70	3.65	3.72	3.84	3.82	3.92	4.25	4.81	5.04	5.67	6.33	7.10	7.97	8.94	10.00	11.14	12.36	13.58	14.80	16.22
Sección 4: Conductores de Aluminio en Conduct. no Magnético.																			
1.00	1.76	2.29	1.44	1.54	1.67	1.94	2.30	2.59	3.29	3.94	4.60	5.37	6.24	7.20	8.24	9.37	10.59	11.91	13.33
0.95	1.71	1.92	1.87	2.07	2.26	2.41	2.78	3.23	3.61	4.27	4.93	5.69	6.45	7.22	8.07	8.99	9.98	10.97	12.06
0.90	1.97	2.00	2.12	2.31	2.33	2.59	2.92	3.34	3.84	4.37	4.93	5.54	6.15	6.76	7.37	7.98	8.59	9.20	9.81
0.85	2.67	2.77	2.83	2.94	2.98	3.23	3.62	4.04	4.54	5.07	5.63	6.20	6.76	7.33	7.90	8.47	9.04	9.61	10.18
0.70	3.17	3.27	3.40	3.49	3.56	3.78	4.23	4.65	5.15	5.67	6.20	6.76	7.33	7.90	8.47	9.04	9.61	10.18	10.75

* Conductor Borneo.

PARA CONVERTIR LA CAIDA DE TENSION A	MULTIPLIQUE POR
UNA FASE, TRES PHASES, LINEA A LINEA	1.15
UNA FASE, TRES PHASES, LINEA A NEUTRO	0.877
TRES PHASES, LINEA A NEUTRO	0.877

SE OBTIENEN DATOS DEL CIRCUITO.

SE CALCULAN LOS AMPER = METRO.

SE CALCULAN LOS VOLTS ENTRE PHASES
PERMITIDOS DE CAIDA DE TENSION.

SE BUSCA EN LA TABLA EL CALIBRE
ADECUADO.

SELECCION DEL CONDUCTOR

POR CAIDA DE TENSION

NUMERO MAXIMO DE CONDUCTORES EN TUBO CONDUIT.

DIAMETRO DEL CONDUIT EN PULGADAS Y MILIMETROS		1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	3 1/2"	4"	4 1/2"	5"	6"	
		13	19	25	32	38	51	53	76	89	101	114	127	152	
TIPO DE LETRAS	CALIBRE DEL CONDUCTOR AWG, MCM.														
TW, T, RHH RUB RHH(MSIS)	14	9	15	23	44	60	99	142							
	12	7	12	18	33	47	78	111	171						
	10	5	9	15	26	36	60	85	131	176					
	8	3	4	7	12	17	28	40	62	84	109				
RHH y RHH SIN RECUBRIMIENTO	14	8	10	16	28	40	63	93	143	192					
	12	6	8	13	24	32	55	76	117	157					
	10	4	6	11	19	26	43	61	90	127	163				
THW	9	1	3	5	10	15	22	32	49	68	85	106	133		
TW T THW RHH (6 a 2) RHH (8 a 2) RHH (10 a 2) RHH (12 a 2) RHH y RHH SIN RECUBRIMIENTO	6	1	2	4	7	10	16	23	34	48	62	78	97	141	
	4	1	1	3	6	7	12	17	27	36	47	58	73	108	
	3	1	1	2	4	6	10	16	23	31	40	50	63	91	
	2	1	1	2	4	5	9	13	20	27	34	43	54	78	
	1	1	1	1	3	4	6	9	14	19	23	31	38	57	
	0			1	2	3	5	8	12	16	21	27	33	49	
	00		1	1	1	2	3	5	7	10	14	18	23	29	41
	000		1	1	1	2	4	6	9	12	15	19	24	30	41
	0000		1	1	1	1	3	5	7	10	13	16	20	26	
	250				1	1	1	2	4	6	8	10	12	15	22
	300				1	1	1	2	3	5	7	8	11	14	20
350				1	1	1	2	3	4	6	8	10	12	18	
400				1	1	1	2	4	6	7	8	9	11	16	
500				1	1	1	1	3	4	6	7	9	11	14	
600						1	1	1	3	4	5	6	7	11	
700						1	1	1	2	3	4	5	7	10	
750						1	1	1	2	3	4	5	6	9	

AREA PROMEDIO Y DIAMETRO DE CONDUCTORES CABLEADOS DE COBRE ELECTROLITICO, CON AISLAMIENTO DE PVC 600 V MAX. (THW O VINANEL 900)

CALIBRE AWG O MCM	DIAMETRO CON AISLAMIENTO (mm)	AREA CON AISLAMIENTO (mm ²)	MÚLTIPLOS DEL AREA CON AISLAMIENTO (mm ²)							
			2	3	4	5	6	7	8	9
14	3.48	8.51	17.02	25.53	34.04	42.55	51.06	59.57	68.08	76.59
12	3.98	12.32	24.64	36.96	49.28	61.60	73.92	86.24	98.56	110.88
10	4.87	18.4	36.80	55.20	73.60	92.00	110.40	128.80	147.20	165.60
8	6.19	28.7	57.40	86.10	114.80	143.50	172.20	200.90	229.60	258.30
6	7.82	48.28	96.56	144.84	193.12	241.40	289.68	337.96	386.24	434.52
4	9.14	65.62	131.22	196.83	262.44	328.05	393.66	459.27	524.88	590.49
2	10.87	99.42	198.84	298.26	397.68	497.10	596.52	695.94	795.36	894.78
1/0	13.34	143.90	287.80	431.70	575.60	719.50	863.40	1007.30	1151.20	1295.10
2/0	14.70	169.72	339.44	509.16	678.88	848.60	1018.32	1188.04	1357.76	1527.48
3/0	16.00	201.06	402.12	603.18	804.24	1005.30	1206.36	1407.42	1608.48	1809.54
4/0	17.48	239.98	479.96	719.94	959.92	1199.90	1439.88	1679.86	1919.84	2159.82
350	19.50	298.88	597.76	896.64	1195.52	1494.40	1793.28	2092.16	2391.04	2689.92
500	20.90	343.07	686.14	1029.21	1372.28	1715.36	2058.42	2401.48	2744.54	3087.60
400	23.40	430.05	860.10	1290.15	1720.20	2150.25	2580.30	3010.35	3440.40	3870.45
600	25.60	54.72	1094.44	1641.66	2188.88	2736.10	3283.22	3830.34	4377.46	4924.58

DUCTOS SUBTERRANEOS DE CEMENTO O DE PVC.

REGISTROS.

CHAROLAS.

DUCTO ENRIEGUADO.

TUBERIA CONDUIT REGIDA.

BUS DUCTO O ELECTRODUCTO.

TRINCHERAS.

CANALIZACIONES

AREA PROMEDIO DE TUBOS CONDUIT DE FIERRO,
DE PVC Y DE POLIETILENO
FLEXIBLE

DIAMETRO NOMINAL		TUBO CONDUIT DE FIERRO						TUBO CONDUIT DE PVC			TUBO POLIETILENO FLEXIBLE			DUCTO DE ASBESTO-CEMENTO		
PULGADAS	MILIMETROS	PARED GUESA			PARED DELGADA			TIPO PESADO			PARED LISA			INTERIOR LISO Y TERCO		
		DIAMETRO INTERIOR (mm)	SECCION TRANSVER SAL (mm ²)	40% DE SECCION TRANSVER SAL (mm ²)	DIAMETRO INTERIOR (mm)	SECCION TRANSVER SAL (mm ²)	40% DE SECCION TRANSVER SAL (mm ²)	DIAMETRO INTERIOR (mm)	SECCION TRANSVER SAL (mm ²)	40% DE SECCION TRANSVER SAL (mm ²)	DIAMETRO INTERIOR (mm)	SECCION TRANSVER SAL (mm ²)	40% DE SECCION TRANSVER SAL (mm ²)	DIAMETRO INTERIOR (mm)	SECCION TRANSVER SAL (mm ²)	40% DE SECCION TRANSVER SAL (mm ²)
1/2	13	17.44	239.43	95.72	8.8	106.75	76.40	18.30	243.02	108.21	27.7	248.04	98.42			
3/4	19	22.36	302.88	121.02	12.29	133.99	112.39	22.70	441.15	176.42	22.7	404.71	161.88			
1	25	28.20	624.67	249.87	16.80	251.34	220.54	28.40	725.93	290.33	28.4	633.47	253.98			
1 1/4	32	36.83	1054.89	422.76	23.31	379.07	334.63	38.00	1141.59	477.84	36.8	1029.23	411.69			
1 1/2	38	42.58	1423.62	569.45	41.6	528.78	528.81	44.80	1505.28	622.11	42.5	1405.30	562.12			
2	51	54.32	2361.30	928.62	52.76	2963.63	2741.25	58.70	2408.88	974.67	54.3	2305.74	905.29			
2 1/2	63	64.18	3439.42	1375.77				67.40	3587.67	1427.8						
3	76	82.01	5290.39	2116.12				83.80	6475.99	2590.40	76.6	4938.82	1935.93	76	4417.88	1767.14
4	102	104.70	8832.04	3578.22				108.70	12860.22	5112.00	102.3	8288.42	3287.78	100	7832.86	3141.89

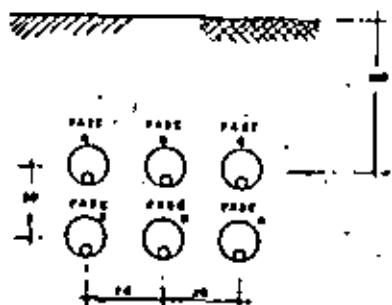
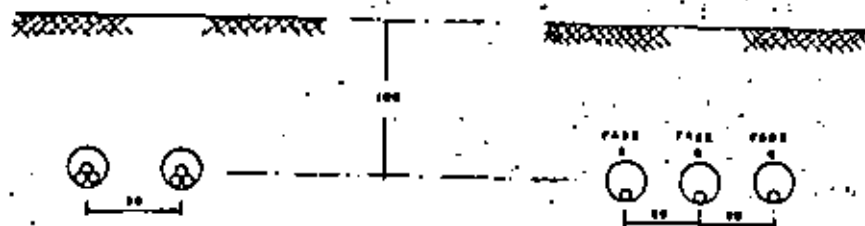
DUCTOS SUBTERRANEOS

SE SELECCIONAN CUANDO :

→ SE REQUIERE PASAR POR ABAJO DE CONSTRUCCIONES.

→ NO ES POSIBLE LA INSTALACION AEREA.

SE INSTALAN :



ADOTACIONES EN CM.

EL ARREGLO NO RECOMENDADO CUANDO SE UTILIZAN DUCTOS METALICOS.

SE RECOMIENDA :

- QUE REMATEN EN REGISTROS.
- QUE TENGAN UNA PENDIENTE MINIMA DE 1/2 PORCIENTO.
- QUE LA SUPERFICIE INTERNA DEL DUCTO SEA LO MAS TERSA POSIBLE (PARA NO DAÑAR EL AISLAMIENTO)



DISPOSICION DE LA PENDIENTE EN UN SISTEMA DE DUCTOS.

REGISTROS

SE SELECCIONAN CUANDO :

- SE REQUIERE CAMBIAR DE DIRECCION EN SISTEMAS DE CANALIZACION SUBTERRANEA.
- SE REQUIERE DERIVAR A ALGUN EQUIPO.
- SE NECESITA HACER EMPALMES.
- SE TIENEN LONGITUDES CONSIDERABLES DE DUCTOS.

SE RECOMIENDA :

- QUE LAS DIMENSIONES SE SELECCIONEN DE ACUERDO :

→ A LA CANTIDAD DE CABLES QUE HABRA EN EL REGISTRO, A EL RADIO MÍNIMO DE CURVATURA DEL CABLE MAYOR Y A LA CANTIDAD DE EMPALMES QUE SEAN NECESARIOS HACER EN EL REGISTRO.

→ QUE LA DIMENSIÓN SELECCIONADA NO SEA MENOR A 30 CM. POR LADO NI MAYOR DE 125 CM. POR LADO, CON UNA PROFUNDIDAD SIMILAR A LAS DIMENSIONES ANTERIORES.

→ QUE LA SEPARACIÓN ENTRE REGISTROS NO SEA MAYOR A 40 METROS.

→ QUE LOS DUCTOS QUE ENTREN A LOS REGISTROS ESTÉN BIEN EMBOQUILLADOS.

CHAROLAS

SE SELECCIONAN CUANDO :

- + NO ES POSIBLE ABRIR ZANJAS.
- + EL ESPACIO NO ES UN LIMITANTE.

RECOMENDACIONES PARA SU INSTALACIÓN :

- + CUANDO SE INSTALAN VARIAS CHAROLAS, LA SEPARACIÓN VERTICAL ENTRE CADA UNA DE ELLAS SERA DE 30 CM. COMO MÍNIMO.

+ CUANDO SE TENGAN CHAROLAS CON CABLES DE DIFERENTES NIVELES DE TENSIÓN, ESTAS SERÁN INSTALADAS EN ORDEN DESCENDENTE, ES DECIR, LOS CABLES DE MAYOR TENSIÓN ESTARÁN EN LAS CHAROLAS SUPERIORES.

+ EL MÍNIMO RADIO DE CURVATURA DE LAS CHAROLAS, DEBERÁ SER DOCE VECES EL DIÁMETRO EXTERIOR DEL CABLE MÁS GRUESO.

+ TODO EL SISTEMA DE CHAROLAS DEBERÁ TENER CONTINUIDAD ELÉCTRICA Y DEBE ESTAR SÓLIDAMENTE CONECTADO A TIERRA. LAS CHAROLAS NO SE CONSIDERARÁN COMO TRAYECTORIA DE RETORNO PARA CORRIENTE DE FALLA, SI ESTAS CONTIENEN CABLES DE BAJA RESISTENCIA O SISTEMAS SÓLIDAMENTE CONECTADOS A TIERRA, EN ESTOS CASOS SE INSTALARA UN CONDUCTOR DE TIERRA A TODO LO LARGO DE LA CHAROLA. ESTO SE EXTIENDE PARA CHAROLAS O DUCTOS CON CABLES DE A. T.

+ NO MEZCLAR CABLES DE A. T. CON LOS DE B. T., LLEVAR LOS DE A. T. SEPARADOS Y CON MARCAS INCONFUNDIBLES.:

RECOMENDACIONES PARA LA INSTALACIÓN DE CABLES DE CHAROLAS.

+ HACER UN RECORRIDO POR LA RUTA DE LA CHAROLA, PARA DETERMINAR SI LA INSTALACIÓN DEL CABLE SE HARA DEPOSITÁNDOLO SOBRE TODA LA CHAROLA O ARRASTRÁNDOLO SOBRE RODILLOS Y POLEAS.

+ SI LA RUTA NO PRESENTA OBSTÁCULOS, LA INSTALACIÓN SE PODRÁ HACER DEPOSITANDO DIRECTAMENTE EL CABLE SOBRE LA CHAROLA, AYUDÁNDOSE PARA ESTO CON UNA BASE DESENRROLLADORA DONDE SE SOPORTA EL CARRETE, LA CUAL PUEDA SER DESPLAZADA A LO LARGO DE TODA LA RUTA.

CUANDO EXISTAN OBSTACULOS EN LA RUTA, ENTONCES SE ESCOGERA EL LUGAR DONDE DEBA QUEDAR EL CARRETE SOBRE LA BASE DESINEROLLADORA, - SI LA RUTA TIENE CAMBIOS DE DIRECCION HORIZONTALES Y VERTICALES, ES NECESARIO COLOCAR RODILLOS Y POLEAS CON SUS RADIOS DE CURVATURA LO MAS GRANDE POSIBLE, PARA EVITAR SE DAÑE EL CABLE DURANTE LA INSTALACION.

CUANDO SE JALEN LOS CABLES UNA DISTANCIA CONSIDERABLE, SE DEBERA USAR UN DINOMETRO PARA VERIFICAR LA TENSION DEL JALADO, ASI MISMO SE DEBERA COLOCAR UN DESTORCEDOR ENTRE EL PIRNO DE TRACCION O MALLA DE ACERO Y EL CABLE GUIA, PARA EVITAR SUPRA TORSION EL CABLE.

DUCTO CUADRADO EMBISAGRADO

SE SELECCIONAN CUANDO :

- SE REQUIERE PROTECCION MECANICA PARA LOS CABLES.

RECOMENDACIONES PARA SU INSTALACION :

- LAS MISMAS QUE PARA LAS CARGAS.

TUBERIA CONDUIT RIGIDA

SE SELECCIONA CUANDO :

- SE REQUIERE UN MAXIMO DE PROTECCION MECANICA.

- SE HACEN INSTALACIONES EN LOCALES CON ATMOSFERAS EXPLOSIVAS (CLASE 1 DIVISION 1)

RECOMENDACIONES PARA SU INSTALACION :

- NO HACER MAS DE DOS CAMBIOS DE DIRECCION DE 90° ENTRE DOS CAJAS DE CONEXIONES.
- COLOCAR SELLOS EN INSTALACIONES EN AREAS PELIGROSAS.
- INSTALAR IGUAL NUMERO DE CONDUCTORES DE CADA FASE EN UN MISMO TUBO PARA EVITAR CAIDAS DE TENSION EXCLUSIVAS.
- APRETAR ADECUADAMENTE PARA ASEGURAR LA CONTINUIDAD ELECTRICA.

VENTAJAS :

- TIENE GRAN RESISTENCIA AL CALOR CUANDO HAY FALLAS.
- NO GENERA GASES CUANDO SE PRODUCEN FALLAS.
- NO ES FRAGIL.

TRINCHERAS

SE SELECCIONAN CUANDO :

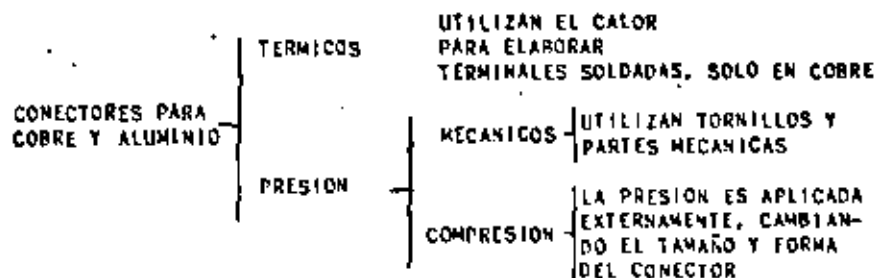
- SE TIENE GRAN CANTIDAD DE CONDUCTORES QUE INTERCONECTAN EQUIPO A CORTA DISTANCIA.

- SE TIENEN VARIOS TABLEROS INTERCONECTADOS EN UN MISMO LUGAR.

RECOMENDACIONES PARA SU INSTALACION :

- SELECCIONAR SUS DIMENSIONES DE ACUERDO AL NUMERO DE CABLES Y CALIBRES DE LOS KISHOS.
- COLOCAR CHAROLAS DENTRO DE LA TRINCHERA CUANDO SE TENGAN DIFERENTES NIVELES DE TENSION.
- PROPORCIONAR UNA PENDIENTE Y DRENES PARA EVITAR SE INUNDE, CUANDO LA INSTALACION SEA EN EXTERIORES.

CONECTORES.



REQUISITOS PARA UNA BUENA CONEXION:

- + EL AREA DE CONTACTO DEBE SER IGUAL O MAYOR QUE EL AREA TRANSVERSAL DEL MAYOR DE LOS CONDUCTORES.
- + LA CONDUCTANCIA RELATIVA DE LA UNION, COMPARADA CON EL CONDUCTOR, DEBE SER POR LO MENOS 100%

FACTORES IMPORTANTES EN EL USO DE CONECTORES PARA ALUMINIO:

- + SE DEBE TOMAR EN CUENTA LA DEFORMACION QUE SUFRE EL ALUMINIO BAJO PRESION, YA QUE PUEDE DISMINUIR LA PRESION DE CONTACTO CON EL TIEMPO.
- + LA CAPA DE OXIDO QUE SE FORMA EN LA SUPERFICIE DE LOS CONDUCTORES DEBE SER ELIMINADA, ADEMÁS ES CONVENIENTE USAR UN COMPUESTO INHIBIDOR QUE ASEGURE UN BUEN CONTACTO Y A LA VEZ EVITE SE FORME NUEVAMENTE LA CAPA DE OXIDO.

+ DEBE TOMARSE EN CUENTA LA EXPANSION TERMICA DEL ALUMINIO (QUE ES MAYOR QUE LA DEL COBRE), PARA EVITAR EL USO DE MATERIALES CON UNA EXPANSION TERMICA DIFERENTE, QUE DARIA COMO RESULTADO GRANDES ESFUERZOS EN EL ALUMINIO DURANTE CICLOS DE ELEVACION DE TEMPERATURA.

+ SE DEBE EVITAR EL CONTACTO CON OTROS METALES, PARA EVITAR SE PRODUZCA CORROSION GALVANICA. EN CASO DE SER NECESARIO UTILIZAR OTRO METAL PARA CONECTAR CON EL ALUMINIO, SE DEBE USAR UN COMPUESTO INHIBIDOR QUE EVITE LA CORROSION GALVANICA.

REQUERIMIENTOS DE CONECTORES:

ELECTRICOS

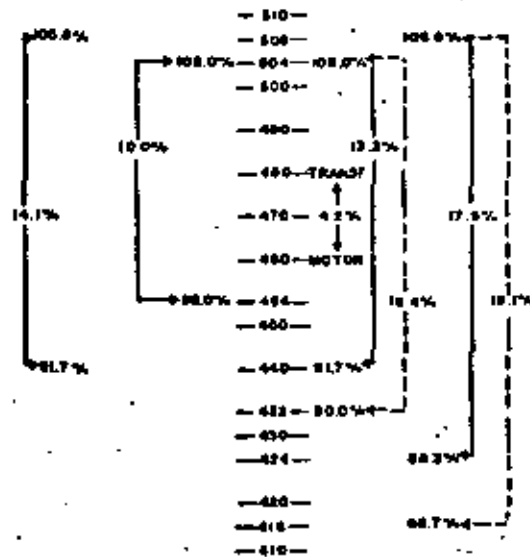
- DEBEN CONducIR LA CORRIENTE SIN EXCEDER LA ELEVACION DE TEMPERATURA DEL CONDUCTOR.
- DEBEN TENER UNA RESISTENCIA IGUAL O MENOR A LA DE UN TRAMO DE CONDUCTOR DE IGUAL LONGITUD.
- DEBEN SER CAPACES DE SOPORTAR LAS SOBRECARGAS O CORTOS CIRCUITOS MOMENTANEOS DE LA MISMA FORMA QUE LOS CONDUCTORES.

MECANICOS

- DEBEN SER CAPACES DE SOPORTAR EL MEDIO AMBIENTE EN QUE SE ENCUENTRAN OPERANDO.
- SI SE USAN EN EXTERIORES, DEBEN SOPORTAR TEMPERATURAS EXTREMAS, VIENTO, VIBRACION, LLUVIA, HIELO, ATAQUE QUIMICO, ETC.
- SI SE USAN EN INTERIORES, CUALQUIER VIBRACION DE MAQUINARIA ROTATORIA, CORROSION DEBIDA A PROCESOS DE MANUFACTURA, ALTAS TEMPERATURAS DEBIDAS A HORNOS, ETC., NO DEBEN AFECTAR MATERIALMENTE EL FUNCIONAMIENTO DE LA UNION.

SISTEMAS TRIFASICOS DE 480 V.

VOLTAJE EN EL PUNTO DE ENTRADA AL SERVICIO		VOLTAJE EN EL PUNTO DEL EQUIPO DE UTILIZACION	
RANGO B	RANGO A	VOLTAJE RANGO A	RANGO B



— CIRCUITO DE ALUMBRADO O COMBINACION DE ALUMBRADO Y FUERZA
 - - - CIRCUIOS DE FUERZA.

RELACIONES DE VOLTAJES BASADAS EN RANGOS DE VOLTAJE EN ANSI C84.1-19

USO DEL CAMBIADOR DE DERIVACIONES DEL TRANSFORMADOR

- NORMALMENTE ESTE ES DE 2 DERIVACIONES ARRIBA DE 2.5% Y DOS ABAJO DE 2.5% SU USO POR LO GENERAL ES CUANDO:

+ CUANDO EL "ANCHO DE BANDA" DEL SISTEMA PRIMARIO DE DISTRIBUCION ESTA ARRIBA O ABAJO DE LOS LIMITES REQUERIDOS PARA PROPORCIONAR UN ADECUADO "ANCHO DE BANDA" SECUNDARIO.

EJEMPLO: TRANSFORMADOR 13200-480 V CONECTADO A UN SISTEMA DE 13800V, SE TENDRIA UNA TENSION SECUNDARIA DE 502V. SI SE USA TAP DE +5% SE TENDRIA UNA TENSION DE 452 V MAS ADECUADA.

EJEMPLO: TRANSFORMADOR 13200-480 V CONECTADO A UN SISTEMA DE 13200 V, PERO LOCALIZADO CERCA DE LA SUBESTACION, POR LO QUE PODRIA VARIAR DE: LA TENSION DE LA RED.

13200 V A 13860 V (5%) Y LA TENSION SECUNDARIA VARIARA POR LO TANTO DE:
480V A 504 V

SI SE USA EL TAP DE +2.5% SE TENDRAN:
468 V A 491 V (DENTRO DE LIMITES)

+ PARA PROPORCIONAR "ANCHOS DE BANDA" ADECUADOS A LA TENSION NOMINAL DEL EQUIPO DE UTILIZACION.

EJEMPLO: SISTEMA DE 480 V. SI LOS MOTORES TIENEN UNA TENSION DE PLACA DE 460 V, USANDO EL TAP NORMAL LA TENSION PODRA VARIAR: 440-500 V (DENTRO DE LIMITES)

PERO SI LOS MOTORES ESTAN A 440V, CONVIENE USAR EL TAP +5% PARA QUE LA TENSION VARIE DE: 418 ---- 475 V

QUE ES "ANCHO DE BANDA" MAS ADECUADO PARA EL MOTOR DE 440V.

CABE HACER NOTAR QUE LOS TAP DE UN TRANSFORMADOR NO DEBEN USARSE PARA CORREGIR CAIDAS EXCESIVAS EN EL SISTEMA SECUNDARIO DE DISTRIBUCION (MAS DE 5%) NI UN VOLTAJE ABAJO DE LOS LIMITES FIJADOS PARA EL SISTEMA DE DISTRIBUCION PRIMARIO

2.3.- SELECCION DE TENSIONES

- ESTE ES UNO DE LOS ASPECTOS MAS IMPORTANTES EN EL DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE FUERZA.
- LOS NIVELES DE TENSION PRIMARIOS SON DETERMINADOS POR LA COMPAÑIA SUMINISTRADORA, ESTAS TENSIONES PUEDEN USARSE INTERNAMENTE EN LA PLANTA.
- DADO QUE LOS NIVELES DE TENSION EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION SE HAN ESTADO INCREMENTANDO, LOS EQUIPOS SE HAN VENIDO ADECUANDO A ELLO. ASI ES POSIBLE TENER DENTRO DE UN EDIFICIO INDUSTRIAL, LAS SIGUIENTES TENSIONES:

15 - 25 KY	SIN PROBLEMAS
25 - 35 KY	HACER ESTUDIO ECONOMICO PARA DECIDIR SU USO
35 KY HACIA ARRIBA	DEBE REDUCIRSE A UNA TENSION MENOR.

FACTORES QUE AFECTAN LA SECCION DE LA TENSION

- 1.- TENSION NOMINAL DE LOS DISPOSITIVOS O APARATOS.
- 2.- TENSION PRIMARIA DISPONIBLE EN COMPAÑIA ELECTRICA. ESTE VOLTAJE NO SIEMPRE ES EL MAS ADECUADO, PARA CONECTAR CARGAS DIRECTAMENTE A EL PERO PUEDE USARSE PARA ALIMENTAR A SUBESTACIONES DENTRO DE LA FABRICA.
- 3.- LA DISTANCIA A LA CUAL SE LLEVA LA ENERGIA. HACER ESTUDIOS TECNICO-ECONOMICOS.

- EN PLANTAS GRANDES ES COMUN TENER TRES O MAS NIVELES DE TENSION:
- + 480 Y PARA UTILIZACION
- + 2.4 & 4.16 KY PARA MOTORES GRANDES O COMO TENSION DE DISTRIBUCION DE LA PLANTA.
- + 13.8 & 23 KV. COMO TENSION DE DISTRIBUCION DE LA PLANTA O COMO ALIMENTACION GENERAL DE LA COMPAÑIA ELECTRICA.

480 VS 220:

A MENUDO NOS HACEMOS LA PREGUNTA ¿ CUAL ES MAS ECONOMICO, 220/127 & 480/277? EN GENERAL 220/127 ES MAS ECONOMICO SI:

- + EL 70% DE LA CARGA ES A 127
- + LA CARGA NO EXCEDE 300 KVA (TIENDAS, TALLERES, FABRICAS PEQUEÑAS)

GUIA PARA SELECCIONAR LA TENSION EN TERMINOS DE LA MAGNITUD DE LA CARGA. ESTA GUIA ES SOLO REPRESENTATIVA Y PUEDE VARIAR CONSIDERABLEMENTE EN CASOS PARTICULARES.

VOLTS DEL SISTEMA-

450
2400
4160
6900
4160 & 13800 (3)
13500

KVA, DEL SISTEMA

750 - 1500 KVA,
HASTA 3000 KVA (1)
DE 1500 A 10000 KVA
(2)
10000 a 20000 KVA
MAYORES DE 20000 KVA

(1) ES POCO USUAL QUE 2400 V. SE UTILICE COMO TENSION DE DISTRIBUCION PRINCIPAL, PERO PUEDEN EXISTIR MOTORES A ESTA TENSION.

(2) POCO USUAL

(3) HACER ESTUDIO COMPARATIVO CUALQUERA PUEDE FUNCIONAR.

- OTRA GUIA, BASADA EN LOS MOTORES PUEDE SER:

VOLTS DEL SISTEMA	VOLTAJE DEL MOTOR	HP DEL MOTOR
220		125 HP
480	460	HASTA 250 HP
2400	2300	200-1000 HP
4160	4000	300-4000 HP
13800	13200	5000 HP & MAS

2.4.- EFECTO DE LA VARIACION DE TENSION EN LOS EQUIPOS

MOTORES DE INDUCCION . VER TABLA ANEXA. EN GENERAL, LOS AFECTA MAS UNA TENSION LIGERAMENTE MENOR QUE UNA MAYOR.

MOTORES SINCRONOS. SE AFECTAN EN IGUAL FORMA QUE LOS DE INDUCCION EXCEPTO EN LA VELOCIDAD (QUE DEPENDE DE F) Y EN EL PAR DE ARRANQUE QUE VARIA DIRECTAMENTE CON LA TENSION.

LAMPARAS INCANDESCENTES. VER TABLA ANEXA. LOS EFECTOS SON CRITICOS.

LAMPARAS FLUORESCENTES. SE AFECTA MENOS QUE LAS INCANDESCENTES, PUEDEN OPERAR SATISFACTORIAMENTE EN UN RANGO DE $\pm 10\%$. APROXIMADAMENTE UNA VARIACION DE $\pm 1\%$ AFECTARA EN IGUAL FORMA LA PRODUCCION LUMINOSA.

LAMPARAS DE ALTA INTENSIDAD DE DESCARGA. SI NO SE USAN BALASTRAS REGULADAS, Y SI LA TENSION VARIA EN $\pm 10\%$, LA LUZ VARIARA EN $\pm 30\%$ SI SE USAN BALASTRAS DE POTENCIA CONSTANTE, CON UNA TENSION 10% MENOR, LA LUZ SERA 98% .

AL EXISTIR UN 20% DE BAJO VOLTAJE EL ARCO SE EXTINGUE SI ESTO SUCEDE FRECUENTEMENTE, SE DISMINUYE SENSIBILMENTE LA VIDA DE LA LAMPARA.

PROCESOS DE CALOR CON LAMPARAS INFRAROJAS O RESISTENCIAS.

EN EL CASO DE LAS RESISTENCIAS SE VE AFECTADO EL PROCESO EN FUNCION DEL CUADRADO DE LA TENSION. EN EL CASO DE LAS LAMPARAS, COMO SU RESISTENCIA VARIA CON EL CALOR, SE AFECTA LIGERAMENTE MENOR AL CUADRADO DE LA TENSION.

CAPACITORES. LA POTENCIA REACTIVA VARIA CON V^2 , UNA CAIDA DEL 10% REDUCE EN 19% LA POTENCIA REACTIVA LO CUE A SU VEZ REDUCE EN ESE POR CIENTO LOS BENEFICIOS.

DISPOSITIVOS OPERADOS POR SOLENOIDE. LA FUERZA DE ATRACCION VARIA CON V^2 , PERO EN GENERAL ESTAN DISEÑADOS PARA OPERAR EN + 10% Y -15% DE V.

DESBALANCE EN LA TENSION ENTRE FASES. SUCEDE CUANDO EXISTEN CARGAS MONOFASICAS Y NO ESTAN BIEN DISTRIBUIDAS. SE EXPRESA:

DESBALANCEO DE LA TENSION ENTRE FASES -

DESVIACION MAXIMA RESPECTO AL VOLTAJE PROMEDIO

VOLTAJE PROMEDIO ENTRE FASES.

DADAS LAS CORRIENTES DE SECUENCIA NEGATIVA QUE CIRCULAN INTERNAMENTE EN EL MOTOR, ESTAS PRODUCEN UN CALENTAMIENTO COMO SE OBSERVA EN LA SIGUIENTE TABLA:

TIPO DE MOTOR	CARGA	% DE DESBALANCE EN TENSION	% DE CALENTAMIENTO EXTRA	CLASE DE AISLAMIENTO	ELEVACION DE TEMPERATURA (°C) OPERACION
MARCO "U"	NOMINAL	0	0	A	60
	NOMINAL	2	8	A	65
	NOMINAL	3 1/2	25	A	75
MARCO "T"	NOMINAL	0	0	B	80
	NOMINAL	2	8	B	86.4
	NOMINAL	3 1/2	25	B	100

EFFECTO GENERAL DE LAS VARIACIONES DE VOLTAJE EN LAS CARACTERISTICAS DE LOS MOTORES DE INDUCCION.

(a) MOTORES DE ARMADON U

CARACTERISTICAS	FUNCION DEL VOLTAJE	VARIACION DEL VOLTAJE	
		90% DEL VOLTAJE	110% DEL VOLTAJE
PARES DE ARRANQUE Y MAXIMO DE TRABAJO.	(VOLTAJE) ²	DISMINUYE 19%	AUMENTA 21%
VELOCIDAD SINCRONA	CONSTANTE	NO CAMBIA	NO CAMBIA
POR CIENTO DE DESLIZAMIENTO	(VOLTAJE) ⁻²	AUMENTA 23%	DISMINUYE 17%
VELOCIDAD A PLENA CARGA	DESPLAZAMIENTO DE LA VELOCIDAD SINCRONA	DISMINUYE 1.5%	AUMENTA 1%
EFICIENCIA A:			
PLENA CARGA	-----	DISMINUYE 2%	AUMENTA .5-1%
3/4 DE CARGA	-----	PRATICAMENTE NO CAMBIA	PRATICAMENTE NO CAMBIA
1/2 DE CARGA	-----	AUMENTA 1-2%	DISMINUYE 1-2%

CARACTERISTICAS	FUNCION DEL VOLTAJE	VARIACION DEL VOLTAJE	
		90% DEL VOLTAJE	110% DEL VOLTAJE
FACTOR DE POTENCIA A:			
PLENA CARGA	-----	AUMENTA 1%	DISMINUYE 3%
3/4 DE CARGA	-----	AUMENTA 2-3%	DISMINUYE 4%
1/2 DE CARGA	-----	AUMENTA 4-5%	DISMINUYE 5-6%
CORRIENTE A PLENA CARGA	-----	AUMENTA 11%	DISMINUYE 7%
CORRIENTE DE ARRANQUE	VOLTAJE	DISMINUYE 10-12%	DISMINUYE 10-12%
ELEVACION DE TEMPERATURA A PLENA CARGA	-----	AUMENTA 6-7 °C	DISMINUYE 1-2°C
CAPACIDAD DE SOBRECARGA MAXIMA	(VOLTAJE) ²	DISMINUYE 19%	AUMENTA 21%
RUIDO MAGNETICO -SIN CARGA ESPECIFICA	-----	DISMINUYE LIGERAMENTE	AUMENTA LIGERAMENTE.

(b) MOTORES DE ARMADON T

CARACTERISTICAS	FUNCION DEL VOLTAJE	VARIACION DEL VOLTAJE	
		90% DEL VOLTAJE	110% DEL VOLTAJE
PARTES DE ARRANQUE Y DE TRABAJO MAXIMO	(VOLTAJE) ²	DISMINUYE 19%	AUMENTA 21%
POR CIENTO DE DESLIZAMIENTO	(VOLTAJE) ⁻²	AUMENTA 20-30%	DISMINUYE 15-20%
VELOCIDAD A PLENA CARGA	DESLIZAMIENTO DE VELOCIDAD SINCRONA	DISMINUYE LIGERAMENTE	DISMINUYE LIGERAMENTE
EFICIENCIA A:			
PLENA CARGA	-----	DISMINUYE 0-2%	DISMINUYE 0-3%
3/4 CARGA	-----	PRACTICAMENTE NO CAMBIA	NO CAMBIA O DECRECE LIGERAMENTE
1/2 CARGA	-----	AUMENTA 3-10%	DISMINUYE 10-20%
CORRIENTE A PLENA CARGA	-----	AUMENTA 5-10%	DISMINUYE LIGERAMENTE O AUMENTA HASTA 5%.

CARACTERISTICAS	FUNCION DEL VOLTAJE	VARIACION DEL VOLTAJE	
		90% DEL VOLTAJE	110% DEL VOLTAJE
CORRIENTE DE ARRANQUE	VOLTAJE	DISMINUYE ≈ 10%	AUMENTA ≈ 10%
ELEVACION DE TEMPERATURA A PLENA CARGA	-----	AUMENTA 10-15%	AUMENTA 2-15%
CAPACIDAD DE SOBRECARGA MAXIMA	(VOLTAJE) ²	DISMINUYE 19%	AUMENTA 21%
RUIDO MAGNETICO-SIN CARGA ESPECIFICA	-----	DISMINUYE LIGERAMENTE	DISMINUYE LIGERAMENTE

2.5.- CAULCULOS DE CAIDA DE TENSION EN CONDUCTORES Y TRANSFORMADORES.

LA FORMULA GENERAL DE LA CAIDA DE TENSION DE ACUERDO A LA SIGUIENTE FIGURA ES:

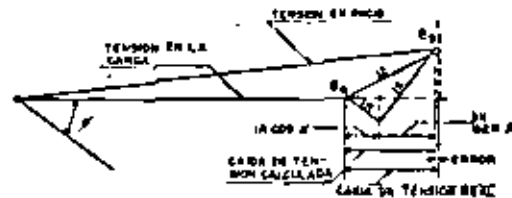


DIAGRAMA FASIONAL DE RELACION DE TENSION

$$V = IR \cos \phi + I X \sin \phi$$

EN DONDE:

V = CAIDA DE TENSION, LINEA A NEUTRO

I = CORRIENTE

R = RESISTENCIA DEL CONDUCTOR, CORREGIDA A 75° C (CARGA PROMEDIO) O 90° C (CARGA MAXIMA). DEPENDE SI SE USAN DUCTOS MAGNETICOS O NO MAGNETICOS.

TABLA 8

11-22

EFFECTOS DE VARIACIONES DE VOLTAJE EN LAMPARAS INCANDESCENTES.

VOLTAJE APLICADO (VOLTS)	% DE VIDA	120 V		125 V		130 V	
		% DE EMISION LUMINICA	% DE VIDA	% DE EMISION LUMINICA	% DE VIDA	% DE EMISION LUMINICA	% DE VIDA
105	575	64	860	55	---	---	---
110	310	74	525	65	880	57	---
115	175	87	295	76	500	66	---
120	100	100	170	88	280	76	---
125	58	118	100	100	165	88	---
130	34	132	59	113	100	100	---

- X = REACTANCIA, DEPENDE DEL TAMAÑO DEL CONDUCTOR, SI ESTA EN DUCTOS MAGNETICOS O NO MAGNETICOS Y DE LA SEPARACION ENTRE CONDUCTORES.
- φ = ANGULO ENTRE LA CORRIENTE Y LA TENSION DE LA CARGA (AL NEUTRO)

USO DE TABLAS Y CARTAS

LAS TABLAS Y CARTAS SON SUFICIENTEMENTE PRECISAS. EN LA TABLA DE CALCULO DE CAIDAS DE TENSION ANEXA, SE PRESENTAN CUATRO SECCIONES PARA EL CALCULO DE CAIDAS DE TENSION EN CONDUCTORES: PARA CONDUCTORES DE COBRE EN DUCTOS MAGNETICOS Y NO MAGNETICOS Y PARA CONDUCTORES DE ALUMINIO EN DUCTOS MAGNETICOS O NO. LOS VALORES ESTAN DADOS PARA LA CAIDA QUE SE PRODUCE EN LOS CONDUCTORES DE DIFERENTES CALIBRES CON 10000 AMPERS Y UN METRO DE LONGITUD.

EJEMPLO SEA UN CIRCUITO CON CONDUCTORES DE COBRE CALIBRE 500 MCM EN TUBERIA CONDUIT (MAGNETICA), LA LONGITUD DEL CIRCUITO ES DE 60 METROS Y LA CARGA DE 800 AMPERS A UN FACTOR DE POTENCIA DE 80%. ¿CUAL ES LA CAIDA DE TENSION AL NEUTRO?

SE CALCULAN LOS AMPERS-METRO DEL CIRCUITO:

$$300 \text{ A} \times 60 \text{ m} = 18,000 \text{ A-M}$$

DE ACUERDO A LA TABLA, LA CAIDA DE TENSION PARA 10000 A-M, UN CALIBRE DE 500 MCM, FACTOR DE POTENCIA DE 0.8 Y DUCTO MAGNETICO ES: 2.79 VOLTS, POR LO QUE PARA

18000 A-M SE TIENE.

$$\frac{18,000}{10,000} \times 2.79 = 5 \text{ VOLTS (ENTRE FASES)}$$

Y AL NEUTRO

$$V = 5/1.732 = 2.89 \text{ VOLTS.}$$

CAIDA DE TENSION EN TRANSFORMADORES

SE USA LAS TABLAS ANEXAS Y SIRVEN PARA TRANSFORMADORES DE TENSIONES PRIMARIAS DE 5 a 25 KV Y DE 34.5 KV, DE LOS TIPOS ACEITE Y SECO, TRIFASICOS O MONOFASICOS. PARA EL CASO DE UN TRANSFORMADOR MONOFASICO, MULTIPLIQUE LOS KVA POR 3 Y ENTRE A LA TABLA.

EJEMPLO. SEA UN TRANSFORMADOR TRIFASICO DE RELACION 4160/480V, 2000 KVA DE CAPACIDAD. LA CARGA ES DE 1500 KVA A 0.85 DE F.P.

SOLUCION

ENTRE A LA CARTA (PARA TRANSFORMADORES DE 5 A 25 KV) CON EL VALOR DE 2000 KVA. SUBA A INTERSECTAR LA CURVA DE 0.85 F.P. Y BUSQUE EL % DE CAIDA EN EL EJE VERTICAL DE LA CARTA ESTE ES:

$$\begin{aligned} \text{PORCIENTO DE CAIDA} \\ \text{A PLENA CARGA} &= 3.67 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{PORCIENTO DE CAIDA} &= 3.67 \times \frac{1500}{2000} \\ \text{A 1500 KVA} &= 2.75 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CAIDA DE TENSION REAL} &= 0.0275 \times 480 \\ &= 13.2 \text{ VOLTS} \end{aligned}$$

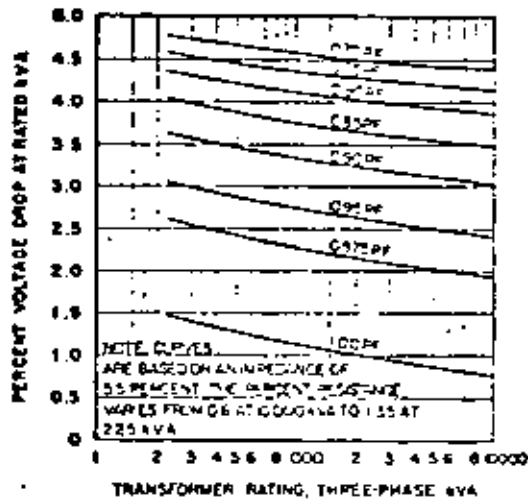


Fig 13

Approximate Voltage Drop Curves for Three-Phase Transformers, 225-10 000 kVA, 5-25 kV

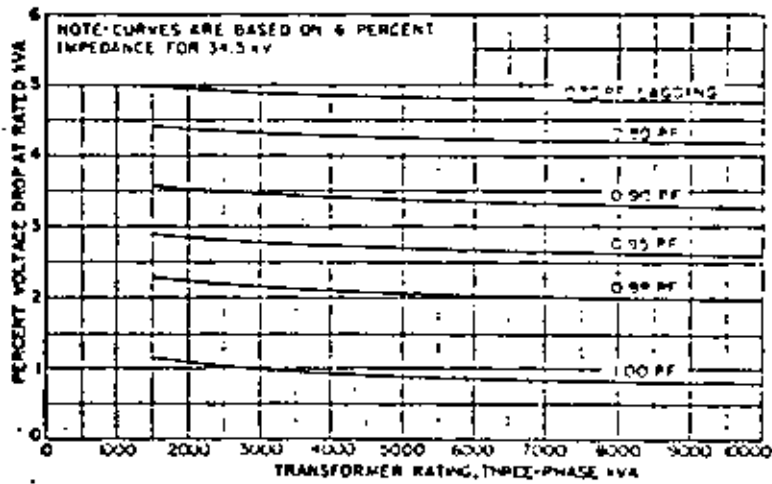


Fig 14

Approximate Voltage Drop Curves for Three-Phase Transformers, 1500-10 000 kVA, 34.5 kV

EFFECTOS DEL ARRANQUE DE MOTORES EN LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION ELECTRICA

LA CORRIENTE DE ARRANQUE DE LOS MOTORES ESTAN DADAS DE ACUERDO A LAS LETRAS DE CODIGO EN EL ARTICULO 430 DEL "NATIONAL ELECTRICAL CODE", ESTA ES POR LO GENERAL DE 5 A 7 VECES LA CORRIENTE NOMINAL.

ESTA CORRIENTE ELEVARA LA CAIDA DE TENSION EN LOS CONDUCTORES Y EN LOS TRANSFORMADORES, CAUSANDO PERTURBACIONES A OTROS EQUIPOS, ESPECIALMENTE AL ALUMBRADO.

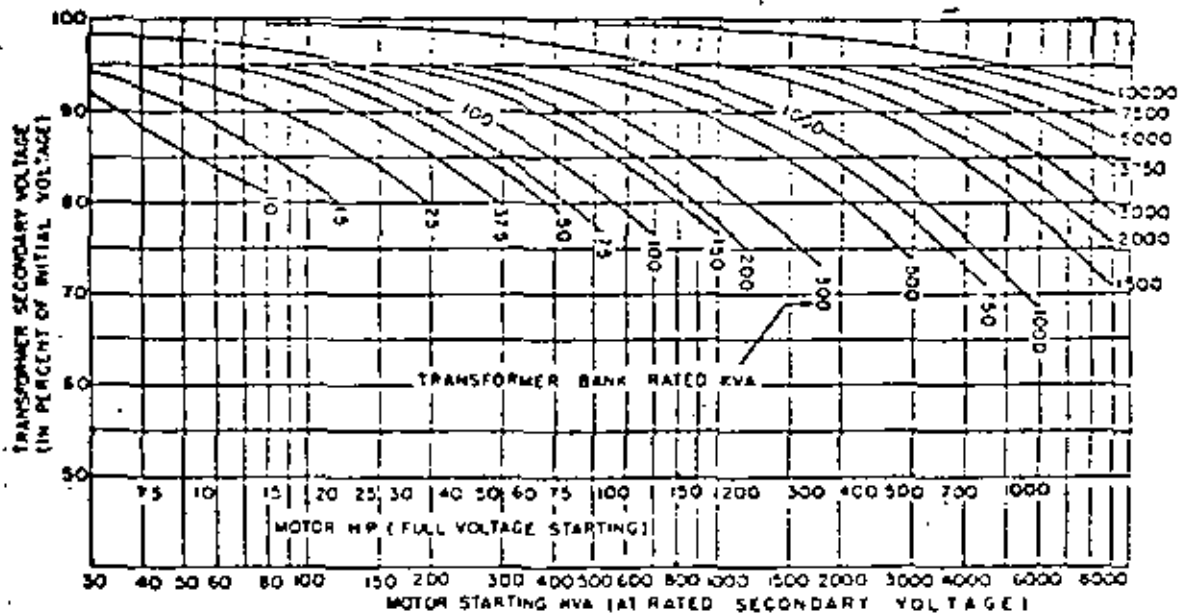
LA CAIDA DE TENSION MAS IMPORTANTE DEL SISTEMA SE DA EN LOS TRANSFORMADORES Y UNA FORMA DE CALCULARLA ES USANDO LA GRAFICA ANEXA.

SI SE DESEAN CALCULOS MAS EXACTOS, HABRIA QUE CONSIDERAR LA IMPEDANCIA DEL TRANSFORMADOR Y LA DE LOS CABLES; DE AHI SE DETERMINARA SI ES PROBLEMATICA O NO PARA EL SISTEMA.

LA SECUENCIA DE ARRANQUE DE VARIOS MOTORES ES IMPORTANTE. SI SE DESEA REDUCIR LA CORRIENTE DE ARRANQUE, EXISTEN VARIOS METODOS, CUYOS RESULTADOS SE RESUMEN A CONTINUACION.

COMPARACION ENTRE METODOS DE ARRANQUE

TIPO DE ARRANCADOR	TENSION EN EL MOTOR (% Y DE LINEA)	PAR DE ARRANQUE (% DE PAR A TENSION PLENA)	CORRIENTE DE LINEA (% DE CORRIENTE A TENSION PLENA)
TENSION PLENA	100	100	100
AUTO TRANSFORMADOR			
TAP A 80%	80	64	68
TAP A 65%	65	42	46
TAP A 50%	50	25	30
TIPO RESISTENCIA AJUSTADO A 80%			
	80	64	80
REACTOR			
50%	50	25	50
45%	45	20	45
37.5%	37.5	14	37.5



NOTES

1. SCALE OF MOTOR HP BASED ON STARTING CURRENT BEING EQUAL TO APPROXIMATELY 5.5 TIMES NORMAL.

2. SHORT-CIRCUIT KVA OF PRIMARY SUPPLY IS ASSUMED TO BE AS FOLLOWS:

BANK KVA	PRIMARY SHORT-CIRCUIT KVA
10-300	25,000
500-1000	50,000
1500-3000	100,000
3750-10000	250,000

3. TRANSFORMER IMPEDANCES ARE ASSUMED TO BE AS FOLLOWS:

BANK KVA	BANK IMPEDANCE
10-50	3%
75-150	4%
200-300	5%
750-2000	5.5%
3000-10000	6.0%

4. REPRESENTATIVE VALUES OF PRIMARY SYSTEM VOLTAGE DROP AS A FRACTION OF TOTAL DROP ARE AS FOLLOWS, FOR THE ASSUMED CONDITIONS:

BANK KVA	SYSTEM DROP/TOTAL DROP
100	0.09
1000	.25
10000	.44

Figure 2.21
Voltage drop in a transformer due to starting a motor
(for estimating purposes only)



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

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES

TEMA N°6 - PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTE

ING. ANDRES D. CHAVEZ SAÑUDO

SEPTIEMBRE, 1982

5.1 OBJETIVOS DE UN SISTEMA DE PROTECCION

- LAS FUNCIONES BASICAS DE UN SISTEMA DE PROTECCION Y DE LA COORDINACION SON:

- + PREVENIR DAÑO A VIDAS Y PROPIEDADES.
- + REDUCIR DAÑOS AL SISTEMA Y SUS COMPONENTES.
- + LIMITAR EL CRECIMIENTO Y LA DURACION DE LAS INTERRUPCIONES DE SERVICIO CUANDO UNA ANORMALIDAD SE PRESENTA EN EL SISTEMA.

- LAS ANORMALIDADES PUEDEN DEBERSE:

- + FALLA DE EQUIPO
- + ERROR HUMANO
- + EMERGENCIAS DE ORIGEN HUMANO O NATURAL.

- ESTAS ANORMALIDADES SON IMPREDECIBLES Y EL SISTEMA ELECTRICO DEBE DISEÑARSE Y MANTENERSE PARA PROTEGERSE A SI MISMO AUTOMATICAMENTE.

- AUNQUE EL GRADO DE PROTECCION DE UN SISTEMA PUEDE SER INFLUENCIADO POR CONSIDERACIONES ECONOMICAS, TODO SISTEMA DEBE SATISFACER CIERTOS REQUERIMIENTOS MINIMOS DE SEGURIDAD Y CONFIABILIDAD.

- NO SE PUEDE TENER, POR IMPRACTICO O ANTIECONOMICO, UN SISTEMA CONTRA TODO TIPO DE FALLA. PUEDEN CUIDARSE ASPECTOS COMO SELECCION DE BUENOS AISLAMIENTOS, DISTANCIAS, PERO DEBE ACEPTARSE UN CIERTO NUMERO DE FALLAS, YA QUE AUN EL MEJOR SISTEMA SE DETERIORARA CON LOS AÑOS Y LA PROBABILIDAD DE FALLA AUMENTA CON EL TIEMPO.

5.2 CONCEPTOS BASICOS DE LA PROTECCION DE CORRIENTE.

- LA PROTECCION DE CORRIENTE INCLUYE:

- + PROTECCION CONTRA SOBRECARGA.
- + PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTE DEBIDA A CORTOS CIRCUITOS.

- SOBRECARGAS. CORRIENTES ORIGINADAS PRINCIPALMENTE EN LOS MOTORES Y VARIAN DESDE EL VALOR DE PLENA CARGA HASTA EL VALOR DE ESTAR BLOQUEADO.

LA CAUSA PUEDE SER UN MAL MONTAJE O UNA INCORRECTA ALINEACION DE LOS MOTORES, O UNA INCORRECTA OPERACION DEL EQUIPO OPERADO POR LOS MOTORES, TAL COMO ARRANQUES DEMASIADO FRECUENTES, VENTILACION OBSTRUIDA O EXTENSOS PERIODOS DE ACELERACION.

LOS CIRCUITOS TAMBIEN PUEDEN SER SOBRECARGADOS SIMPLEMENTE AGREGANDO EQUIPO DE UTILIZACION MAS GRANDE O ADICIONAL A LO PROYECTADO.

- SOBRECORRIENTES POR CORTO CIRCUITO.

SON USUALMENTE DEL ORDEN DE 10 VECES LA CORRIENTE NOMINAL O MAYORES, AUNQUE LA EXCEPCION PUEDE SER LAS CORRIENTES DE FALLA A TIERRA, LIMITADA POR LA IMPEDANCIA DE ARCO O DE LA TRAYECTORIA DE RETORNO A TIERRA.

LOS CORTOS PUEDEN OCURRIR COMO FALLAS DE AISLAMIENTOS EN GENERAL Y EN PARTICULAR DEBIDAS A EXCESIVA HUMEDAD, SOBRECARGA DE UN CIRCUITO O DAÑOS MECANICOS A CONDUCTORES O A EQUIPO ELECTRICO.

- UNA VEZ CONOCIDOS LOS VALORES DE CORTO CIRCUITO EN EL SISTEMA ELECTRICO INDUSTRIAL BAJO ESTUDIO, LA SECUENCIA DE LA PROTECCION ES LA SIGUIENTE:

- + SELECCIONE LAS CAPACIDADES DE CORRIENTE NOMINAL Y DE CORTO CIRCUITO DE CADA UNO DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA;
 - INTERRUPTORES M.T. Y B.T.
 - TABLEROS M.T. Y B.T.

+ APLIQUE EL EQUIPO DE PROTECCION CORRESPONDIENTE.

+ HAGA LOS AJUSTES NECESARIOS EN LOS EQUIPOS Y EL ESTUDIO DE COORDINACION CORRESPONDIENTE.

- CUANDO SE PRESENTE UNA FALLA, SE DEBE REMOVER LA PORCION QUE FALLO SIN DEJAR DE ALIMENTAR A OTRAS AREAS DEL SISTEMA. ESTO ES SELECTIVIDAD.

- POR LO ANTERIOR, DEBE DE OPERAR EL ELEMENTO MAS CERCANO A LA FALLA. SI ESTE ELEMENTO NO OPERA EN SU ZONA (PRIMARIA) DEBE ACTUAR LUEGO OTRO ELEMENTO EN SERIE CON EL, ACTUANDO COMO RESPALDO. ESTO ES COORDINACION.

- AL OCURRIR UNA FALLA, LAS CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO CIRCULAN POR UNA SERIE DE ELEMENTOS, QUE ESTARAN SUJETOS A ESFUERZOS TERMICOS, MECANICOS Y MAGNETICOS.

- TODOS LOS ELEMENTOS DE UN SISTEMA TIENEN SUS LIMITES DE CORRIENTE. LA PROTECCION NO DEBE SOBREPASAR ESTOS LIMITES.

- LOS ELEMENTOS CUYOS LIMITES SE ANALIZARAN AQUI, SON:

- + TRANSFORMADORES.
- + CONDUCTORES.
- + MOTORES.
- + TABLEROS Y BARRAS COLECTORAS.

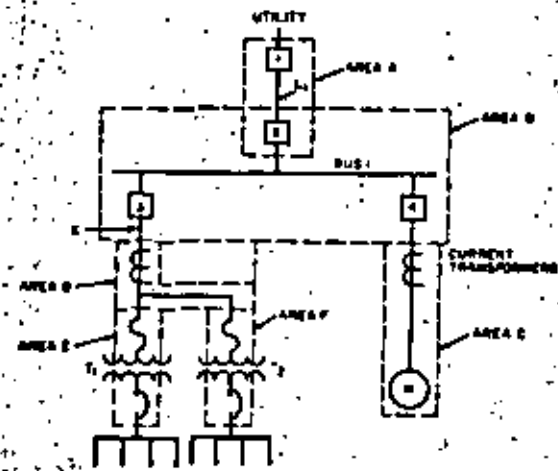


Fig 33
One-Line Diagram Illustrating Zones of Protection

- LOS APARATOS DE DETECCION DE FALLAS QUE SE TRATARAN SON:
 - + FUSIBLES EN M.T.
 - + RELES DE SOBRECORRIENTE, 50/51.
(ACTUAN SOBRE INTERRUPTORES EN M.T. Y B.T.)
 - + FUSIBLES EN B.T.
 - + RELES INTEGRADOS A INTERRUPTORES ELECTROMAGNETICOS O DE CAJA MOLDEADA.
 - + INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS.
 - + RELES TERMICOS DE SOBRECARGA.

5.3 EQUIPO DE PROTECCION.

5.3.1 FUSIBLES.

- FUSIBLES EN MEDIA TENSION.

- EXISTEN DOS TIPOS PRINCIPALES:

- + FUSIBLES DE POTENCIA LIMITADORES DE CORRIENTE.
- + FUSIBLES TIPO EXPULSION.

FUSIBLES LIMITADORES DE CORRIENTE.

ESTA DISEÑADO DE TAL FORMA QUE AL FUNDIRSE EL ELEMENTO FUSIBLE SE INTRODUCE UNA ALTA RESISTENCIA DE ARCO EN EL CIRCUITO, ANTES DE LA CORRIENTE DE PICO DEL PRIMER MEDIO CICLO. ESTO RESTRINGE LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO A UN VALOR MENOR.

APLICACIONES TÍPICAS: PROTECCION DE TRANSFORMADORES DE POTENCIAL Y PROTECCION DE CARGAS PEQUEÑAS (HASTA 2000 KYA) EN CIRCUITOS DE ALTA CAPACIDAD DE C.C.

SU CURVA CARACTERISTICA ES CASI VERTICAL, LO QUE DIFICULTA LA COORDINACION.

LA ACCION DE FORZAR LA CORRIENTE LIMITANDOLA DURANTE LA INTERRUPCION PRODUCE SOBRETENSIONES TRANSITORIAS, POR LO QUE SE PUEDE REQUERIR UNA ADECUADA PROTECCION CON APARTARRAYOS.

LA CONSTRUCCION DE ESTOS FUSIBLES ES CON ELEMENTO FUSIBLE DE PLATA Y ARENA SILICA COMO MEDIO DE EXTINCION.

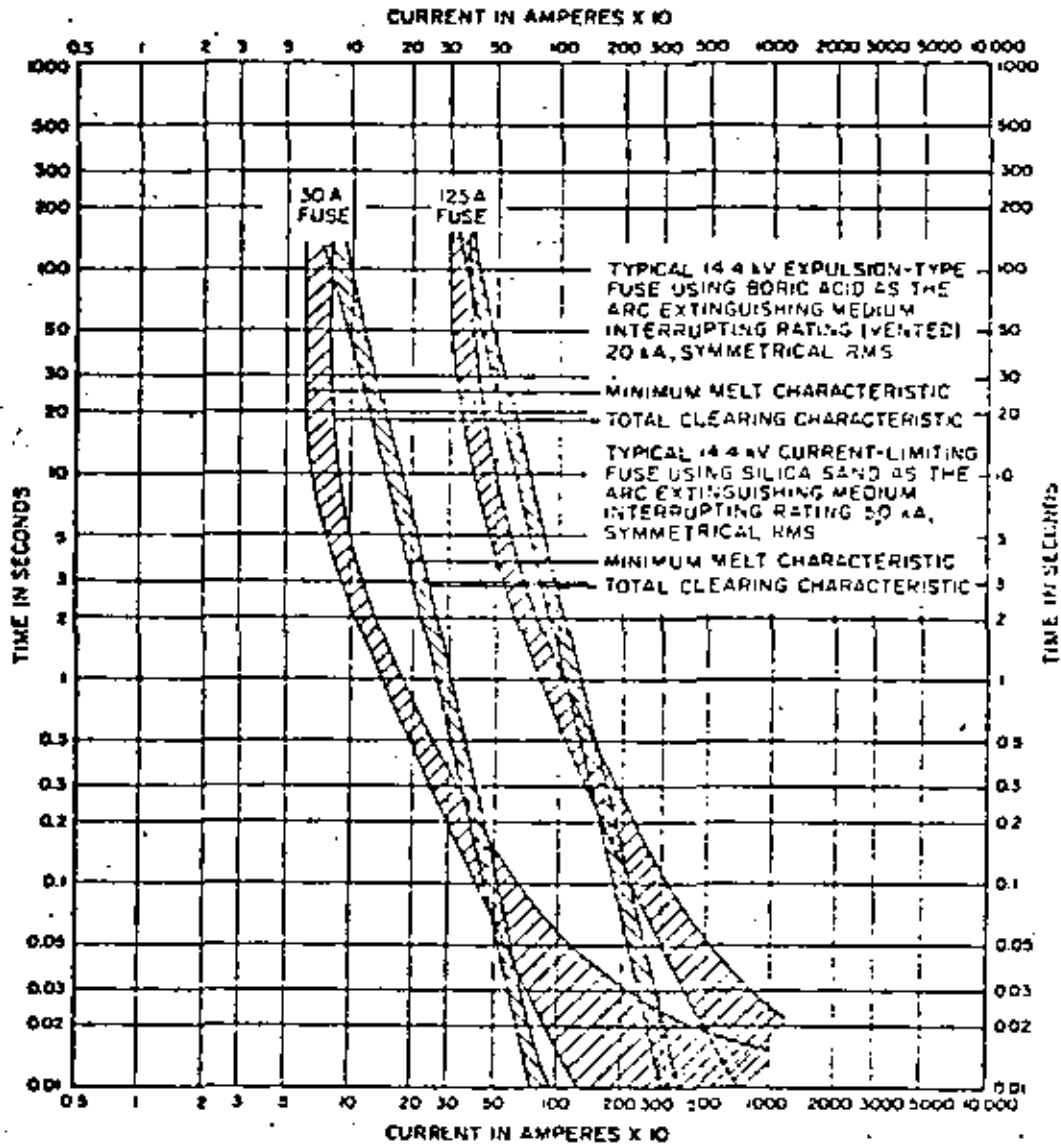


Fig 31
Time-Current Characteristic Curves Showing the Difference Between
Boric-Acid Expulsion-Type and Current-Limiting Fuses

El fusible se debe escoger de tal forma que su valor se encuentre entre 1.8 y 3 veces el valor de la corriente nominal del transformador. En este rango se pueden garantizar las características de los fusibles (ver diagramas 1 y 2).

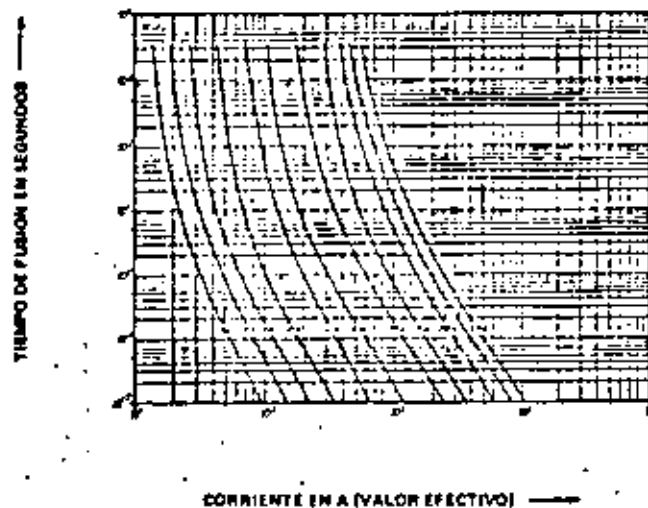


Diagrama 1: Curvas corriente tiempo.

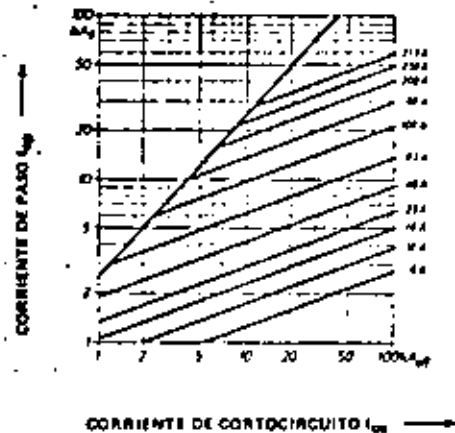


Diagrama 2: Paso de corriente.

La selectividad de los fusibles es de 1.8; por ejemplo un fusible de 100A se puede combinar con un fusible de 180A, asegurándose así que el fusible de menor intensidad se funda primero.

UN ASPECTO IMPORTANTE EN EL USO DE FUSIBLES ES PREVENIR LA OPERACION MONOFASICA DEL SISTEMA, ESTO PUEDE CREAR PROBLEMAS MUY SERIOS DE DESBALANCEO EN EQUIPOS O PROPICIAR FENOMENOS DE SOBREPENSION POR FERRORESONANCIA.

POR LA ANTERIOR RAZON, UN DISPOSITIVO DEBE HACER OPERAR EN GRUPO EL SECCIONADOR AL OPERAR UN FUSIBLE.

FUSIBLES TIPO EXPULSION.

PARA INTERRUPTIR LA FALLA SE EMPLEA UN TUBO CONFINADOR DE ARCO Y DENTRO EL ELEMENTO FUSIBLE. LA INTERRUPTION DEL ARCO SE REALIZA CON LOS PROPIOS GASES PRESURIZADOS DENTRO DEL TUBO AL SALIR HACIA UNO DE LOS EXTREMOS ABIERTOS DEL CARTUCHO.

SE USA BASICAMENTE EN EXTERIORES PARA PROTEGER CONTRA SOBRECORRIENTE (Y ALGUNOS DISEÑOS CONTRA SOBRECARGA) ALIMENTADORES PRIMARIOS DE TRANSFORMADORES, BANCOS DE CAPACITORES.

USADOS DENTRO DE GABINETES, HAY QUE TENER CUIDADO CON VENTILAR LOS GASES IONIZADOS DE MANERA TAL QUE NO CONTAMINEN LAS PARTES VIVAS INTERNAS.

FUSIBLES EN BAJA TENSION

- NO LIMITADORES DE CORRIENTE.

CLASES H Y X DE ACUERDO A NOMENCLATURA DE UNDERWRI—
TERS LABORATORIES.

CLASE H, PUEDEN SER RENOVABLES O NO. HASTA 600 A. PUEDEN TENER DOBLE ELEMENTO (INST. Y TIEMPO) O SOLO INSTANTANEO. NO TIENEN CAPACIDAD INTERRUPTIVA PERO DEBEN DE HABER SIDO PROBADOS A 10,000 A. LOS FUSIBLES RENOVABLES SON RIESGOSOS.

CLASE K. ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIBLE. IGUAL TAMAÑO CLASE H, PERO SON GARANTIZADOS A 50,000; 100,000 O 200,000 A. PUEDEN TENER ELEMENTO DE TIEMPO.

LIMITADORES DE CORRIENTE.

SU USO MAS FRECUENTE ES CUANDO LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO DISPONIBLE ESTA MAS ALLA DE LA CAPACIDAD DEL EQUIPO. SE COORDINAN CON INTERRUPTORES. LOS MAS IMPORTANTES, DE ACUERDO A CLASIFICACION DE U.L. SON LOS CLASE J. Y CLASE L.

CLASE J. HASTA 600 A. NO ES INTERCAMBIABLE CON CLASE H NI CLASE K, 200,000 A. DE C.I. LA CORRIENTE DE PICO DE FUGA Y LOS VALORES DE I^2t DEPENDEN PARA CADA CASO.

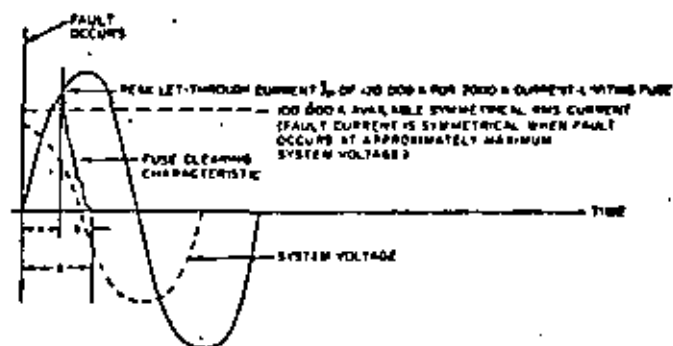
CLASE L. DE 601 A. A 6,000 A. 200,000 A. DE C.I.

APLICACION DE FUSIBLES.

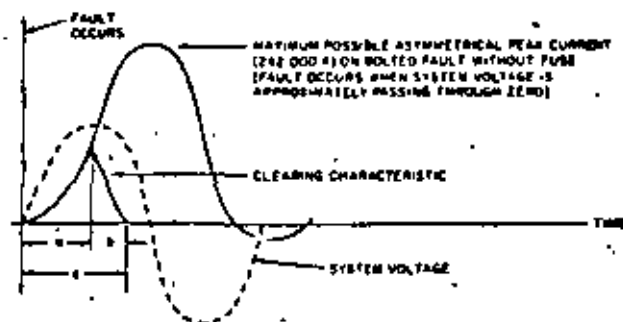
ALGUNOS CONCEPTOS BASICOS:

CORRIENTE DE PICO DE FUGA. - ES LA CORRIENTE MAXIMA INSTANTANEA QUE PASA A TRAVES DE UN FUSIBLE LIMITADOR DURANTE EL TIEMPO TOTAL DE APERTURA. DADO QUE ESTE ES UN VALOR INSTANTANEO, PODRA EXCEDER LA CORRIENTE RMS DISPONIBLE PERO SERA MENOR QUE LA CORRIENTE DE PICO DISPONIBLE SI NO HUBIERA FUSIBLE EN EL CIRCUITO.

CONCEPTO I^2t . ES LA MEDIDA DE LA ENERGIA CALORIFICA GENERADA EN UN CIRCUITO DURANTE LA FUSION O APERTURA DE UN FUSIBLE. GENERALMENTE SE DENOMINA FUSION I^2t , SIENDO I LA CORRIENTE EFECTIVA Y t EL TIEMPO. (AMP²-SEG.).



(a)



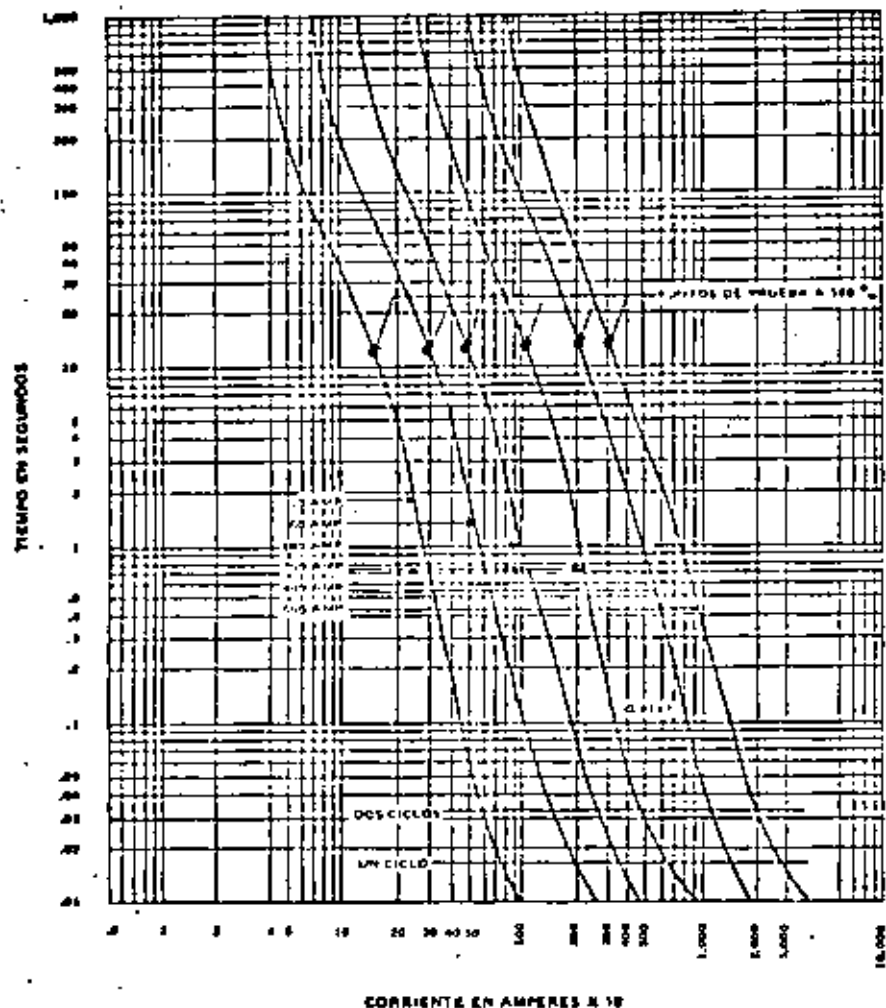
(b)

a - Melting Time
b - Arcing Time
c - Total Clearing Time

Fig 32

Typical Current Limitation Characteristics Showing Peak Let-Through and Maximum Prospective Fault Current as a Function of the Time of Fault Occurrence (100 KA Available Symmetrical rms Current)
(a) Fault Occurring at Peak Voltage. (b) Fault Occurring at Zero Voltage

Curvas Características Promedio Tiempo-Corriente - $I = 600 \text{ A} \sim 230 \text{ Volts}$



- LA CORRIENTE DE PICO DE FUGA DE LOS FUSIBLES LIMITADORES DE CORRIENTE NO DEBE SOBREPASAR EL VALOR DE LA CORRIENTE MOMENTANEA - QUE PUEDEN SOPORTAR LOS INTERRUPTORES Y TABLEROS QUE SE ENCUENTRAN DESPUES DE LOS FUSIBLES. CON ESTA PRECAUCION, LOS TABLEROS E INTERRUPTORES PUEDEN OPERAR EN SISTEMAS CON UN CORTO CIRCUITO MAS ELEVADO QUE SU CAPACIDAD.

- CUANDO SE COORDINA UN FUSIBLE CON OTRO, EL DEL LADO DE CARGA DEBE DE TENER UN VALOR $I \epsilon$ MENOR QUE EL DE LADO DE LINEA. AL APLICARSE EN UN SWITCH DE SEGURIDAD, EL FUSIBLE DEBE DE TENER UN VALOR DE $I \epsilon$ MENOR QUE EL SWITCH.

5.3.2 INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS EN CAJA MOLDEADA.

ESTOS INTERRUPTORES CONTIENEN UNA PROTECCION DE SOBRECARGA --- (TERMICA BIMETAL) PARA RESPALDO DE PROTECCION A MOTORES O EN SOBRECARGAS EN CIRCUITOS, Y UNA PROTECCION DE SOBRECORRIENTE, PARA CORTOS CIRCUITOS, MEDIANTE SU ELEMENTO INSTANTANEO (MAGNETICO).

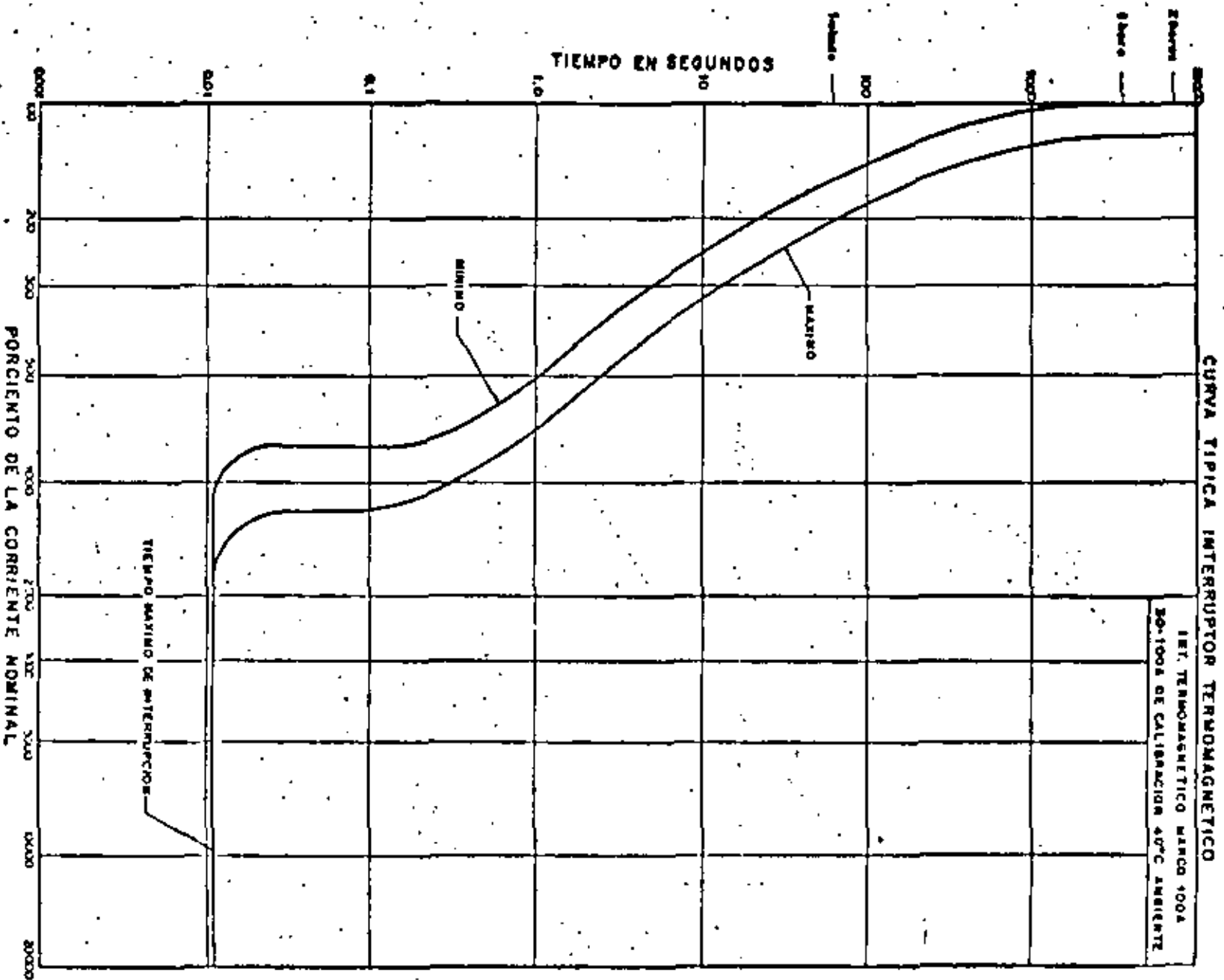
5.3.3 INTERRUPTORES ELECTROMAGNETICOS.

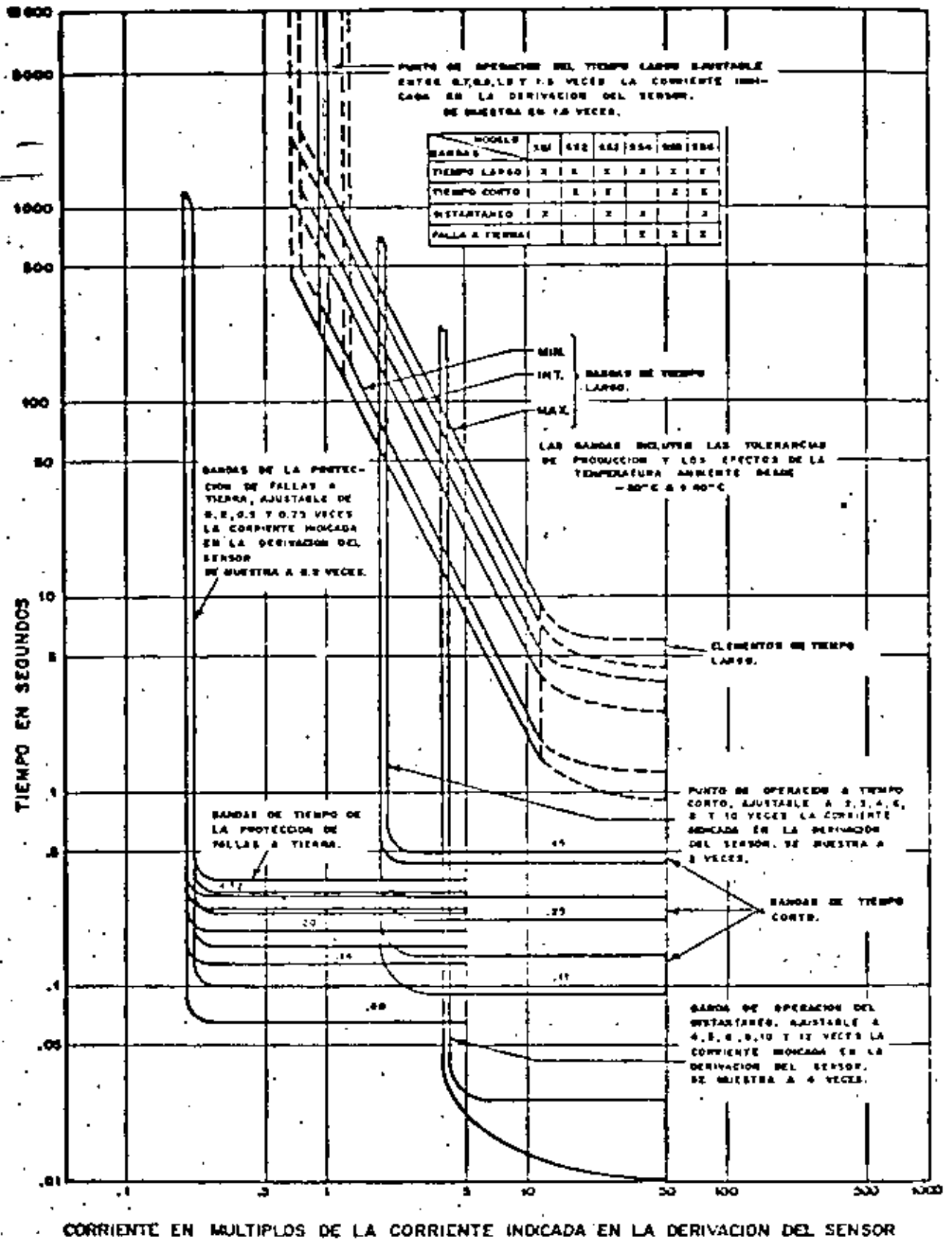
INTERRUPTORES DE MAYOR CAPACIDAD QUE LOS TERMOMAGNETICOS. MEDIANTE SENSORES DE CORRIENTE Y RELES (ULTIMAMENTE DE ESTADO SOLIDO), SE PUEDEN TENER LAS SIGUIENTES CARACTERISTICAS DE PROTECCION:

- DISPARO AJUSTABLE A 0.7, 0.9, 1.0, 1.1 Y 1.3 VECES LA CORRIENTE DEL SENSOR.

TIEMPO
LARGO

- CURVAS DE TIEMPO, MINIMA 6.5 SEG., MEDIA 19 SEG., MAXIMA 35 SEG.





CURVAS TIEMPO-CORRIENTE DE LOS RELES DE SOBRECORRIENTE TRANSISTORIZADOS TIPO 55.

TIEMPO
CORTO

-DISPARO AJUSTABLE A 2, 3, 4, 6, 8 Y 10 VECES
LA CORRIENTE DEL SENSOR.

-CURVAS DE TIEMPO, MINIMA A 7 CICLOS, MEDIA
15 CICLOS Y MAXIMA 27 CICLOS.

INSTANTANEO

DISPARO AJUSTABLE A 4, 5, 6, 9, 10 Y 12
VECES LA CORRIENTE DEL SENSOR.

FALLA A
TIERRA

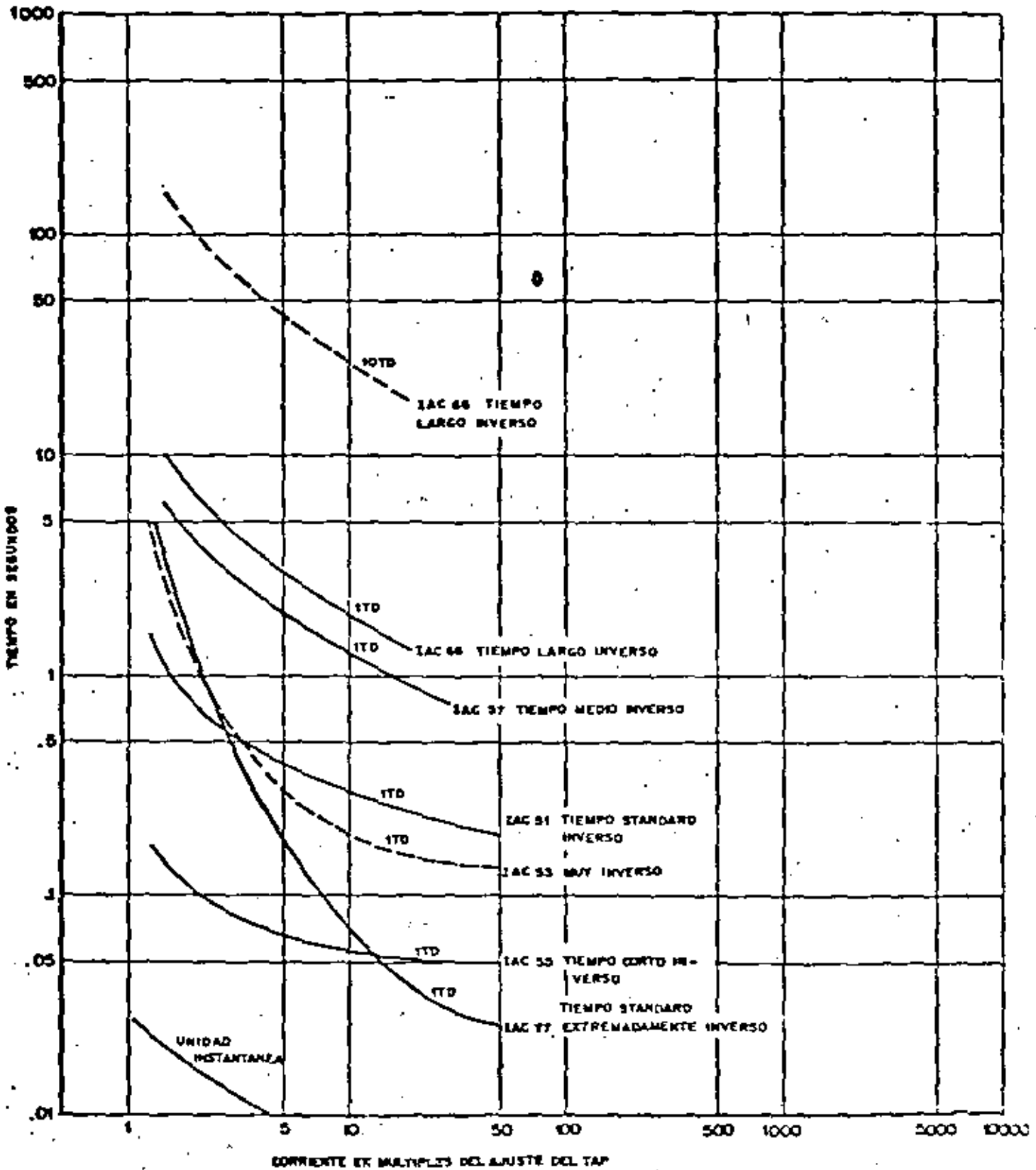
-DISPARO AJUSTABLE A 0.2, 0.5, Y 0.75 LA
CORRIENTE DEL SENSOR DE FALLA A TIERRA.

-RETARDO AJUSTABLE A 0.08 Y 0.32 SEG.

5.3.4 RELES DE SOBRECORRIENTE.

EXISTEN VARIOS TIPOS:

- TIEMPO LARGO INVERSO
- TIEMPO CORTO INVERSO
- TIEMPO MEDIO INVERSO
- TIEMPO STANDARD INVERSO
- MUY INVERSO
- EXTREMADAMENTE INVERSO.



CURVAS COMPARATIVAS TIEMPO-CORRIENTE DE LOS RELEVADORES DE INDUCCION MAS COMUNES, CON EL DISPARO INSTANTANEO. (TD = AJUSTE DE TIEMPO)

EN SISTEMAS INDUSTRIALES LOS MAS FRECUENTEMENTE USADOS SON -
LOS DE TIEMPO STANDARD INVERSO (IAC 51) Y DE TIEMPO STANDARD MUY IN-
VERSO (IAC 53).

EL RELE DE TIEMPO INVERSO ES MEJOR QUE EL DE TIEMPO MUY IN-
VERSO DONDE HAY UNA AMPLIA VARIACION DE NIVELES DE CORRIENTE DE COR-
TO CIRCUITO, DEBIDO AL CAMBIO DE FUENTES DE POTENCIA EN USO.

EL DE CURVA MUY INVERSA ES ADECUADO EN SISTEMAS DE DISTRIBU-
CION ALIMENTADOS POR GRANDES SISTEMAS DE POTENCIA, DEBIDO A QUE EN
FALLAS PEQUEÑAS ES LENTO, MAS ES RAPIDO EN ALTOS VALORES DE FALLA.

UNA VEZ SELECCIONADO EL MODELO DE RELEVADOR, SIGUE ESCOGER -
LOS RANGOS DE CORRIENTE DE LOS ELEMENTOS DE TIEMPO INVERSO E INSTAN-
TANEO. LOS BAJOS RANGOS, COMO EL DE 0.5-2 A. PUEDEN SER USADOS DON-
DE UNA BAJA CORRIENTE DE PICK-UP SE REQUIERA, COMO ES EL CASO DE --
LAS CORRIENTES DE TIERRA O DE NEUTRO.

PARA PROTECCION DE FASE SE RECOMIENDA EL RANGO DE 2-16 A. EN

EL RELEVADOR TIENE "TAPS". PARA EL RANGO 2-16 A., POR EJEM-
PLO, ESTOS SON:

RANGO	TAPS DISPONIBLES
2-16	2.0, 2.5, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0, 10.0, 12.0, 16.0

LAS CURVAS TAMBIEN SE PUEDEN MOVER VERTICALMENTE.

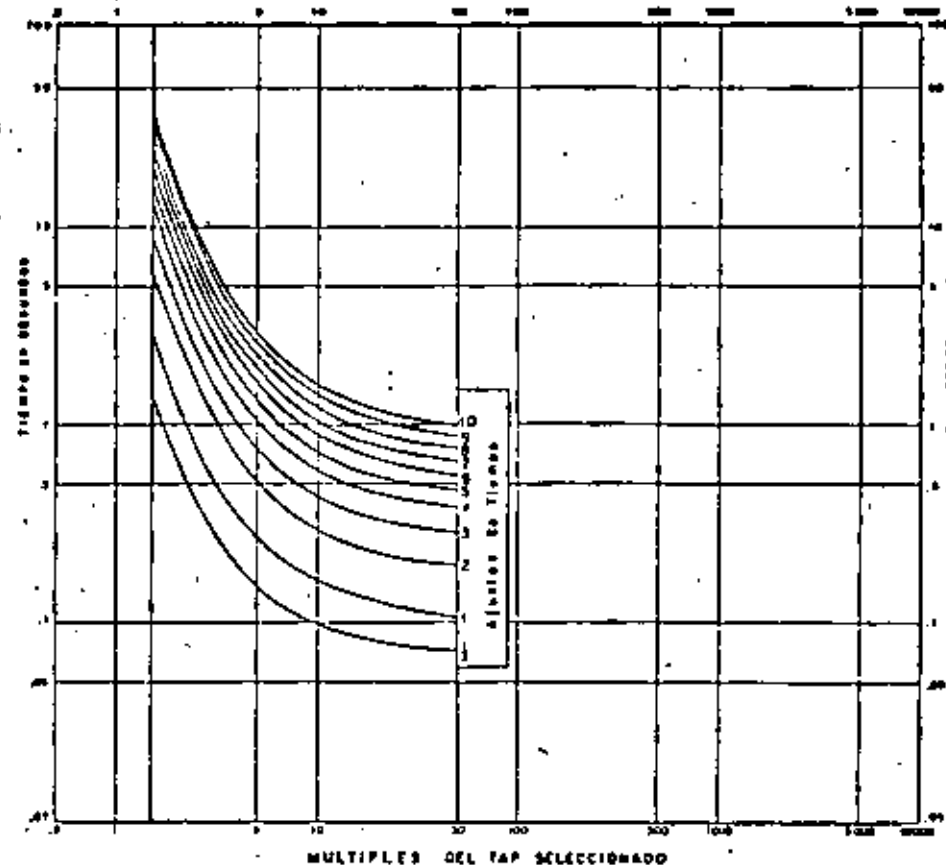


FIG. No. 34 CARACTERISTICAS TIEMPO-CORRIENTE PARA EL RELEVADOR IAC 53

5.4 REQUERIMIENTOS DE PROTECCION DE LOS ELEMENTOS PRINCIPALES DE UN SISTEMA ELECTRICO INDUSTRIAL.

ES NECESARIO ESTABLECER LOS LIMITES DE VALORES DE CORRIENTE, INFERIORES Y SUPERIORES EN EL QUE TRABAJA EL EQUIPO, Y UN BUEN METODO ES ESTABLECIENDO:

- 1.- CONDICIONES DE OPERACION.
- 2.- REQUERIMIENTOS MINIMOS DE PROTECCION.
- 3.- NIVELES DE CORRIENTE MAXIMOS QUE PUEDEN SOPORTAR LOS EQUIPOS (ANTES DE DAÑARSE).

5.4.1 CONDICIONES DE OPERACION.

- LAS PROTECCIONES DEBEN SER INSENSIBLES A LAS CORRIENTES NORMALES, COMO POR EJEMPLO:

- CORRIENTES A PLENA CARGA
- SOBRECARGAS PERMISIBLES
- ARRANQUE DE MOTORES
- CORRIENTES TRANSITORIAS (INRUSH)

ESTOS DATOS PUEDEN OBTENERSE DE LOS FABRICANTES DE EQUIPO, EN LAS PLACAS DE LOS APARATOS O EN LOS VALORES DE NORMAS.

CUANDO NO SE DISPONGA DE DATOS, LAS SIGUIENTES APROXIMACIONES SON NORMALMENTE ADECUADAS:

- MOTORES:

UN H.P. ES APROXIMADAMENTE IGUAL A UN KVA PARA MOTORES DE INDUCCION Y F.P. DE 0.8. EN MOTORES SINCRONOS CON F.P. DE LA UNIDAD, UN H.P. ES IGUAL A 1.25 KVA.

FACTOR DE SERVICIO DE 1. POR LO TANTO NO HAY CAPACIDAD PARA SOBRECARGARLO.

CORRIENTE TRANSITORIA DE INRUSH IGUAL A 1.76 PARA M.T. Y 1.5 PARA MOTORES EN R.T., VECES LA CORRIENTE A ROTOR BLOQUEADO, CON UNA DURACION DE 0.1 SEGUNDOS.

CORRIENTE DE ROTOR BLOQUEADO IGUAL A 6 VECES CORRIENTE A PLENA CARGA EN MOTORES DE INDUCCION. PARA MOTORES SINCRONOS CON CARGAS DE BAJA INERCIA, ESTE VALOR ES 6 VECES. CON CARGAS DE ALTA INERCIA, LA CORRIENTE DE ROTOR BLOQUEADO SERA DE 9 VECES. EL TIEMPO DE DURACION ES DE 5 A 30 SEGUNDOS, DEPENDIENDO DE LA INERCIA DE LA CARGA.

TRANSFORMADORES.

CAPACIDAD DE SOBRECARGA. DEPENDE DEL TIPO DE ENFRIAMIENTO USADO.

TIPO	KVA	ENFRIAMIENTO		TEMPERATURA	
		TIPO	FACTOR	ELEVACION	FACTOR
SECO	≤2500	AA	1.0	150°C	1.0
		FA	1.3		
LIQUIDO, TIPO CENTRO DE CARGA	≤2500	OA	1.0	55/65°C	1.12
				65°C	1.0
	≤500	FA	1.0	55/65°C	1.12
				65°C	1.0
	≥500	FA	1.15	55/65°C	1.12
				65°C	1.0
	≤2000	FA	1.25	55/65°C	1.12
				65°C	1.0
≥2000	FA	1.25	55/65°C	1.12	
			65°C	1.0	
LIQUIDO, SUBESTACI ON PRIMARIA	OA	1.0	55°C	1.0	
			55/65°C	1.12	
	FA	1.33	55°C	1.0	
			55/65°C	1.12	
	FOA	1.67	55°C	1.0	
			55/65°C	1.12	

DE LO ANTERIOR, SE PUEDE ESTABLECER QUE LA CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR ES LA CORRIENTE A PLENA CARGA MULTIPLICADA POR EL FACTOR DE ENFRIAMIENTO Y POR EL FACTOR DE ELEVACION DE TEMPERATURA.

CORRIENTE DE INRUSH POR MAGNETIZACION:

- + 12 VECES AMPERS A PLENA CARGA PARA TRANSFORMADORES TIPO SUBESTACION Y PEDESTAL.
- + 8 VECES AMPERS A PLENA CARGA PARA UNIDADES TIPO CENTRO DE CARGA.
- + 8-25 VECES PARA TRANSFORMADORES TIPO SECO PARA DISTRIBUCION EN BAJA TENSION.

CABLE

LA CAPACIDAD DE SOBRECARGA DEPENDE DEL TIPO DE INSTALACION. LAS TABLAS DE CONDUCTORES EN EL NATIONAL ELECTRIC CODE SIRVEN DE GUIA.

5.4.2. REQUERIMIENTOS MINIMOS DE PROTECCION.

LOS CODIGOS Y STANDARDS LIMITAN LOS AJUSTES DE LOS EQUIPOS DE PROTECCION.

MOTORES

PARA MOTORES ARRIBA DE 600 VOLTS, EL NEC. EN SU ARTICULO 430, PARTE J, REQUIERE QUE CADA MOTOR SEA PROTEGIDO CONTRA SOBRECARGAS PELIGROSAS MEDIANTE PROTECCION TERMICA INTERNA O EXTERNA. LA PROTECCION CONTRA CORRIENTES DE FALLA ES MEDIANTE INTERRUPTORES O FUSIBLES.

PARA MOTORES ABAJO DE 600, EL N.E.C. REQUIERE EN SU ARTICULO 430, PARTE C, LO SIGUIENTE: PROTECCION CONTRA SOBRECARGA.

MOTORES PARA FACTOR DE SERVICIO

NO MENOR A 1.15 ————— 125%

MOTORES CON ELEVACION DE TEMPERATURA

NO MAYOR A 40°C ————— 125%

TODO EL RESTO DE MOTORES — 115%

PARA PROTECCION DE SOBRECORRIENTE, EL N.E.C. REQUIERE UN DISPOSITIVO DE VALOR NOMINAL O AJUSTADO A:

TIEMPO INVERSO EN INTERRUPTOR ————— 350%

DISPARO INSTANTANEO EN INTERRUPTOR ————— 700%

FUSIBLES SIN RETARDO DE TIEMPO ————— 300%

FUSIBLES DE DOBLE ELEMENTO, CON RETARDO DE TIEMPO — 175%

SI EL PROTECTOR CONTRA C.C. FORMA PARTE DE UNA COMBINACION - INTERRUPTOR-ARRANCADOR, SE PUEDE ELEVAR EL VALOR DE AJUSTE INSTANTANEO, PERO A NO MAS DE 1300%.

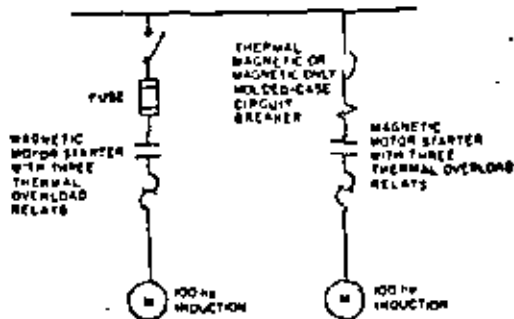


Fig 29
Motor Protection Acceptable to the NEC

TRANSFORMADORES.

LA SIGUIENTE TABLA RESUME LAS CARACTERISTICAS DE PROTECCION.

IMPEDANCIA	LADO PRIMARIO			LADO SECUNDARIO		
	TENSION	INTERRUPTOR	FUSIBLE	>600 V		<600 V
				INTERRUPTOR	FUSIBLE	
TODAS	>600 V	≤ 3x	≤ 1.5x	NO DEFINIDO	NO DEFINIDO	NO DEFINIDO
≤ 6 %		≤ 6x	≤ 3x	≤ 3x	≤ 1.5x	≤ 2.5x
>6-10%		≤ 4x	≤ 2x	≤ 2.5x	≤ 1.25x	≤ 2.5x
TODAS	<600 V	≤ 1.25x	≤ 1.25x			NO
≤ 6 %		≤ 2.5x	≤ 2.5x			≤ 1.25x
> 6 % <10%		≤ 6x	≤ 6x			PTI
		≤ 4x	≤ 4x			

PTI : PROTECCION TERMICA INTERNA

5/28

CABLES

EL N.E.C. REQUIERE QUE LOS CABLES SEAN PROTEGIDOS CONTRA SOBRECORRIENTES COMO SIGUE:

CABLE ALIMENTADOR, TENSION MEJOR O IGUAL A 600 V., DENTRO DE SU AMPACIDAD (ARTICULO 240-3).

CABLE ALIMENTADOR ARRIBA DE 600 VOLTS. UN FUSIBLE SELECCIONADO PARA UNA CORRIENTE PERMANENTE QUE NO EXCEDA 3 VECES LA AMPACIDAD DEL CONDUCTOR, O UN INTERRUPTOR QUE TENGA UN AJUSTE DE DISPARO DE NO MAS DE 6 VECES LA AMPACIDAD DEL CONDUCTOR (ARTICULO - 240-100).

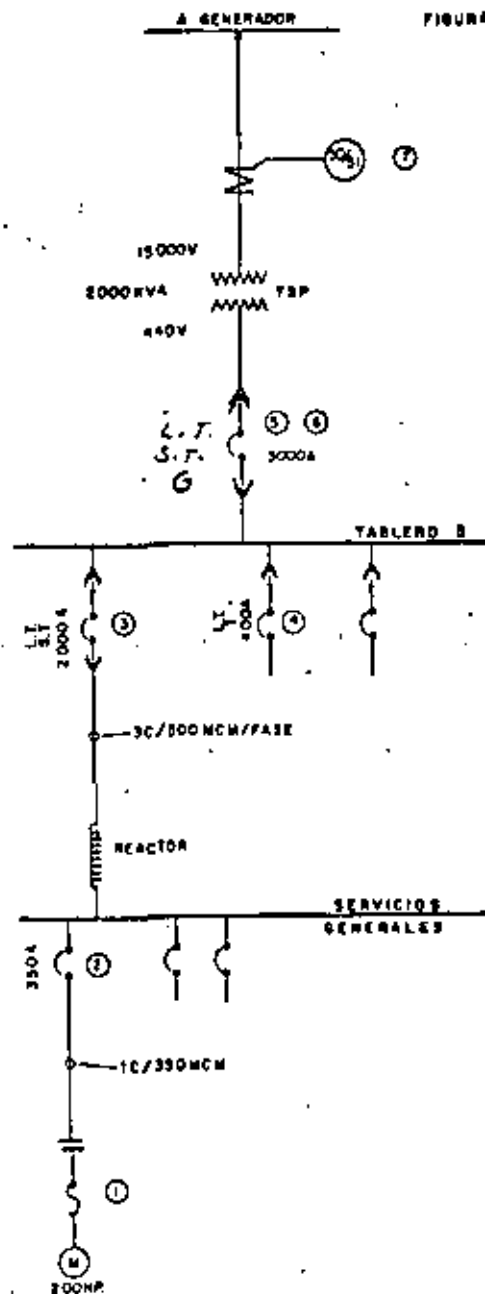
5.4.3 NIVELES DE CORRIENTE MAXIMOS QUE PUEDEN SOPORTAR - LOS EQUIPOS.

MOTORES. ES EL TIEMPO EN QUE UN MOTOR PUEDE PERMANECER - CON EL ROTOR BLOQUEADO.

TRANSFORMADORES. SE DENOMINA COMO EL PUNTO ANSI (ANSI - C57.12.00, 1973). ESTE PUNTO IDENTIFICA LOS REQUERIMIENTOS DE DISEÑO MEDIANTE LOS CUALES LOS DEVANADOS PUEDEN SOPORTAR, SIN DAÑO, LOS ESFUERZOS MECANICOS Y TERMICOS CAUSADOS POR LOS CORTOS CIRCUITOS. LA TABLA SIGUIENTE RESUME ESTOS VALORES.

DETERMINACION DEL PUNTO ANSI

Σ Z	CORRIENTE RMS SIMETRICA EN CUALQUIER DEVIADO		PERIODO DE TIEMPO (SEGUNDOS)
	CONEXION Δ Δ Δ Y Y	CONEXION Δ Y	
4.0 MENOS	25x	14.5x	2.0
5	20x	11.6x	3.0
5.25	19x	11.0x	3.25
5.50	18.2x	10.5x	3.50
5.75	17.4x	10.1x	3.75
6.0	16.6x	9.6x	4.0
6.50	15.4x	8.9x	4.50
7.0	14.3x	8.3x	5.0
8.0	12.5x	7.3x	5.0



- 1.- ELEMENTOS TERMICOS 270 A
- 2.- TERMOMAGNETICO 350 A
- 3.- ELECTROMAGNETICO BANDA L.T. Y B.T.
- 4.- ELECTROMAGNETICO BANDA L.T., I
- 5.- ELECTROMAGNETICO PROTECCION FASE, S.I. Y L.T.
- 6.- BANDA DE TIERRA
- 7.- RELÉ 80/81 IACR.B.

EJEMPLO DE APLICACION DE PROTECCIONES Y COORDINACIONPASO N° 1. CORRIENTES NORMALES DE OPERACION.A) MOTOR DE BOMBA, 200 H.P.

$$\text{CORRIENTE PLENA CARGA} = \frac{200}{\sqrt{3} (0.44)} = 262 \text{ A}$$

(CPC) (1 HP = 1 KVA)

CORRIENTE ROTOR BLOQUEADO (CRB)
6 VECES LA CORRIENTE A PLENA CARGA Y SE ASUMEN 8 SE--
GUNDOS DE DURACION.

$$\text{CRB} = 6 \times \text{CPC} = 1574 \text{ A.}$$

MAXIMA CORRIENTE DE ARRANQUE (MCA)

1.5 VECES CRB DURANTE 0.1 SEG.

$$\text{MCA} = 1574 \times 1.5 = \underline{2597 \text{ A.}}$$

B) CORRIENTES ADICIONALES EN EL TABLERO DE SERVICIOS GE--
NERALES, DEBIDO A OTRAS CARGAS:

$$\text{CORRIENTES ADICIONALES} = 1353 \text{ A.}$$

$$\text{C.P.C. BOMBA N° 1} = \underline{262}$$

$$\text{TOTAL ALIMENTADOR A} = 1615 \text{ A.}$$

SERVICIOS GENERALES

C) CORRIENTE EN TABLERO 5 SERVICIOS PROPIOS.

$$\text{ALIMENTADOR SERVICIOS GENERALES} \quad 1615 \text{ A.}$$

$$\text{CORRIENTE ADICIONAL} \quad \underline{800 \text{ A.}}$$

$$\text{TOTAL} \quad 2415 \text{ A.}$$

D) TRANSFORMADOR DE SERVICIOS PROPIOS.

$$\text{ALTA} : \frac{2000}{\sqrt{3} \cdot 15} = 77 \text{ A.}$$

$$\text{BAJA} : \frac{2000}{\sqrt{3} \cdot 0.44} = 2624 \text{ A.}$$

LA CORRIENTE DE MAGNETIZACION (INRUSH) SE CONSIDERA -
8 VECES LA CORRIENTE A PLENA CAPACIDAD Y SU DURACION ES DE 0.1
SEG.

CORRIENTE DE MAGNETIZACION TRANSITORIA (CMT) =

$$= 8 \times I_n = 8 \times 77$$

$$\text{CMT} = \underline{616 \text{ A, DURACION 0.1 SEGUNDOS.}}$$

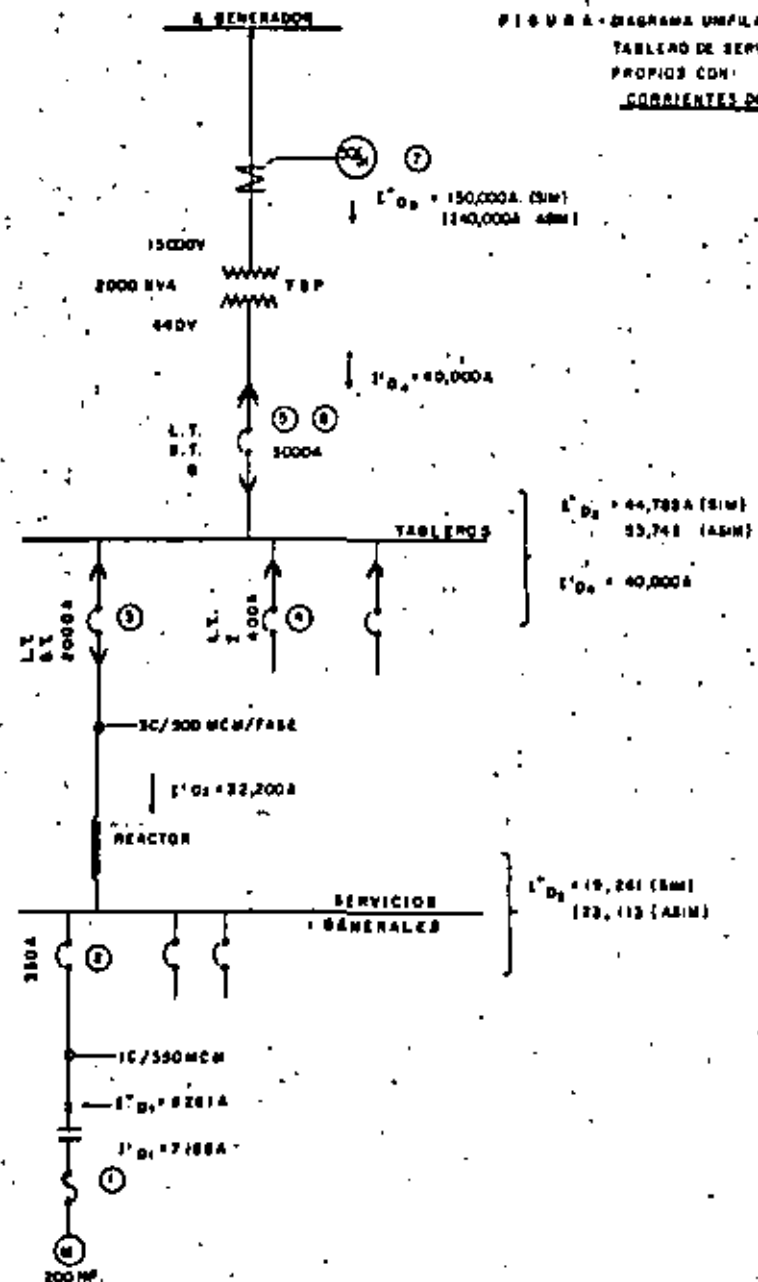
PASO N° 2. CALCULO DE CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO.

ESTAS FUERON CALCULADAS POR SEPARADO Y SE MUESTRAN EN EL DIAGRAMA UNIFILAR ANEXO.

DE ACUERDO CON LA VELOCIDAD DE RELES O LA DEL EQUIPO DE DESCONEXION, SE DEBE CONSIDERAR SI SE TOMA EN CUENTA LA CORRIENTE SUBTRANSITORIA O TRANSITORIA.

APARATO DE PROTECCION	CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO QUE SE DEBE CONSIDERAR.
BANDA INSTANTANEA EN ELECTROMAGNETICOS, INSTANTANEA EN TERMO-MAGNETICOS Y RELES -- 50/51	I''_D ASIMETRICA (SUBTRANSITORIA)
BANDAS DE TIEMPO CORTO Y TIERRA EN ELECTROMAGNETICOS.	I''_D
UNIDAD DE TIEMPO RELE 50/51	(TRANSITORIA)

FIGURA - DIAGRAMA UNIFILAR DE TABLERO DE SERVICIOS PROPIOS CON CORRIENTES DE FALLA



PASO N° 3. DETERMINACION DE REQUERIMIENTOS DE PROTECCION EN EQUIPOS.

A) MOTOR DE LA BOMBA.

SOBRECARGA. COMO SE TRATA DE UN MOTOR CON UN FACTOR DE SERVICIO DE 1.15, LA SOBRECARGA MAXIMA ES A 25%. POR LO TANTO, EL VALOR "NEC" DE SOBRECARGA:

$$NEC-OL = CPC \times 1.25 = 262 \times 1.25$$

$$NEC-OL = 327 \text{ A.}$$

SOBRECORRIENTE. COMO EL PROTECTOR ES UN TERMOMAGNETICO, SE DEBE TENER 250% DE I_N COMO MAXIMO PARA LA CURVA DE TIEMPO INVERSO Y 1300% PARA EL ELEMENTO INSTANTANEO, POR LO QUE:

$$NEC-OC_1 = CPC \times 2.5 = 262 \times 2.5$$

$$NEC-OC_1 = \underline{655} \text{ A.}$$

$$NEC-OC_2 = CPC \times 13 = 262 \times 13$$

$$NEC-OC_2 = \underline{3400} \text{ A.}$$

B) CABLES.

LOS CABLES DEBERAN DE PROTEGERSE CONTRA LOS DAÑOS POR LA ELEVACION DE TEMPERATURA QUE SE PRESENTA DURANTE UN CORTO CIRCUITO, PROCURANDOSE LIMITAR ESTE DAÑO A UNA REDUCCION DE 1% EN LA VIDA UTIL DEL CABLE PARA CADA FALLA. LA ASOCIACION ESTADOUNIDENSE "INSULATED POWER CABLE ENGINEERS ASSOCIATION" (IPCEA) RECOMIENDA UNA SERIE DE TEMPERATURAS MAXIMAS QUE SE DEBEN DE ALCANZAR DEPENDIENDO DEL TIPO DE AISLAMIENTO DEL CABLE. LA SIGUIENTE TABLA NOS PROPORCIONA UNA IDEA DE LOS LIMITES DE TEMPERATURA QUE PUEDEN SOPORTAR LOS DISTINTOS TIPOS DE CABLES.

DESIGNACION N.E.C.	MAXIMA TEMPERATURA CONTINUA (°C)	MAXIMA TEMPERATURA TRANSITORIA EN EL CONDUCTOR (°C)
XHHW, RHH, RHW (600V-5KV SOLO)	90	250
XHHW (SOLO 600V)	90	250
RHW (SOLO 600V) RHH	75	200
THW, THWN (600V) PVC	75 90	150 150
POLIETILENO, THHN	75	150

CONOCIDOS LOS LIMITES DE TEMPERATURA, CON LAS SIGUIENTES FORMULAS SE PUEDE DETERMINAR LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO -- QUE LAS PRODUCE:

$$\left(\frac{I}{CM}\right)^2 t = 0.0297 \log_{10} \frac{T_2 + 234}{T_1 + 234}$$

(CONDUCTORES DE COBRE)

$$\left(\frac{I}{CM}\right)^2 t = 0.0125 \log_{10} \frac{T_2 + 228}{T_1 + 228}$$

(CONDUCTORES DE ALUMINIO)

DONDE:

I = AMPERES RMS DURANTE TODO EL INTERVALO DE FLUJO DE CORRIENTE.

t = DURACION DEL FLUJO DE C.C. EN SEGUNDOS

CM = SECCION DEL CONDUCTOR EN CIRCULAR MILS

T₁ = TEMPERATURA INICIAL DEL CONDUCTOR (°C)

T₂ = TEMPERATURA FINAL DEL CONDUCTOR (°C)

PARA EL ESTUDIO DE COORDINACION SE PONEN COMO DATOS T₁ Y T₂ (75° Y 150°C PARA LOS CABLES DE ESTE ESTUDIO, THW) Y DE -- ANI SE DIBUJA LA CURVA TIEMPO-CORRIENTE DEL CABLE EN PARTICULAR SOBRE EL PAPEL LOG - LOG.

LOS BUSES TIENEN TAMBIEN UN CIERTO LIMITE DE TEMPERATURA AL QUE DEBEN CALENTARSE EN EL CASO DE UN CORTO CIRCUITO, Y ESTE ESTA DADO POR LA SIGUIENTE FORMULA:

$$I = 1974 A \sqrt{\frac{\log_{10} \left(\frac{T_M - T_A}{234 + T_A} + 1 \right)}{33 S}}$$

EN DONDE:

- I = CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO EN AMPERS.
- A = SECCION TRANSVERSAL DE LAS BARRAS EN MM²
- T_M = TEMPERATURA DE FUSION DEL COBRE (1083°C)
- T_A = TEMPERATURA AMBIENTE (°C)
- S = DURACION DEL CORTO CIRCUITO EN SEGUNDOS.

C) TRANSFORMADOR DE 2000 KVA

DE ACUERDO A LA TABLA DE LA PAGINA 5-27, EL TRANSFORMADOR QUE TIENE UNA IMPEDANCIA MENOR AL 6% DEBE SER PROTEGIDO A 600% DEL LADO PRIMARIO Y A 250% EN EL LADO SECUNDARIO.

$$NEC-T_1 = I_p \times 6 = 77 \times 6 = \underline{462 A}$$

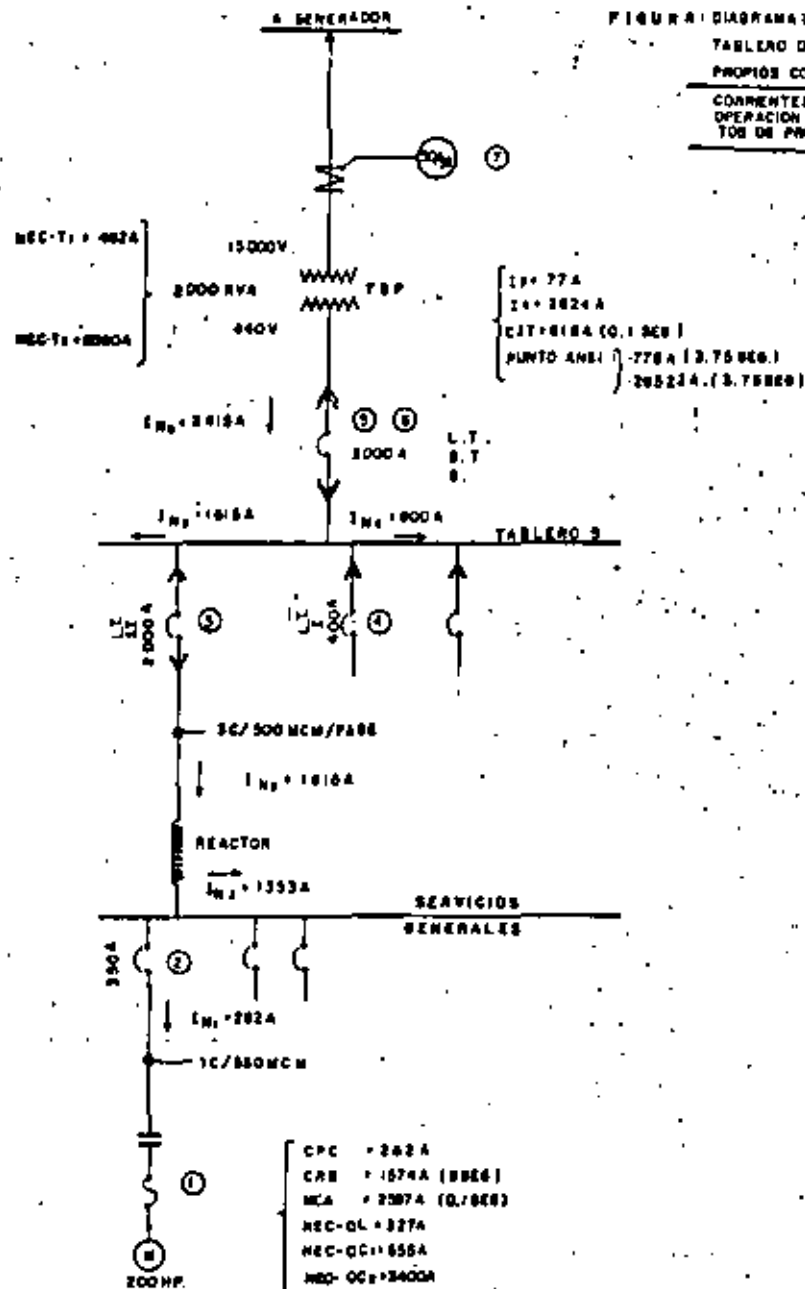
$$NEC-T_2 = I_s \times 2.5 = 2624 \times 2.5 = \underline{6560 A.}$$

EL PUNTO ANSI SE DETERMINA EN BASE A LA TABLA DE LA PAGINA 5-30, Y COMO SE TRATA DE UNA IMPEDANCIA DE 5.75%, ESTE SERA DE 10.1 X Y 3.75 SEGUNDOS (CONEXION DELTA ESTRELLA), POR LO -- QUE

$$\text{PUNTO ANSI} = 10.1 \times 77 = 778 A. \\ (3.75 \text{ SEGUNDOS})$$

FIGURA: DIAGRAMA UNIFILAR DE
TABLERO DE SERVICIOS
PROPIOS CON:

CORRIENTES NORMALES DE
OPERACION Y REQUERIMIENTOS
DE PROTECCION



PASO N° 4. ELABORACION DE CURVAS TIEMPO CORRIENTE.

A) CURVA TIEMPO CORRIENTE N° 1

MUESTRA LA PORCION DEL CIRCUITO MAS ALEJADA DE LA FUENTE, INCLUYENDO:

MOTOR DE 200 HP, CON SU PERFIL DE OPERACION (MCA, CRB, CPC Y DURACION). SE MUESTRA TAMBIEN LOS REQUERIMIENTOS NEC-OL Y NEC-OC.

CABLE DE 350 MCM. SE TRAZA SU CURVA DETERMINANDO DOS PUNTOS DE ELLA:

$$\left[\frac{I}{CM} \right]^2 \cdot t = 0.0297 \log_{10} \frac{T_2 + 234}{T_1 + 234}$$

$$T_1 = 75^\circ C$$

$$T_2 = 150^\circ C$$

PARA $t = 0.01$ SEG.

$$I = 185,297 \text{ AMPERS}$$

PARA $t = 0.1$ SEG.

$$I = 58,596$$

ELEMENTO TÉRMICO PARA PROTECCION DE SOBRECARGA AL MOTOR, TIPO CR224 DE GE, 270 A, AJUSTADO AL 100%. QUEDA ENTRE LA C. P.C. Y EL VALOR MEC-OL.

INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO DE 350 A., SIN AJUSTE TÉRMICO Y CON AJUSTE MAGNETICO A $3500 \pm 10\%$ AMPERS; ESTE VALOR COINCIDE CON EL VALOR MEC-OC₂. LA CURVA DEL INTERRUPTOR SE CORTA EN 23,113 A QUE ES EL CORTO CIRCUITO ASIMETRICO EN EL TABLERO DE SERVICIOS GENERALES.

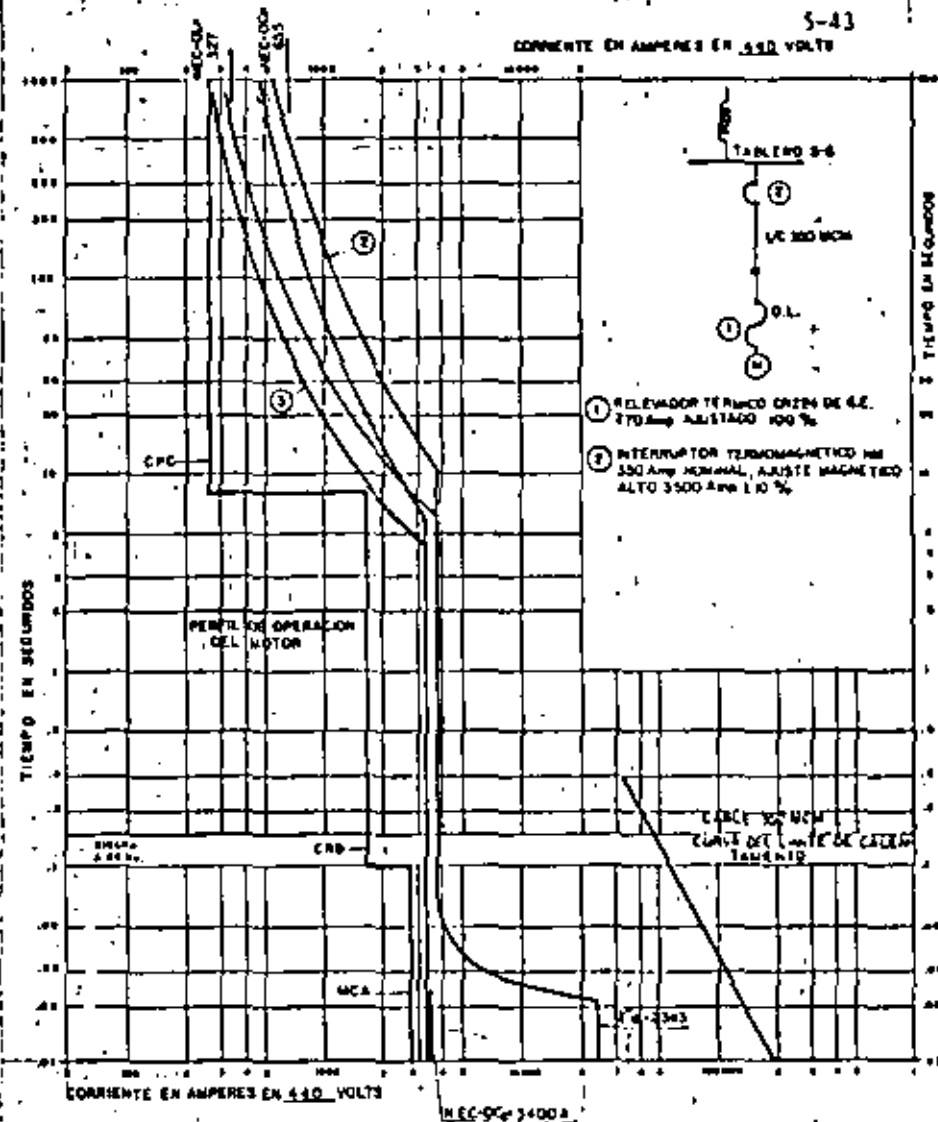
b) CURVA T.C. Nº 2

SE MUESTRA LA COORDINACION ENTRE EL INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 2 Y EL RELEVADOR DE ESTADO SOLIDO DEL ELECTROMAGNETICO 3. ESTE DIBUJO CONTIENE:

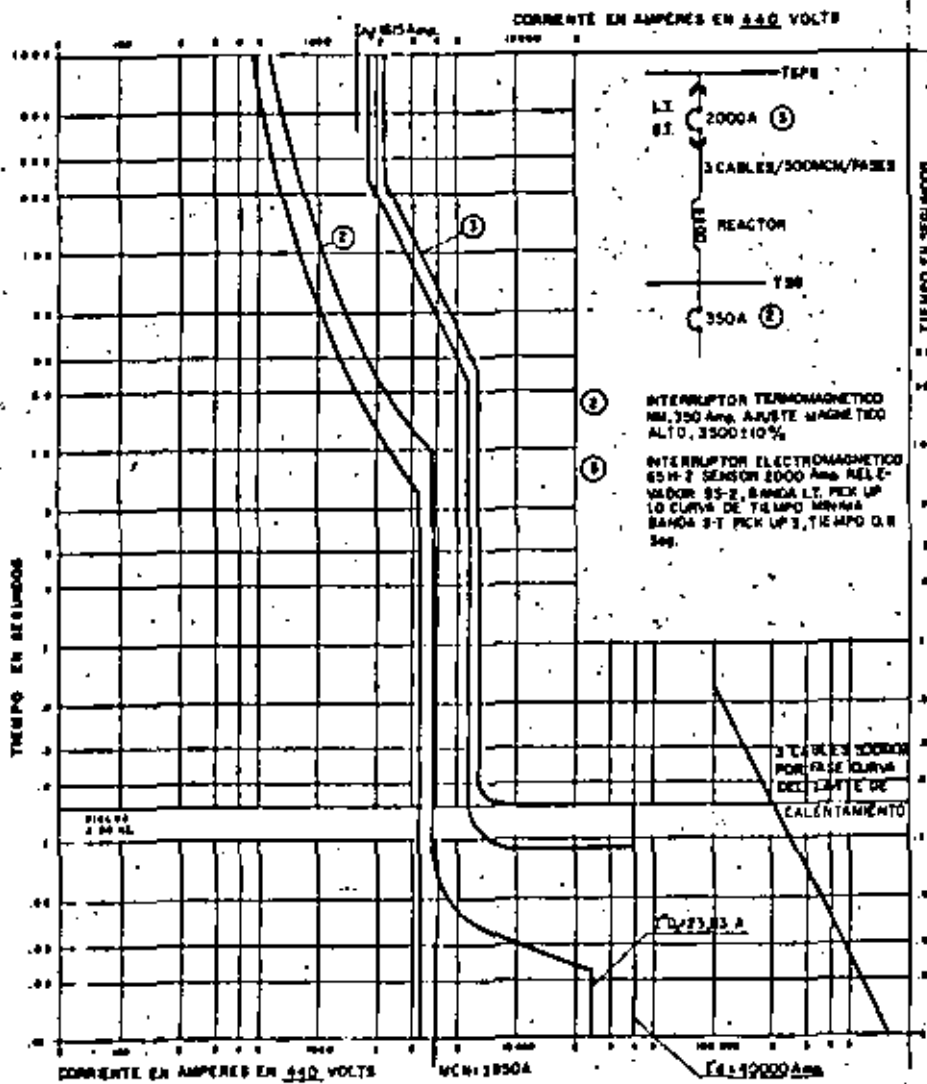
- INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 350 A.
- LIMITE DE CALENTAMIENTO DE 3 CABLES DE 500 MCM (1500 MCM)
- INTERRUPTOR ELECTROMAGNETICO, SENSOR A 2000 A., BANDA DE TIEMPO LARGO (L.T.) AJUSTADA A 1.0 LA CORRIENTE DEL SENSOR Y TIEMPO MINIMO; SE BUSCA ESTAR A LA DERECHA DE I_{N3} . BANDA DE TIEMPO CORTO, AJUSTADA A 3 VECES (6000A) Y CURVA DE 0.11 SEG.; SE PROCURA ESTAR A LA DERECHA DE $I_{N2} + MCA$ (3950 A). ESTA CURVA SE CORTA EN $I_{04} = 40,000$ A.

c) CURVAS TIEMPO CORRIENTE Nº 3

SE REFIEREN A LA COORDINACION ENTRE LOS INTERRUPTORES -- ELECTROMAGNETICOS DERIVADOS Y EL PRINCIPAL DEL TABLERO Nº 5 DE SERVICIOS PROPIOS.

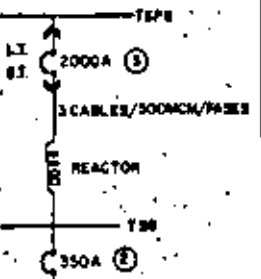


CURVAS TIEMPO-CORRIENTE		Nº
CURVAS	MOTOBOMBA DESAGUE ALIMENTADOR, TERMOMAG-	1
TIEMPO-CORRIENTE	METCO EN TABLERO DE SERVICIOS GENERALES	FECHA
Nº 1		DIBUJADO POR
		COMPONENTE
		LOCALIZACION



CORRIENTE EN AMPERES EN 440 VOLTS

TIEMPO EN SEGUNDOS



② INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO NM, 3500 Amp. AJUSTE MAGNETICO ALTO, 3500/110%
 ③ INTERRUPTOR ELECTROMAGNETICO 65M-2 SENSOR 2000 Amp. REL. VALOR 85-2, BANDA L.T. PICK UP 1.0 CURVA DE TIEMPO MINIMA BANDA S-T PICK UP 3, TIEMPO 0.25

3 CABLES 3000CM POR FASE PARA LA CURVA DE CALENTAMIENTO

53,742 A

CURVAS TIEMPO-CORRIENTE No 2	CURVAS TIEMPO-CORRIENTE		No. 2
	COORDINACION ENTRE INT. TERMOMAGNETICO DE BOMBA DE DESABUE E INT. ELECTROMAGNETICO		FECHA
	025 88		DISEÑADO POR
			COMPONENTE INT. 625 34
			LOCALIZACION TAB. 53P

INTERRUPTOR DERIVADO, 400 AMPERES (Nº 4). BANDA INSTANTANEA SE AJUSTA AL VALOR MAXIMO, 12 X = 4800 AMPERES, CON OBJETO DE TENER CIERTA SELECTIVIDAD CON LOS INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS DEL TABLERO QUE ESTE INTERRUPTOR ALIMENTA. EN FALLAS MENORES A 4800 A., OPERAN LOS TERMOMAGNETICOS Y SI ESTA ES MAYOR, OPERAN TANTO PRINCIPAL COMO DERIVADOS. ESTA PORCION INSTANTANEA DE LA CURVA SE CORTA A 53,742 A., VALOR DE LA FALLA TRIFASICA ASIMETRICA EN ESE PUNTO. LA BANDA L.T. SE AJUSTA A 1.0X, CURVA MINIMA.

INTERRUPTOR PRINCIPAL, 3000 AMPERES, DISPOSITIVO DE PROTECCION DE FASE Nº 5. DEBE PROTEGER AL TRANSFORMADOR, Y SU BANDA L.T. DEBE QUEDAR A LA IZQUIERDA DE 250% DE I_S (6560 AMPERES).

-DEBE PERMITIR QUE EL TRANSFORMADOR LLEVE SU PLENA CAPACIDAD EN FORMA PERMANENTE, (2624 A.).

-DEBE PROTEGER A LAS BARRAS COLECTORAS, DE 3000 A.

-DEBE COORDINARSE CON LOS DISPOSITIVOS 3 Y 7

SE ESCOGE UN PICK-UP DE 1.0 Y LA CURVA MINIMA PARA LA BANDA L.T. LA BANDA DE TIEMPO CORTO SE AJUSTA A LA DERECHA DE LA BANDA S.T. DEL DISPOSITIVO Nº 3; SE ESCOGE 3X = 9000 A. Y UN AJUSTE DE TIEMPO DE 0.25 SEG. LA CURVA SE CORTA A 40,000 AMPERS, VALOR DE LA CORRIENTE TRANSITORIA I'_{D4}

BANDA DE TIERRA, G.

TIENE POR OBJETO PROTEGER CONTRA FALLAS DE ARQUEO.

LA FALLA PROBABLE MINIMA DE ARQUEO ES EL 19% DE LA FALLA TRIFASICA:

$$I_{ARC} = 0.19 \times 51,000 \quad (\text{EL VALOR DE FALLA ESTA TOMADO DE CALCULOS QUE NO APARECEN - AQUI})$$

$$I_{ARC} = 9690 \quad (\text{VALOR MINIMO})$$

POR LO TANTO, EL VALOR DE FALLA PUEDE VARIAR DESDE 9,690 HASTA 51,000 ASIMETRICOS. ¿QUE DAÑOS CAUSA ESTO AL EQUIPO? LA EXPRESION:

$$I_N \times 250 = I_{ARC}^{1.5} \times t$$

EXPRESA LOS DAÑOS.

PARA UN CIRCUITO DE 400 A:

$$I_{ARC}^{1.5} \times t = 400 \times 250 = 100,000$$

$$\text{SI } 9,690 < I_{ARC} < 51,000$$

SE CALCULA LA CURVA Y SE TRAZA.

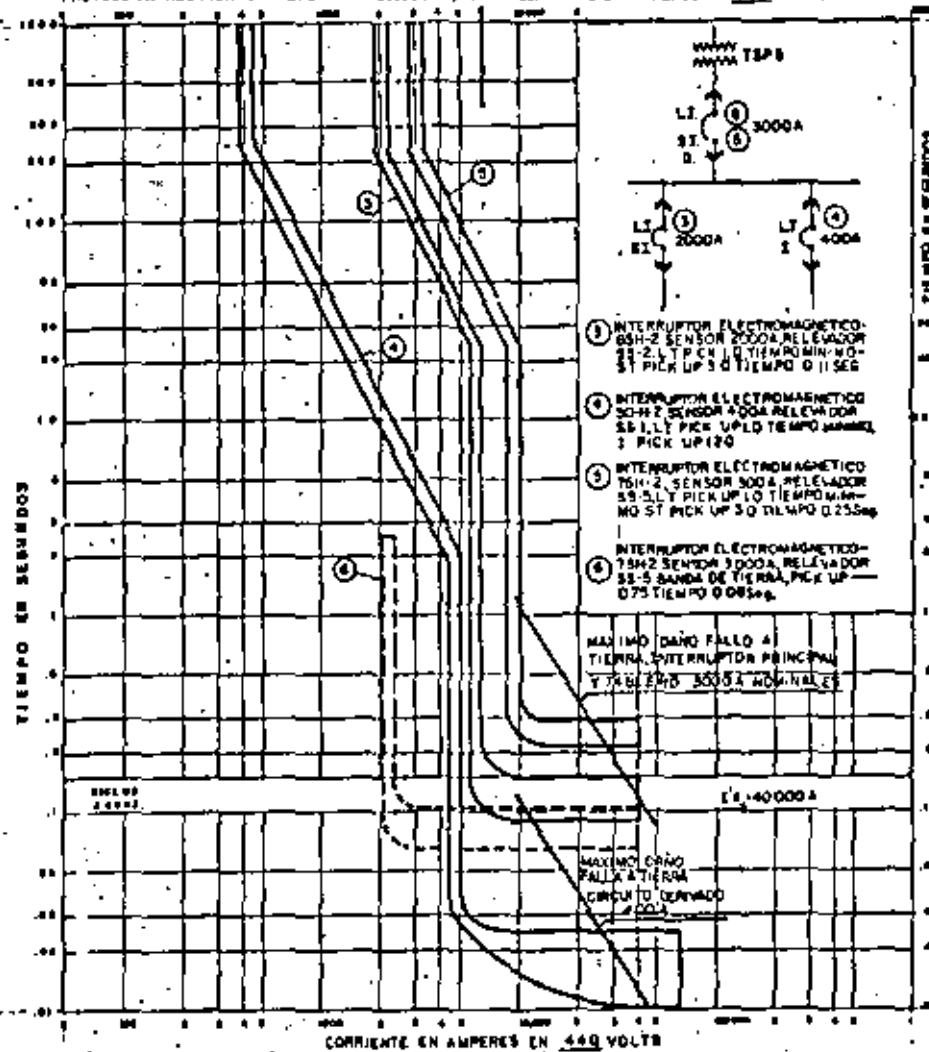
PARA UN CIRCUITO DE 3000 A:

$$I_{ARC}^{1.5} \times t = 3000 \times 250 = 750,000$$

$$\text{DONDE } 9,690 < I_{ARC} < 51,000$$

PROTECCIÓN NEC PARA TRANSFORMADORES(6000 k)

CORRIENTE EN AMPERES EN 440 VOLT B



CURVAS TIEMPO-CORRIENTE		NO
CURVAS		3
COORDINACION ENTRE INTERRUPTORES ELECTRO- MAGNETICOS PRINCIPAL Y DERIVADOS EN TABLA		FECHA
DISEÑADO POR		
COMPONENTE		INTS
LOCALIZACION		TAB. VARIO
No. 3		TAB. 5 SP
NO. 5 DE EP.		

AJUSTANDO LA PROTECCION DE TIERRA A $0.75x = 0.75x 3000 = 2250$ Y LA CURVA DE TIEMPO A 0.08 SEG, SE PROTEGE CONTRA DAÑOS EN EL CIRCUITO DE 3000 A. EL CIRCUITO DE 400 A. SOLO QUEDA PROTEGIDO MEDIANTE SU BANDA INSTANTANEA.

D) CURVAS TIEMPO CORRIENTE N° 4

SE COORDINAN EL RELE JAC 53 B EN 15 KV, CON EL RELE DE ESTADO SOLIDO DEL INTERRUPTOR PRINCIPAL EN BAJA TENSION.

LA TENSION BASE ES DE 15 KV, Y TODAS LAS CORRIENTES SE CALCULAN EN ESA BASE:

3000 AMPERS - - - - - $\rightarrow 3000 \times \frac{440}{15000} = 88 \text{ A.}$

ASI SE PROCEDE PARA LOS DEMAS VALORES, TRANSPORTANDO CON ESTO LOS VALORES EN B.T. AL LADO DE 15 KV.

RELEVADOR 50/51. SE DEBE DE AJUSTAR CONSIDERANDO LO SIGUIENTE:

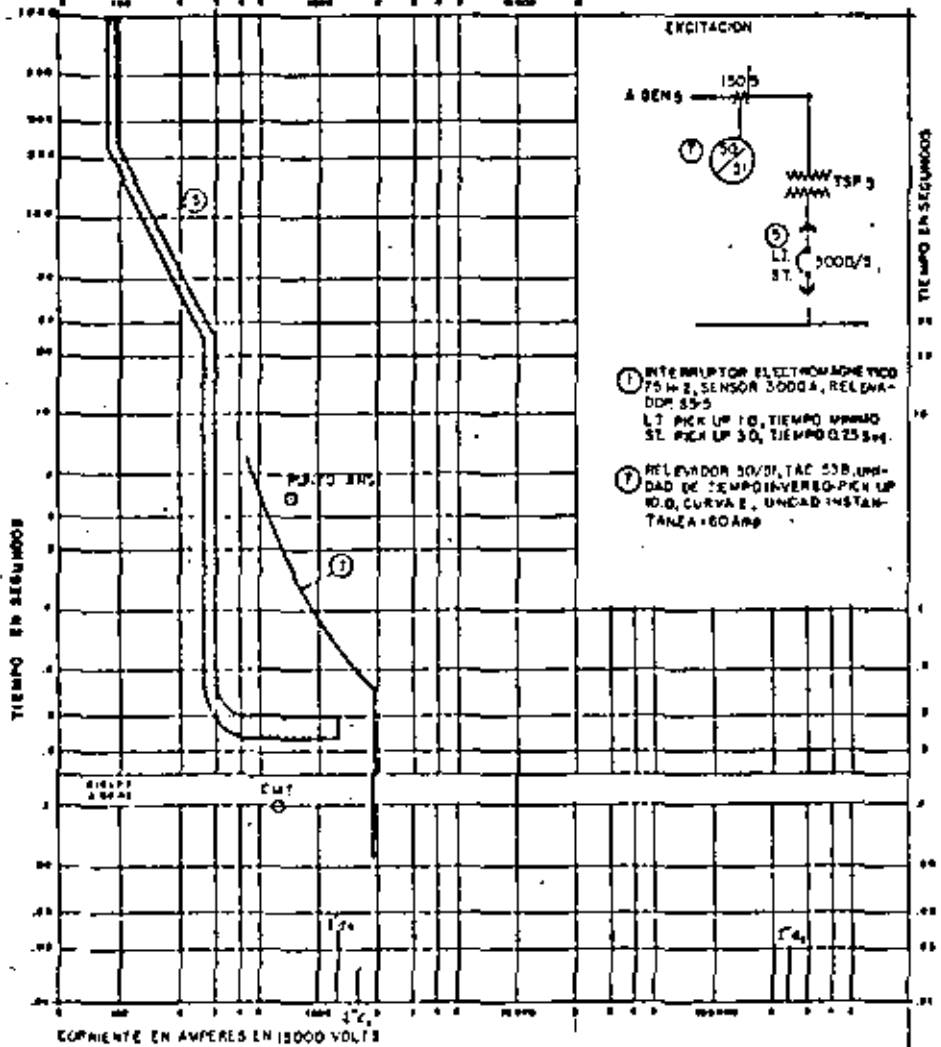
- DEBE COORDINARSE CON EL INTERRUPTOR EN BAJA TENSION.
- DEBE QUEDAR A LA IZQUIERDA DEL VALOR PIJADO POR EL NEC PARA ALTA TENSION (400% Id, 308 A.)
- DEBE OPERAR ANTES DEL PUNTO ANSI.

PARA CUMPLIR CON LO ANTERIOR, EL RELEVADOR SE AJUSTA A UN PICK-UP DE 300 A PRIMARIOS (DADA LA RELACION DE LOS T.C., -

150/5 = 30, EL "TAP" DEBE SER 10). LA CURVA DE TIEMPO SELECCIONADA ES LA N° 2.

DADO QUE ESTE RELEVADOR 50/51 ES SENSIBLE A LAS FALLAS SUBTRANSITORIAS Y ASIMETRICAS, EL INSTANTANEO DEBE DE AJUSTARSE A UN VALOR MAYOR QUE 57,742 A., O SEA LA CORRIENTE DE FALLA EN EL SECUNDARIO (1576 A., REFERIDO AL PRIMARIO). SE SELECCIONA UN AJUSTE DE 60 AMPERES, EQUIVALENTES A:

$60 \times \frac{150}{5} \times \frac{15,000}{440} = 61,363 \text{ A.}$



- ① INTERRUPTOR ELECTROMAGNETICO 75 M-2, SENSOR 3000A, RELAYADOR 55-5
LT. PICK UP 10, TIEMPO NORMAL
ST. PICK UP 30, TIEMPO 0.25 seg.
- ② RELEVADOR 30/31, TAC 53B, UNIDAD DE TIEMPO INVERSO-PICK UP 10.0, CURVA E, UNIDAD INSTANTANEA 100AMP

ANEXO N° 4 DEL REPORTE TECNICO.
FALLA EN EL TABLERO "D" DEL SERVICIO DE ESTACION DE LA S. E. NONOALCO.
TIPOS DE FALLAS EN BAJA TENSION.

Falla franco a edida { Limitada por la impedancia del sistema. Raramente ocurre en circuitos prácticos. 3 Ø, 2 Ø, Ø-T.

Falla de arco. { Puede originarse entre fases pero inevitablemente involucrará la tierra. Puede ser causada por fallas de aislamientos, accidentes de construcción, rodones, etc.

Corrientes de fuga en aislamientos. { Del orden de miliamperes, sucede en herramientas portátiles, aparatos electrodomésticos, etc.

La falla de Nonoalco fue una falla de arco.

¿ Qué son estas fallas? :

FALLAS DE ARQUEO

- Aunque la falla se origine entre fases, inevitablemente se manifestará a tierra.
- El valor de la falla sólida a tierra

CURVAS TIEMPO-CORRIENTE No. 4	CURVAS TIEMPO-CORRIENTE COMBINACION ENTRE RELEVADOR 30/31, LADO 15000V E INTERRUPTOR PRINCIPAL LADO 440V	No. 4
		FECHA _____ DISEÑADO POR _____ COMPONENTE RELEVADOR E INT. TAB DUPLEX LOCALIZACION Y T.S.R.

$$I_F = \frac{3 E_{L-N}}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + jZ_0}$$

Z1-Sec(+)
 Z2-Sec(-)
 Z0-Sec(0)
 Z0-impedancia
 circuito de
 tierra variable.

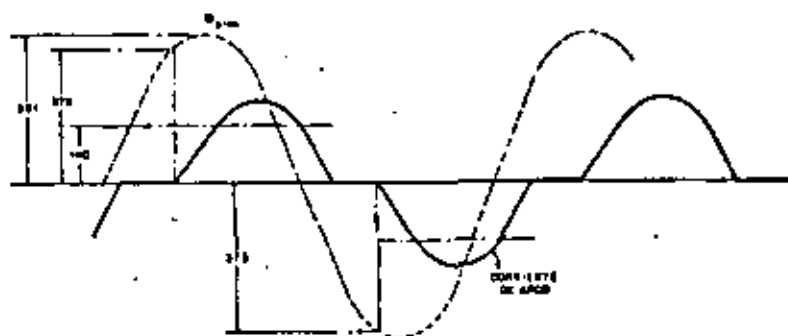
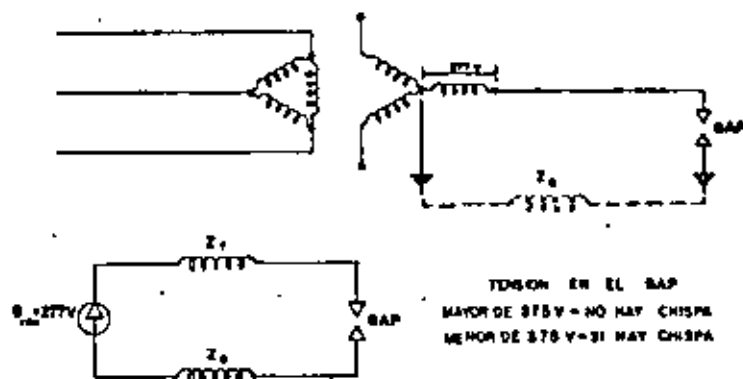
• Cuando la falla no es sólida, exista un arco cuya corriente es un % de la falla sólida, pero de un valor de I_{ARC} y V_{ARC} difíciles de predecir. Sin embargo, las recomendaciones de protección aconsejan situar el valor mínimo entre un 19% a un 38% de la falla sólida en un sistema de 480/277 V, más abajo de este rango se considera que la falla se autoextingue.

• Dado los bajos valores que pueda tener I_{ARC} , es probable que la protección de sobrecorriente de fase (PSCF) no la detecte.

• Si esto sucede, la corriente puede durar varios segundos o minutos y su efecto es altamente destructivo, dada la gran cantidad de energía que se libera a través del arco y no se disipa en el resto del sistema (buses, cables, etc.) como en el caso de la falla sólida.

• Otra característica de las fallas de arco es que en la inmensa mayoría de los casos se presenta exclusivamente en sistemas de 480/277 V, debido a que la tensión teórica necesaria para la reignición del arco es 375 volts y este sistema si le proporciona $(277 \times \sqrt{2} = 391 > 375 V)$

MODELO TEORICO DE LA FALLA



$I_{B-T} = 20,000 A$
 $I_{ARC} = 7600 A (38\%)$
 $V_{ARC} = 140 V$

Así resulta que es técnicamente poco probable que en un sistema de 220/127 volts se presente una falla de arco y no se autoextinga. Las recomendaciones no aconsejan proteger contra este tipo de falla en sistemas de 220/127 V: (NEC, etc.) sin embargo existen algunos casos reportados donde estas fallas no se autoextinguieron...y el caso de Konaalco es uno de ellos.

• ¿Como se debe proteger un circuito contra fallas de arco a tierra?

1° Calibrar si las condiciones de carga lo permiten, la P.S.C. F. entre un 19 - a un 35 % del valor de la falla sólida (para efectos prácticos) si estamos cerca del transformador

$$I_{FASE A TIERRA} = I_{3\phi}$$

2° Si las condiciones de carga o de coordinación no permiten calibrar la PSCF en forma adecuada, se recomienda un sistema de protección de fallas a tierra.

• Sistemas de protección de fallas a tierra (PFAT)

- Desbalanceo de tensiones en Δ abierta.
- Corriente residual
- Sensor dona abrazando tres fases y neutro.
- Sensor corriente de regreso neutro transformador.

Ya se ha seleccionado el equipo, ¿existe algún criterio para determinar la frontera de los daños admisibles en fallas a tierra? Si:

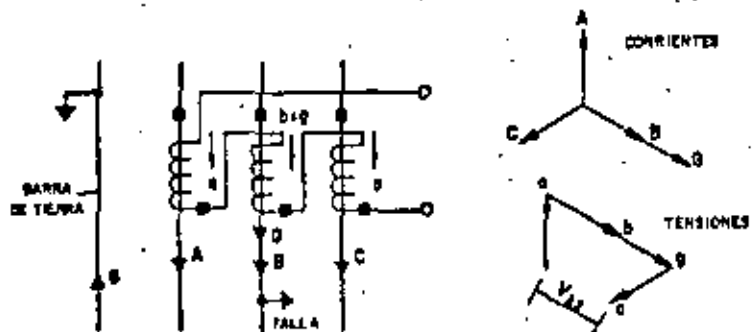
$$250 I_n = I_{arc}^{1.5} \times t$$

ALUMINIO : $\gamma = 1.519 \times 10^{-6} I_{arc}^{1.5}$ (pulg-cub-seg)

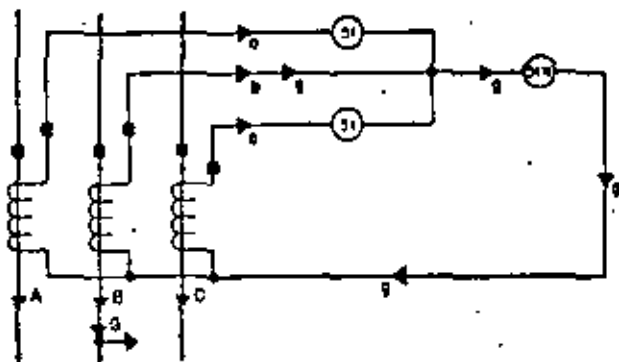
COBRE : $\gamma = 0.723 \times 10^{-6} I_{arc}^{1.5}$ (pulg-cub-seg)

envolvente de acero : $\gamma = 0.6564 \times 10^{-6} I_{arc}^{1.5}$ (pulg-cub-seg)

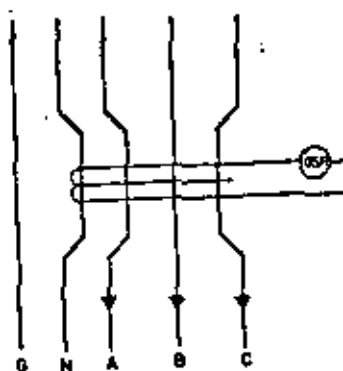
SISTEMAS DE P.F.A.T.



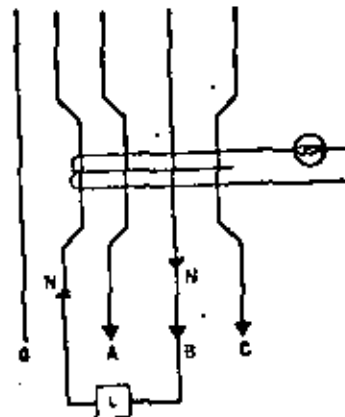
DELTA ABIERTA



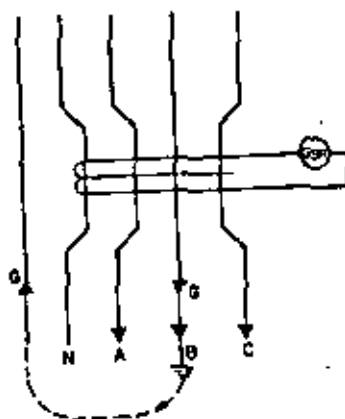
CORRIENTE RESIDUAL



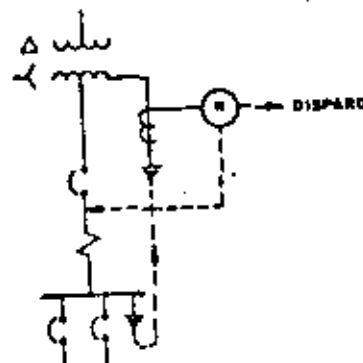
SENSOR DE TIERRA
(CORRIENTES BALANCEADAS)



SENSOR DE TIERRA
(MAXIMO CASO DE DESBALANCEO)



SENSOR DE TIERRA
(CONDICION DE FALLA, EL RELEVADOR OPERA)



PROTECCION EN REGRESO
CIRCUITO DE TIERRA



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

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES

CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA

ING. JORGE BARRERA ROMERO

SEPTIEMBRE, 1982

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, (EN ESTE CASO LA ELECTRICA) 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:

COMO CONSECUENCIA DE LOS DIFERENTES TIPOS DE CARGA ELECTRICAS DE QUE ESTAN PROVISTAS LAS PLANTAS INDUSTRIALES EN GENERAL, = CARGAS RESISTIVAS Y CARGAS REACTIVAS, FRECUENTEMENTE SE TIENE PERDIDAS CONSIDERABLES DE ENERGIA DEBIDO AL BAJO FACTOR DE POTENCIA, OCACIONADO POR ESTAS ULTIMAS, REPRESENTADAS POR LOS MOTORES ELECTRICOS, MAQUINAS DE SOLDAR, TRANSFORMADORES, LAMPARAS FLUORESCENTES, BOBINAS DE REACTANCIA, ETC.

LA COMPENSACION DE LA CORRIENTE REACTIVA QUE GENERALMENTE ES DE TIPO INDUCTIVO, SE REALIZA POR MEDIO DE CAPACITORES O MOTORES SIN CROMOS QUE SE AGREGAN A LA RED DE DISTRIBUCION.

9.2.- BREVES CONSIDERACIONES TEORICAS.

COMO MENCIONAMOS ANTERIORMENTE EN TODA RED ELECTRICA EXISTEN DOS TIPOS DE CARGAS Y POR LO TANTO HABRA DOS TIPOS DE CORRIENTES: ACTIVA Y REACTIVA.

LA CORRIENTE ACTIVA SE ENCUENTRA EN PASE CON LA TENSION APLICADA A LA CARGA, OCACIONANDO QUE LA ENERGIA QUE CONSUMEN, SE TRANSFORME TOTALMENTE EN CUALQUIER OTRA FORMA DE ENERGIA NO RETORNABLE A LA RED (TRABAJO MECANICO, CALOR ETC.) (VER FIG. 1.9)

LA CORRIENTE REACTIVA SE ENCUENTRA DEPASADA 90° CON RESPECTO A LA TENSION APLICADA A LA CARGA, EN UN CASO ADELANTADA Y EN OTRO ATRASADA, OCACIONANDO ASI QUE LA ENERGIA ELECTRICA NO SE CONSUMA SINO QUE SE ALMACENE EN FORMA DE CAMPOS ELECTRICOS O CAMPOS MAGNETICOS RESPECTIVAMENTE, POR UN BREVE TIEMPO, SIMILAR AL QUE DURA EN DEVOLVERSE A LA RED, ($1/4$ DE CICLO)

LAS CORRIENTES ENCARGADAS DEL ESTABLECIMIENTO DE CAMPOS ELECTRICOS (ADELANTADAS) SE DENOMINAN REACTIVA CAPACITIVA Y LAS ENCARGADAS DEL ESTABLECIMIENTOS DE CAPOS MAGNETICOS (ATRASADAS) SE DENOMINAN REACTIVAS INDUCTIVAS. (VER FIG. 1A.9 y 2.9)

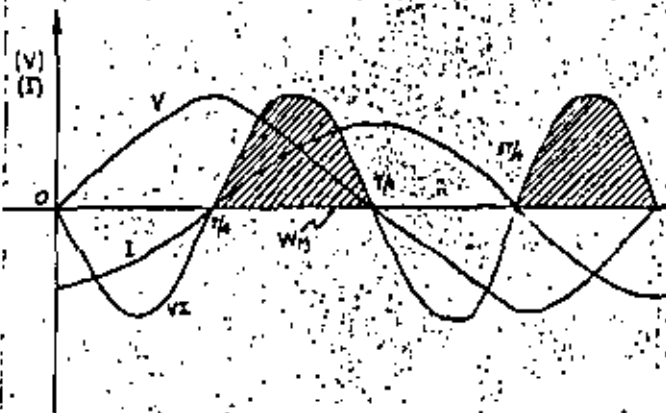


FIG. # 1A.9
EN CASO DE CARGA NETAMENTE INDUCTIVA
 W_M = ENERGIA DEL CAMPO MAGNETICO

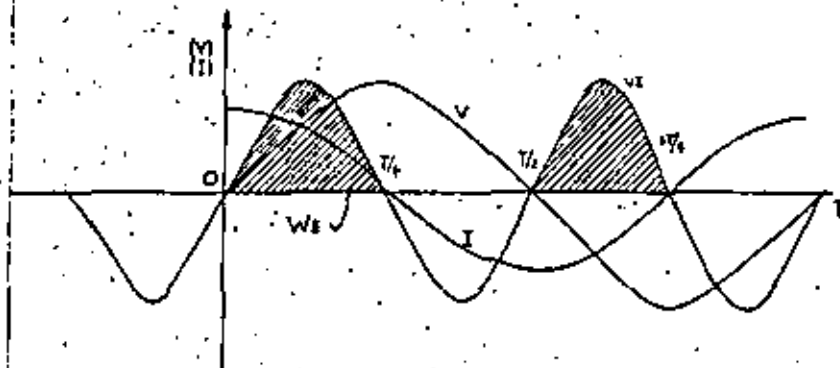


FIG. # 2
EN CASO DE CARGA NETAMENTE CAPACITIVA
 W_E = ENERGIA DEL CAMPO ELECTRICO

REPRESENTACIONES VECTORIALES:

A).- CORRIENTES ACTIVAS:

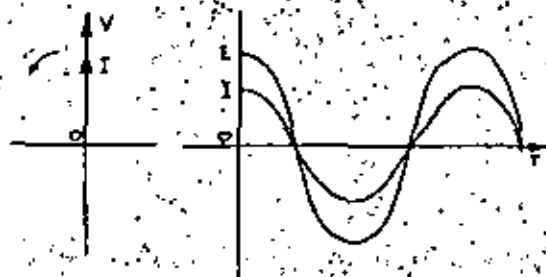
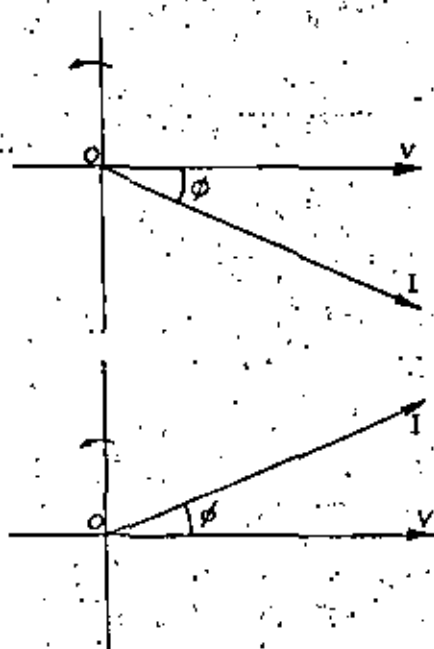


FIG. 1.9

CIRCUITO CUYAS CARACTERISTICAS SON TALES QUE NO HAY DESPLAZAMIENTO ENTRE CORRIENTE Y VOLTAJE: RESISTENCIA PURA.

B).- CORRIENTES REACTIVAS:



REPRESENTACION CORRESPONDIENTE A LA FIG. 1.9

REPRESENTACION CORRESPONDIENTE A LA FIG. 2.9

(2)

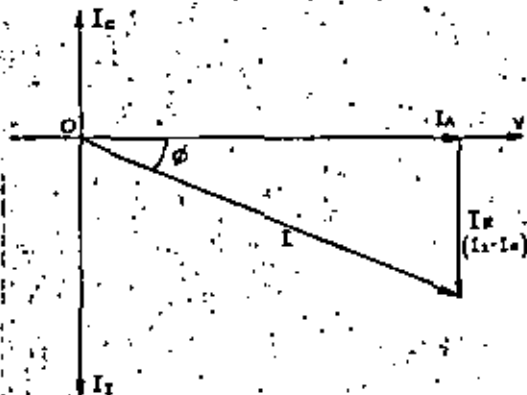
LOS LIMITES DE LOS ANGULOS ϕ SON -90° a $+90^\circ$ CORRESPONDIENDO A INDUCTANCIA Y CAPACITANCIA PURAS, RESPECTIVAMENTE.

SE DEMUESTRA QUE LA POTENCIA ES EL PRODUCTO DE LA TENSION POR SU CORRIENTE ASOCIADA Y EN CORRIENTE ALTERNA DEBE ESPECIFICARSE EL ANGULO QUE FORMAN 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 REACTIVA.

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.

PERDIDAS EN EL SISTEMA

LA REDUCCION DE PERDIDAS EN EL SISTEMA POR CORRECCION DE P. F. POCAS VECES ES SUFICIENTE PARA JUSTIFICAR POR SI SOLA LA INSTALACION DE CAPACITORES.

LAS PERDIDAS EN LOS CONDUCTORES POR EFECTO " JOULE " SON PROPORCIONALES A EL CUADRO DE LA CORRIENTE, POR TANTO SI LA REDUCCION DE CORRIENTE ES DIRECTAMENTE PROPORCIONAL A LA CORRECCION DEL P. F. LAS PERDIDAS SON INVERSAMENTE PROPORCIONALES AL CUADRO DEL P.F.

$$X \text{ PERDIDAS } \% = 100 \left(\frac{P.F. \text{ ORIGINAL}}{P.F. \text{ CORREGIDO}} \right)^2$$

$$X \text{ REDUCCION DE PERDIDAS } \% = 100 \left(1 - \frac{P.F. \text{ ORIGINAL}}{P.F. \text{ CORREGIDO}} \right)^2$$

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.

$$\Delta V = I \cos \phi \cdot Z \cdot \sin \phi \quad \text{EC. 9.5}$$

$$\Delta V = (\text{CORRIENTE ACTIVA}) \cdot Z \cdot (\text{CORRIENTE REACTIVA}) \quad \text{EC. 9.6}$$

$$\Delta V = (I \cos \phi \cdot Z) \cdot (I \sin \phi)$$

EL FACTOR $I \cos \phi$ ES LA CONTRIBUCION DE LA POTENCIA ACTIVA A LA CAIDA DEL VOLTAJE POR AMPER DE CORRIENTE TOTAL.

$I \sin \phi$ ES LA CONTRIBUCION DE LA POTENCIA REACTIVA A LA CAIDA DE VOLTAJE POR AMPER DE CORRIENTE TOTAL.

AL FACTOR $I \sin \phi$ ES TIFICAMENTE DE 5 A 10 VECES MAYOR QUE EL FACTOR $I \cos \phi$ 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.

$$\Delta V = \frac{KVAR \text{ DE LOS CAPACITORES} \times X \text{ IMPEDANCIA DEL TRANS.}}{KV \text{ DEL TRANSFORMADOR}}$$

LA REGULACION DEL VOLTAJE POCAS VECES ES MAYOR AL 1%

AUMENTO DE LA CAPACIDAD DEL SISTEMA

EL AUMENTO DE LA CAPACIDAD DEL SISTEMA POR CORRECCION DEL P.F. SE DEBE A LA REDUCCION DE LA CORRIENTE Y PERMITE ADICIONAR CARGA AL SISTEMA SIN SOBRECARGAR LOS TRANSFORMADORES, CABLES Y GENERADORES TERMICAMENTE.

EL CALCULO DE AUMENTO DE LA CAPACIDAD DEL SISTEMA UTILIZANDO LA FIGURA 7-9 SE ILUSTR A EN EL SIGUIENTE EJEMPLO.

SI UNA PLANTA TIENE UNA CARGA DE 1000 KVA. Y UN P. F. DEL 70%. SE AÑADEN 480 KVAR, POR MEDIO DE CAPACITORES DETERMINAR EL PORCIENTO DE AUMENTO DE CAPACIDAD DEL SISTEMA.

DATOS NECESARIOS PARA EL MANEJO DE LA TABLA :

X P.R.A. (POTENCIA REACTIVA AGREGADA, EN PORCIENTO DE LA POTENCIA APARENTE INICIAL)

P. F. ORIGINAL

$$X P.R.A. = \frac{480}{1000} \times 100 = 48\%$$

P. F. ORIG. = 0.7

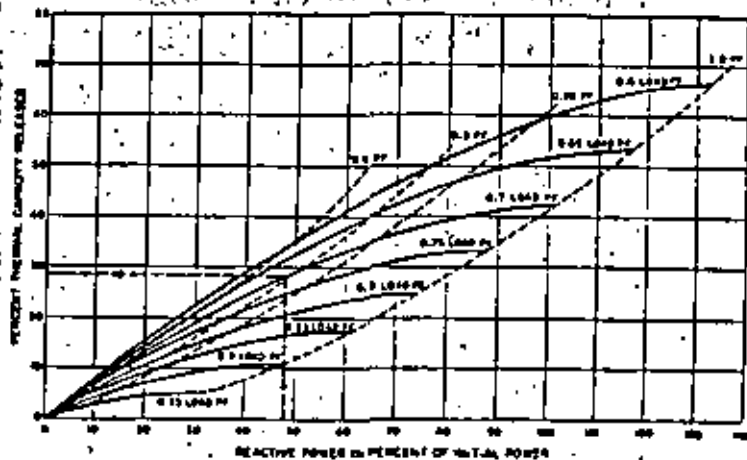
DATOS OBTENIDOS DE LA TABLA.

AUMENTO DE LA CAPACIDAD DEL SISTEMA (EN %) = 28.5

FACTOR DE POTENCIA CORREGIDO = 90%

5

FIG. N° 7-9



Percent Capacity Released and Approximate Combined Load Power Factor with Reactive Compensation
 ——— Original Load Power Factor (cos ϕ_1); ——— Final Power Factor (cos ϕ_2)

FACTORES DE POTENCIA EN LOS EQUIPOS.

LOS F. P. DE LAS PLANTAS INDUSTRIALES EN FUNCIONAMIENTO SON MUCHAS VECES MENORES QUE LOS ESPERADOS, DEBIDO A LA MALA APLICACION DE LOS EQUIPOS, POR LO QUE A CONTINUACION SE PROPORCIONAN LOS RANGOS DE F. P. DE LOS EQUIPOS MAS UTILIZADOS

MOTORES. LOS MOTORES DE INDUCCION A PLENA CARGA TIENEN UN F. P. ENTRE EL 70 Y 90% DEPENDIENDO DE SU TAMAÑO Y VELOCIDAD, PERO CUANDO ESTOS ESTAN PARCIALMENTE CARGADOS SU F. P. DISMINUYE CONSIDERABLEMENTE COMO SE INDICA EN LA FIG. # 8.9

LOS MOTORES DE TIPO BLINDADO Y DE ROTOR DEVANADO TIENEN MENOR F. P. QUE LOS DE INDUCCION DE LAS MISMAS POTENCIA Y VELOCIDAD.

VER LA
FIG. 8.9
CARACTERISTICAS
DE UN MOTOR DE
INDUCCION

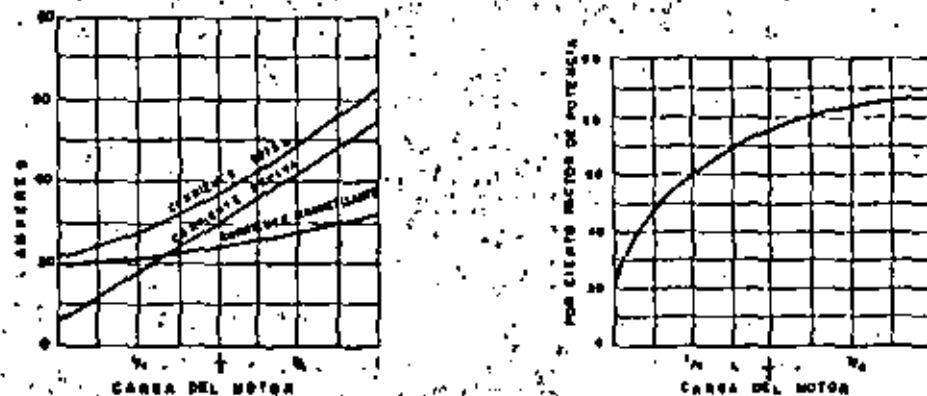
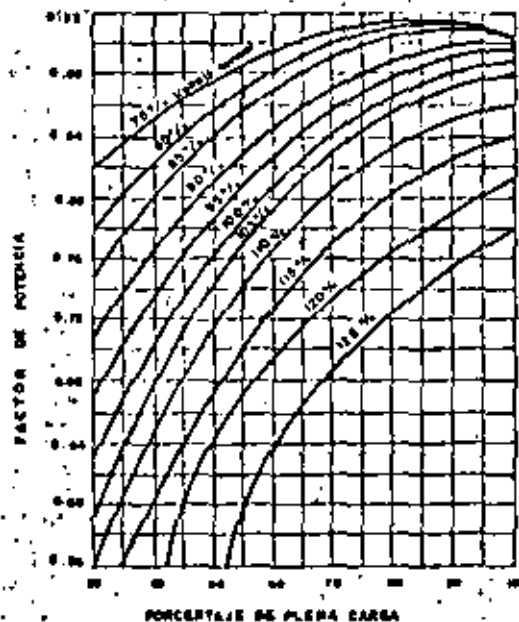


FIG. N° 8-9



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	50-60
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	MOANOS 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		

9.4.1.- MEDICION DE FACTOR DE POTENCIA

EN EL ESTUDIO DEL FACTOR DE POTENCIA SE DEBEN OBTENER LOS DATOS SUFICIENTES PARA SELECCIONAR LOS RANGOS Y LA LOCALIZACION DE LOS CAPACITORES O MOTORES SINCRONOS.

EL FACTOR DE POTENCIA PUEDE MEDIRSE DIRECTAMENTE O CALCULARSE DE LA LECTURA DE OTROS APARATOS COMO SON:

- PARA LOS VALORES DE P. P. INSTANTANEOS DE LA LECTURA DE KILOWATTMETROS Y KILOWATTMETROS DE LA LECTURA DE KILOWATTMETRO, VOLTMETRO Y AMPERMETRO.
- PARA LOS VALORES DE P. P. PROMEDIO DE LECTURA DE KILOWATTMETROS Y KILOWATTMETROS.
- FACTORIMETROS.

9.4.2.- RECOMENDACIONES PARA MEDICION DEL P. P.

- SE RECOMIENDA LA MEDICION CON INSTRUMENTOS REGISTRADORES, YA QUE ESTA PROVEE REGISTRO PERMANENTES PARA POSTERIORES COMPARACIONES.

- LOS INSTRUMENTOS INDICADORES SON SUFICIENTES PARA CHECAR OCASIONALMENTE LOS ALIMENTADORES O CARGAS INDIVIDUALMENTE.

- SE RECOMIENDA NO UTILIZAR APARATOS PARA MEDIR DIRECTAMENTE EL FACTOR DE POTENCIA, YA QUE ESTE POR SI SOLO PUEDE SER MAL INTERPRETADO. POR EJEMPLO SI TENEMOS UNA CARGA CON UN P. P. DE 95% LA POTENCIA REACTIVA ES EL 33% DE LA POTENCIA ACTIVA.

- LA MEDICION DE VOLTAJE ES INDISPENSABLE SI EL CONTROL AUTOMATICO DEL CAPACITOR SE REALIZA CON ELEMENTOS DE RESISTENCIA AL VOLTAJE.

- OTRO FACTOR IMPORTANTE ES CONSIDERAR CUANDO SE MIDE EL P. P. CON INSTRUMENTOS POLIFASICOS ES QUE ESTE ES EXACTO SOLO SI LA CARGA ES BALANCEADA.

9.5. - MÉTODOS DE CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA.

(9)

EN UN CIRCUITO DE CORRIENTE ALTERNA, COMO YA VIMOS ANTERIORMENTE, LO ESENCIAL ES COMPENSAR LAS POTENCIAS REACTIVAS PARA ELIMINAR LAS PERDIDAS Y OBTENER LOS BENEFICIOS YA MENCIONADOS.

LO ANTERIOR SE RESUME EN MANTENER UN FACTOR DE POTENCIA ADECUADO (DE 0.85 A 1) LO CUAL PUEDE LOGRARSE MEDIANTE LAS SIGUIENTES FORMAS:

A). - MOTORES SINCRONOS:

EL EMPLEO DE MOTORES SINCRONOS NOS OFRECE AL MISMO TIEMPO UN TRABAJO MECANICO Y SU ACTUACION COMO CARGA CAPACITIVA AL OPERAR SOBREENCITADOS. SON CAROS Y NO CONSTITUYEN UNA FORMA DE COMPENSACION FACILMENTE CONTROLABLE.

B. - MOTORES DE CAPACIDAD NOMINAL ADECUADA:

UNA BUENA SELECCION DE LAS CAPACIDADES DE LOS MOTORES ELECTRICOS NOS MANTENDRA UN FACTOR DE POTENCIA ADECUADO, DEBIDO A QUE TRABAJARAN PRACTICAMENTE A PLENA CARGA. ESTO PUEDE LOGRARSE AL ADQUIRIR O DISEÑAR NUEVA MAQUINA.

C. - CAPACITORES DE POTENCIA:

PROPORCIONAN LA CORRIENTE REACTIVA DE CARACTER CAPACITIVA NECESARIA, PUDIENDOSE INSTALAR EN BANCOS FIJOS O DIVIDIDOS.

EL USO DE ESTOS CAPACITORES, IMPLICA LAS GRANDES VENTAJAS DE BAJO COSTO POR KVAR INSTALADO, BAJO COSTO DE MANTENIMIENTO Y FACIL MANEJO CON RESPECTO A OTROS MEDIOS DE GENERACION.

POR EL MOTIVO ANTERIOR, LOS CAPACITORES HAN TENIDO LA GRAN ACEPTACION EN TODO TIPO DE SISTEMAS DE DISTRIBUCION Y CONSUMO DE ENERGA ELECTRICA.

CURVA 1: Factor de potencia motor normal 40% de carga
CURVA 2: 0.8 Factor de potencia motor a 50°C de carga.

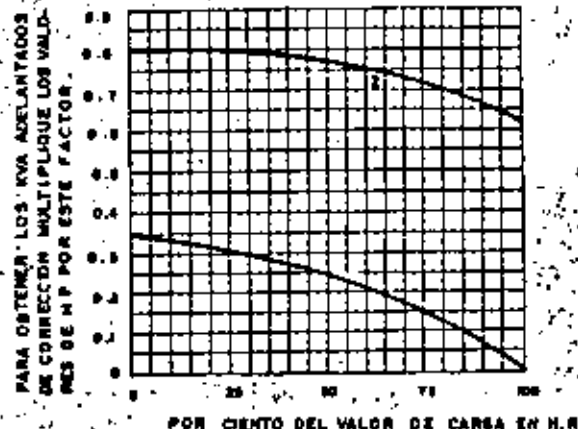


FIG. 7. CORRIENTE REACTIVA ADELANTADA POR MOTOR SINCRONIZADO

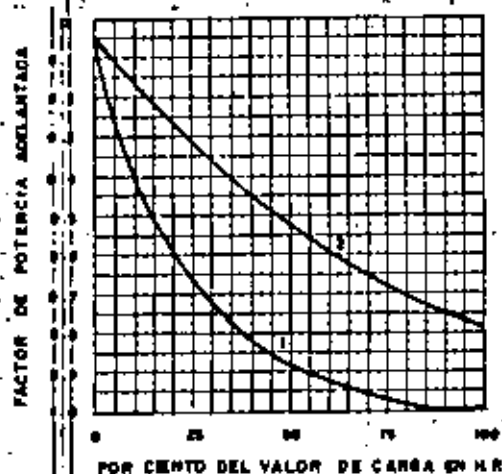
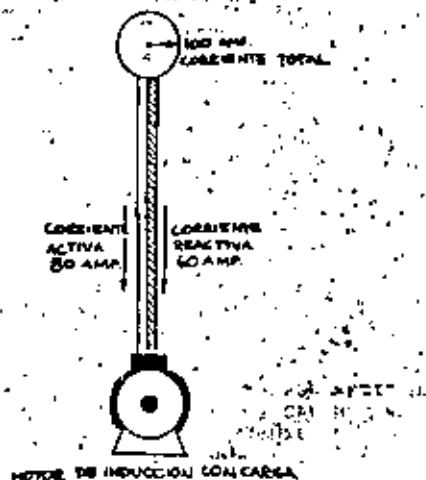
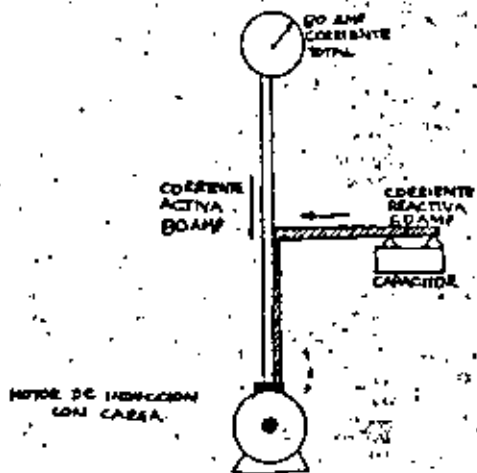


FIG. 8. EFECTO DE CARGA SOBRE EL FACTOR DE POTENCIA DEL MOTOR SINCRONIZADO

EL SUMINISTRO DE POTENCIA REACTIVA POR MEDIO DE CAPACITORES SE ILUSTRAN EN LA FIGURA NO. 9.9 Y SU CALCULO SE PUEDE REALIZAR DE ACUERDO A LO DESCRITO EN EL SIGUIENTE INCISO.



(FIG # 9.9)



9.6.- CALCULO DE LA POTENCIA DE LOS CAPACITORES NECESARIOS PARA UNA INSTALACION INDUSTRIAL:

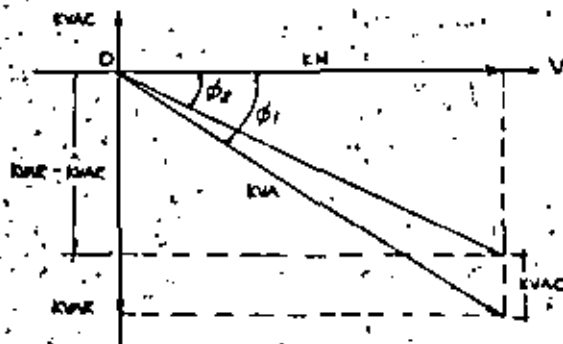


FIG. # 10.9

KVAR = POTENCIA REACTIVA INDUCTIVA
KVAC = POTENCIA REACTIVA CAPACITIVA

ESTE VALOR ESTA EN FASE CON LAS REACTANCIAS Y PUEDE RESTARSE ARITMETICAMENTE. DE LA FIG. 9.9

$$KW = KVA \cdot \cos \phi_1 \quad (1)$$

$$KVA = \sqrt{KW^2 + KVAR^2} \quad (2)$$

$$KVAC = KW (\text{TANG } \phi_1 - \text{TANG } \phi_2) \quad (3)$$

POR MEDICION CON WATTMETRO, AMPERMETRO Y VOLTMETRO PODEMOS CONOCER KW Y KVA:

$$\cos \phi_1 = \frac{KW}{KVA} = \frac{KW}{\sqrt{KW^2 + KVAR^2}} \quad (4)$$

$$\text{TANG } \phi_1 = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \phi_1}}{\cos \phi_1} \quad (5)$$

SI QUISIERAMOS MEJORAR EL F. P. A UN VALOR MAS ALTO (ϕ_2 MEJOR)

$$\text{TANG } \theta 2 = \frac{1 - \cos^2 \theta 1}{\cos \theta 1} \quad (6')$$

LA CARGA CAPACITIVA NECESARIA ESTARA DADA ENTONCES POR LA FORMULA N.º. (3')

EJEMPLO:-

SE REQUIERE CORREGIR EL FACTOR DE POTENCIA EN UNA PLANTA INDUSTRIAL DONDE SE HAN TOMADO LAS SIGUIENTES LECTURAS Y DONDE SE SUPONE QUE EL P. P. ES BAJO

P. P. REQUERIDO = 0.85

KW = 60 KILOWATTS

V = 220 VOLTS

I = 450 AMP.

$$\text{KVA} = \frac{220 \times 450}{1000} = \frac{99000}{1000} = 99$$

$$\cos \theta 1 = \frac{60}{99} = 0.60$$

$$\text{TANG } \theta 1 = \frac{1 - 0.60^2}{0.60} = 1.33$$

DEBE CORREGIRSE A 0.85 = P2

$$\therefore \text{TANG } \theta 2 = \frac{1 - 0.85^2}{0.85} = 0.61$$

LA CAPACIDAD DE LOS CAPACITORES DEBERA SER :

$$\text{KVAC} = 60 (1.33 - 0.61)$$

= 44

EL METODO ANTERIOR SE BASA EN LECTURAS AISLADAS QUE POR MUCHAS QUE ESTAS SEAN, NO REPRESENTAN UN PROMEDIO ADECUADO Y ESTAN SUJETAS A DAR RESULTADOS ERRONEOS.

(11)

EL SISTEMA POR MEDIDORES DE ENERGIA, QUE COMUNNEMENTE 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 EN KWH Y LA REACTIVA EN KVARH.

POR LO ANTERIOR PODEMOS OBTENER UN VALOR DE P. P. MAS CONCRETO, EXPRESADO COMO SIGUE:

$$\cos \theta = \frac{\text{KWH}}{\sqrt{\text{KWH}^2 + \text{KVARH}^2}} \quad (7)$$

EJEMPLO :

1) - 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	72166	83,500	398

C) - DEMANDAS MEDIAS (DIVIDIENDO ENTRE 240 HRS. AL MES)

300 KW 348 KVAR

D).- COS ϕ_1 Y TANG ϕ_1 :

$$\cos \phi_1 = \frac{300}{\sqrt{300^2 + 348^2}} = \frac{3.0}{\sqrt{3.0^2 + 3.48^2}} = 0.65$$

$$\text{TANG } \phi_1 = \frac{\sqrt{1 - 0.65^2}}{0.65} = 1.17$$

E).- COS ϕ_2 : SE DECREA EL P. F. = 0.85 MINIMO PERMITIDO POR LA COMPAÑIA SUMINISTRADORA EN SU CONTRATO.

$$\cos \phi_2 = 0.85$$

$$\text{Y TANG } \phi_2 = 0.61$$

F).- KVAC DE LOS CAPACITORES PARA LA CORRECCION DE P.F.:

$$\text{KVAC} = 300 (1.17 - 0.61) = 168$$

LOS CAPACITORES COMERCIALES QUE EXISTEN A LA FECHA TIENEN CAPACIDADES DESDE 3 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 NR. 6.9

9.7 VOLTAJE DE OPERACION

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:

$$(\text{KVAC}) \text{ SUMINISTRADOS} = \frac{\text{FRECUENCIA APLICADA}}{60} \times (\text{KVAC}) \text{ NOMINALES}$$

60 NOMINALES

$$\text{KVAC} = \frac{FR}{FN}$$

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 CUADRUADO DE LA RELACION DE VOLTAJES:

$$(\text{KVAC}) \text{ SUMINISTRADOS} = \left(\frac{\text{VOLTAJE APLICADO}}{\text{VOLTAJE NOMINAL}} \right)^2 \times \text{KVAC NOMINALES}$$

$$\text{KVAC} = \left(\frac{VR}{VN} \right)^2$$

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 9-9 TENEMOS,

TANG $\theta_1 = \frac{KVAR}{KW}$ EC. 1'

DESPEJANDO KVAR

KVAR = KW TANG. θ

DEL EJEMPLO TENEMOS QUZ

KVAR SISTEMA = KW x TANG θ_1 EC. 2'

KVAR LINEA = KW x TANG θ_2 EC. 3'

RESTANDO LA EC. 1' DE LA EC. 2' TENEMOS

CKVAR = KVAR SISTEMA - KVAR LINEA = KW (TANG θ_1 - TANG θ_2)

CKVAR = KW (Δ TANG) EC. 4'

EN BASE A LA ECUACION DE 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 DEL EJEMPLO ANTERIOR POR MEDIO DE LA TABLA 9.1 SERIA

DATOS NECESARIOS

F. P. ORIGINAL = 0.8

KW DEL SISTEMA = 80

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'

CKVAR = 80 x 0.266 = 21.3 KVAR

KW Multiplier to Determine Reactive-Power Requirements for Power-Factor Improvement

Original Power Factor	Corrected Power Factor																	
	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1.00	1.01	1.02	1.03	1.04	1.05	1.06	1.07
0.75	0.282	0.281	0.280	0.279	0.278	0.277	0.276	0.275	0.274	0.273	0.272	0.271	0.270	0.269	0.268	0.267	0.266	0.265
0.80	0.272	0.271	0.270	0.269	0.268	0.267	0.266	0.265	0.264	0.263	0.262	0.261	0.260	0.259	0.258	0.257	0.256	0.255
0.85	0.262	0.261	0.260	0.259	0.258	0.257	0.256	0.255	0.254	0.253	0.252	0.251	0.250	0.249	0.248	0.247	0.246	0.245
0.90	0.252	0.251	0.250	0.249	0.248	0.247	0.246	0.245	0.244	0.243	0.242	0.241	0.240	0.239	0.238	0.237	0.236	0.235
0.95	0.242	0.241	0.240	0.239	0.238	0.237	0.236	0.235	0.234	0.233	0.232	0.231	0.230	0.229	0.228	0.227	0.226	0.225
1.00	0.232	0.231	0.230	0.229	0.228	0.227	0.226	0.225	0.224	0.223	0.222	0.221	0.220	0.219	0.218	0.217	0.216	0.215
1.05	0.222	0.221	0.220	0.219	0.218	0.217	0.216	0.215	0.214	0.213	0.212	0.211	0.210	0.209	0.208	0.207	0.206	0.205
1.10	0.212	0.211	0.210	0.209	0.208	0.207	0.206	0.205	0.204	0.203	0.202	0.201	0.200	0.199	0.198	0.197	0.196	0.195
1.15	0.202	0.201	0.200	0.199	0.198	0.197	0.196	0.195	0.194	0.193	0.192	0.191	0.190	0.189	0.188	0.187	0.186	0.185
1.20	0.192	0.191	0.190	0.189	0.188	0.187	0.186	0.185	0.184	0.183	0.182	0.181	0.180	0.179	0.178	0.177	0.176	0.175
1.25	0.182	0.181	0.180	0.179	0.178	0.177	0.176	0.175	0.174	0.173	0.172	0.171	0.170	0.169	0.168	0.167	0.166	0.165
1.30	0.172	0.171	0.170	0.169	0.168	0.167	0.166	0.165	0.164	0.163	0.162	0.161	0.160	0.159	0.158	0.157	0.156	0.155
1.35	0.162	0.161	0.160	0.159	0.158	0.157	0.156	0.155	0.154	0.153	0.152	0.151	0.150	0.149	0.148	0.147	0.146	0.145
1.40	0.152	0.151	0.150	0.149	0.148	0.147	0.146	0.145	0.144	0.143	0.142	0.141	0.140	0.139	0.138	0.137	0.136	0.135
1.45	0.142	0.141	0.140	0.139	0.138	0.137	0.136	0.135	0.134	0.133	0.132	0.131	0.130	0.129	0.128	0.127	0.126	0.125
1.50	0.132	0.131	0.130	0.129	0.128	0.127	0.126	0.125	0.124	0.123	0.122	0.121	0.120	0.119	0.118	0.117	0.116	0.115
1.55	0.122	0.121	0.120	0.119	0.118	0.117	0.116	0.115	0.114	0.113	0.112	0.111	0.110	0.109	0.108	0.107	0.106	0.105
1.60	0.112	0.111	0.110	0.109	0.108	0.107	0.106	0.105	0.104	0.103	0.102	0.101	0.100	0.099	0.098	0.097	0.096	0.095
1.65	0.102	0.101	0.100	0.099	0.098	0.097	0.096	0.095	0.094	0.093	0.092	0.091	0.090	0.089	0.088	0.087	0.086	0.085
1.70	0.092	0.091	0.090	0.089	0.088	0.087	0.086	0.085	0.084	0.083	0.082	0.081	0.080	0.079	0.078	0.077	0.076	0.075
1.75	0.082	0.081	0.080	0.079	0.078	0.077	0.076	0.075	0.074	0.073	0.072	0.071	0.070	0.069	0.068	0.067	0.066	0.065
1.80	0.072	0.071	0.070	0.069	0.068	0.067	0.066	0.065	0.064	0.063	0.062	0.061	0.060	0.059	0.058	0.057	0.056	0.055
1.85	0.062	0.061	0.060	0.059	0.058	0.057	0.056	0.055	0.054	0.053	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047	0.046	0.045
1.90	0.052	0.051	0.050	0.049	0.048	0.047	0.046	0.045	0.044	0.043	0.042	0.041	0.040	0.039	0.038	0.037	0.036	0.035
1.95	0.042	0.041	0.040	0.039	0.038	0.037	0.036	0.035	0.034	0.033	0.032	0.031	0.030	0.029	0.028	0.027	0.026	0.025
2.00	0.032	0.031	0.030	0.029	0.028	0.027	0.026	0.025	0.024	0.023	0.022	0.021	0.020	0.019	0.018	0.017	0.016	0.015
2.05	0.022	0.021	0.020	0.019	0.018	0.017	0.016	0.015	0.014	0.013	0.012	0.011	0.010	0.009	0.008	0.007	0.006	0.005
2.10	0.012	0.011	0.010	0.009	0.008	0.007	0.006	0.005	0.004	0.003	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

TABLA 9.1

9-9-1 SELECCION DE CAPACITORES CON MOTORES DE INDUCCION.

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.

FACTOR DE POTENCIA DE LOS MOTORES DE INDUCCION

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 ILUSTRAN 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%)

9-9-2 LIMITACIONES DE LOS CAPACITORES

LA EXPERIENCIA CON CAPACITORES ACOPLADOS DIRECTAMENTE A LOS MOTORES HA MOSTRADO QUE CUANDO EXISTEN DIFICULTADES CON ELLOS, SE DEBEN GENERALMENTE A QUE ESTOS SON MAYORES QUE LOS REQUERIDOS.

LOS FACTORES QUE LIMITAN EL VALOR DE LOS CAPACITORES SON:

EXCESIVA CORRIENTE DE INRUSH O DE CIERRE.

FASES TRANSITORIOS.

SOBRE VOLTAJES DEBIDO A LA AUTO EXCITACION.

OTRO FACTOR FRECUENTEMENTE OLVIDADO ES EL HECHO QUE EL CAPACITOR CAMBIA MATERIALMENTE LA CONSTANTE DEL TIEMPO DEL MOTOR, LA CUAL INFLUYE EN LOS TIEMPOS DE SEGURIDAD DE RECIERRE.

LOS CAPACITORES, PUEDEN SER CONECTADOS A CADA MOTOR, SWITCHARSE 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, ENTE 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.

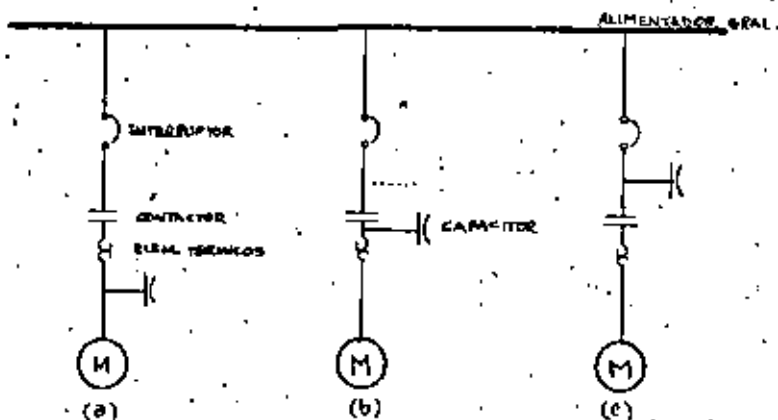


FIG. N° 11-9

15) 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.

$$\% \Delta I = 100 \left(1 - \frac{\cos \phi_1}{\cos \phi_2} \right)$$

(16)

LA CAPACIDAD NOMINAL DE LOS CAPACITORES CONECTADOS DEL LADO DE CARGA DEL ARRANCADOR DEL MOTOR NO DEBEN EXCEDER DEL VALOR REQUERIDO PARA AUMENTAR EL F. P. DEL MOTOR, SIN CARGA, AL 100%.

FOR TANTO UNA BUENA REGLA EN LA SELECCION DEL CAPACITOR ES LA DE MEDIR LA CORRIENTE DE FUNCIONAMIENTO EN VACIO DEL MOTOR POR MEDIO DE UN AMPERMETRO DE GANCHO.

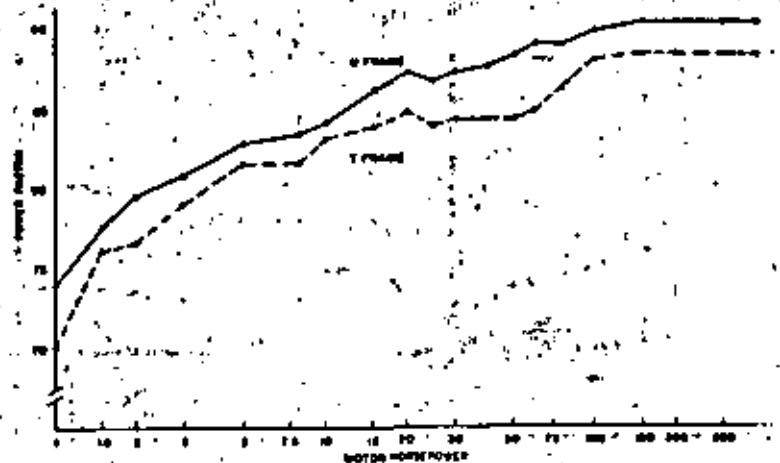
LA DIFERENCIA ENTRE LOS RANGOS DE CAPACITORES A USARSE PARA UNA CAPACIDAD DE MOTOR DADA PUEDE SER AMPLIA; DEPENDIENDO PRINCIPALMENTE DE LA VELOCIDAD, A MENOR VELOCIDAD MAYOR SERA LA CAPACIDAD DEL CAPACITOR QUE DEBE USARSE. TAMBIEN EXISTE UNA GRAN DIFERENCIA EN LOS RANGOS DE CAPACITORES RECOMENDADOS PARA LOS DIFERENTES DISEÑOS DE MOTORES, TALES COMO:

PRE - ARMADURA TIPO U, GENERALMENTE ANTES DE 1955.

ARMADURA TIPO U, DESDE 1955.

ARMADURA TIPO T, DESDE 1964.

LA FIGURA 2-5 MUESTRA LAS DIFERENCIAS EN EL FACTOR DE POTENCIA PARA LOS DISEÑOS DE ARMADURA TIPO T Y U, CUANDO NO SE DISPONE DE INFORMACION PARA CONOCER EL TAMAÑO DEL CAPACITOR O CUANDO LA MEDICION DE CORRIENTE EN VACIO ES IMPRACTICABLE LAS TABLAS 51-53 PUEDEN SERVIR COMO GUIAS.



Power Factor Versus Motor Horsepower Rating for U-Frame and T-Frame Drives

NOTE: Based on compilation of data from six major manufacturers for three-phase NEMA class B 1800 r/min totally enclosed 480 V motors at full load.

FIG. N° 2-5

Table 51
Suggested Capacitor Ratings for Pre-U-Frame NEMA Class B Open Squirrel-Cage Motors

Induction Motor Rating (hp)	Nominal Motor Speed											
	3600 r/min		1800 r/min		1200 r/min		900 r/min		720 r/min		600 r/min	
	Capacitor Rating (kvar)	Line Current Reduction (%)	Capacitor Rating (kvar)	Line Current Reduction (%)	Capacitor Rating (kvar)	Line Current Reduction (%)	Capacitor Rating (kvar)	Line Current Reduction (%)	Capacitor Rating (kvar)	Line Current Reduction (%)	Capacitor Rating (kvar)	Line Current Reduction (%)
3	1.5	14	1.5	15	1.5	20	3	27	2.5	35	3.5	41
5	2	12	2	13	2	17	3	26	4	32	4.5	37
7½	2.5	11	2.5	12	3	16	4	22	6.5	30	8	34
10	3	10	3	11	3.5	14	5	21	6.5	27	7.5	31
15	4	9	4	10	5	13	6.5	18	8	23	9.5	27
20	5	8	5	10	6.5	12	7.5	16	9	21	12	25
25	6	8	6	10	7.5	11	9	15	11	20	14	23
30	7	8	7	9	9	11	10	14	12	18	16	22
40	9	8	9	9	11	10	12	13	16	16	20	20
50	12	8	11	9	13	10	16	12	18	18	24	19
60	14	8	14	8	16	10	16	11	22	15	27	19
75	17	8	16	8	18	10	21	10	28	14	31.5	18
100	22	8	21	8	25	9	27	10	32.5	13	40	17
125	27	8	20	8	30	9	32.5	10	40	13	47.5	16
150	32.5	8	30	8	35	9	37.5	10	47.5	12	52.5	15
200	40	8	37.5	8	42.5	9	47.5	10	60	12	65	14
250	50	8	45	7	52.5	8	57.5	8	70	11	77.5	13
300	61.5	8	52.5	7	60	8	65	8	80	11	87.5	13
350	65	8	60	7	67.5	8	75	8	87.5	10	95	11
400	70	8	65	6	75	8	85	9	95	10	105	11
450	75	8	67.5	6	80	8	92.5	9	100	9	110	11
500	77.5	8	72.5	6	87.5	8	97.5	8	107.5	9	115	10

Applies to three-phase, 60 Hz motors when switched with capacitors as a single unit (from [2]).

Table 52
Suggested Capacitor Ratings for T-Frame NEMA Class B Motors

Induction Motor Rating (hp)	Nominal Motor Speed											
	3600 r/min		1800 r/min		1200 r/min		900 r/min		720 r/min		600 r/min	
	Capacitor Rating (kvar)	Line Current Reduction (%)	Capacitor Rating (kvar)	Line Current Reduction (%)	Capacitor Rating (kvar)	Line Current Reduction (%)	Capacitor Rating (kvar)	Line Current Reduction (%)	Capacitor Rating (kvar)	Line Current Reduction (%)	Capacitor Rating (kvar)	Line Current Reduction (%)
3	1.5	14	1.5	23	2.5	28	3	35	3	40	4	40
5	2	14	2.5	22	3	26	4	31	4	40	5	40
7½	2.5	14	3	20	4	21	5	28	5	38	6	45
10	4	14	4	18	6	21	6	27	7.5	38	8	38
15	5	12	5	18	6	20	7.5	24	8	32	10	34
20	6	12	6	17	7.5	19	9	23	10	29	12	30
25	7.5	12	7.5	17	8	19	10	23	12	26	16	30
30	8	11	8	16	10	19	14	22	15	24	22.5	30
40	12	12	13	15	18	19	18	21	22.5	24	26	30
50	15	12	18	15	20	19	22.5	21	24	24	30	30
60	18	12	21	14	22.5	17	26	20	30	22	35	28
75	20	12	23	14	25	16	28	17	33	14	40	18
100	22.5	13	30	14	30	12	35	16	40	15	45	17
125	25	10	38	12	36	13	42	14	46	15	50	17
150	30	10	42	12	40	12	52.5	14	52.5	14	60	17
200	35	10	50	11	50	10	65	13	68	13	90	17
250	40	11	60	10	62.5	10	82	13	87.5	13	100	17
300	45	13	88	10	75	12	100	14	100	13	120	17
350	60	12	75	8	90	12	120	13	120	13	135	16
400	75	10	80	8	100	12	130	13	140	13	150	15
450	80	8	90	8	120	10	140	12	160	14	160	15
500	100	8	120	9	150	12	160	12	180	13	180	15

Applies to three-phase, 60 Hz motors when switched with capacitors as a single unit.

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	8	8	8	8.8
20	8	8	8	7
25	8	8	8	7
30	7.5	8	10	11
40	10	12	12	12
50	13	15	15	17.5
60	17.5	18	18	20
75	19	22.5	22.5	26
100	27	27	30	33
125	33	37.5	37.5	40
160	37.5	45	45	60
200	45	60	60	66
250	60	75	75	78
300	65	90	75	83

Applies to three-phase, 60 Hz motors when switched with capacitors in a single unit.

9-3.5 GUÍA 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 MÍNIMO 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 O VOLTAJE REDUCIDO.

- 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.

9-3.6 SELECCION DE EQUIPO DE DESCONEXION EN BAJO VOLTAJE.

EN LOS CIRCUITOS DE BAJO VOLTAJE, RARA VEZ SE TIENEN PROBLEMAS EN LA INTERRUCCION, CONEXION U OPERACION REPETITIVA DE LOS TERMOMAGNETICOS, CONTACTORES, ETC.

SI LA SELECCION DE SU CAPACIDAD SE EFECTUO CON UN MÍNIMO 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 24
Capacitor Rating Multipliers to Obtain Switching Device* Rating

Type of Switching Device	Multiplier to Obtain Equivalent Capacitor Rating	Equivalent Current per hour		
		240 V	480 V	600 V
Magnetic-type power circuit breaker	1.25	3.25	1.63	1.30
Molded case circuit breakers				
magnetic type	1.25	3.25	1.63	1.30
others	~ 1.0	~ 3.61	~ 1.8	~ 1.44
Contactors, enclosed†	1.5	3.61	1.8	1.44
Safety switch‡	1.83	3.75	1.62	1.30
Safety switch (fusible)	1.83	3.98	1.99	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 CP-1279, Section 4.03, page 14.

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 DUFANTE LA CONEXION DE CARGAS DE AL LUMBRADO 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.



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

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES

TEMA Nº 10 - ILUMINACION INDUSTRIAL

ING. SERGIO GARCIA ANAYA

SEPTIEMBRE, 1982

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 respecto de un sistema de Iluminación deberán no solamente estar basadas en la inversión inicial y los costos de operación, sino también 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 segundo 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 necesidades 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 Iluminación como ayuda para crear un sitio donde la gente pueda trabajar confortablemente; en algunos casos estos mejoramientos ambientales se pueden obtener con ningún ó pequeños incrementos en costos. 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 mejores 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 incluirán 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 puedan 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 al 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 puedan 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 montados 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 oscurecerán 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, determinan 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: Área de altos montajes y Área 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 DÍA

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 en bre 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 una 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 prácticamente 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 mínima 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 luminica 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 contrados ó 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 luminica).

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 cercanos 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.

MÉTODOS DE ILUMINACIÓN PARA ÁREAS 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 las generales.

3) Suplementario.- Este sistema se requiere a menudo cuando se tienen condiciones adversas y cuya iluminación no es posible obtenería del sistema general.

Appendix— Illuminance Selection

The Society's current illuminance recommendations are a part of Section 2, Lighting System Design Considerations, of the 1981 Application Volume, in a subsection titled Illuminance Selection and Application. As a convenience to the reader of this Reference Volume, that same material is being repeated here (with the same figure and reference numbers*); however, its presence here without appropriate specific application information, such as found in the various application sections of the 1981 Application Volume, does not mean to imply that lighting should be designed based on illuminance alone.

The reader is cautioned that the Society, from time to time, revises and expands its illuminance recommendations. All revisions will be published in the next edition of the Application Volume and in the Society's newer publications.

Illuminance Selection and Application

A New Illuminance Selection Procedure. Since 1958 the Society has been publishing single-value illuminance recommendations based on a method established at that time.⁵ In recent years it became apparent, through on-going research and design experience, that it was time to move away from the single-value recommendations to a range approach—illuminance ranges accompanied by a weighting-factor guidance system reflecting lighting-performance trends found in research. In 1979 the Society established such a new procedure.⁶

Since early 1979 the Society's committees have applied the new procedure in preparing new interior illuminance recommendations* for this Handbook and for the Society's recommended practices and committee reports.

It is intended that this new procedure will accommodate a need for flexibility in determining illuminance levels so that lighting designers can tailor lighting systems to specific needs, especially in an energy conscious era. Such flexibility requires that additional information be available to effectively use the new range approach—a *lighting task* must be considered to be composed of the following:

1. The visual display (details to be seen).
2. The age of the observers.
3. The importance of speed and/or accuracy for visual performance.
4. The reflectance of the task (background on which the details are seen).

The visual display is the object being viewed—it will present some inherent visual difficulty. The age of the observer is a predictor of the condition of the observer's visual system. The importance of speed and/or accuracy distinguishes between casual, important and critical seeing requirements. The reflectance will determine the adaptation luminance produced by the illuminance. These characteristics, considered in concert, determine the appropriate amount of light for the *lighting task*. All four must be considered as comprising the lighting task.

In applying the new procedure the first step is to determine a range of illuminances appropriate for the visual difficulty presented by the visual display, the first of the above characteristics, and then to determine a target value from that range on the basis of the remaining three characteristics. The Society's application committees, on a consensus basis, have established appropriate

* At this time illuminances for exterior and for certain applications continue to be provided as single-value recommendations established on a consensus basis. See Fig. 2-2. See also page 2-4.

* References are as follows:

5. Committee on Recommendations for Quality and Quantity of Illumination of the IES. "RQQ Report No. 1—Recommendations for Quality and Quantity of Illumination." *Illum. Eng.*, Vol. 56, p. 477, August, 1958.
6. Committee on Recommendations for Quality and Quantity of Illumination of the IES. "RQQ Report No. 6—Selection of Illuminance Values for Interior Lighting Design." *Illum. Eng. Soc.*, Vol. 9, p. 189, April, 1980.
7. *Guide on Interior Lighting*. CIE Publication No. 29 (TC-4) 1975.
8. *Uniform Framework of Methods for Evaluating Visual Performance Aspects of Lighting*. CIE Publication No. 19 (TC-3) 1972.

2-4 LIGHTING SYSTEM DESIGN CONSIDERATIONS

ranges of illuminance for various types of visual displays. Experience and judgment played an obvious, important role in the pairing of visual displays and these ranges. Nine ranges, called *Illuminance Categories*, have been established, patterned after those in the CIE Report No. 29. These are designated "A" through "I," covering illuminance levels from 20 to 20,000 lux [2 to 2000 footcandles]. See Part I of Fig. 2-2. Further work of the application committees resulted in recommended ranges of illuminance for specific visual displays (tasks) and areas (see Fig. 2-2, Parts II and III).

Alternatively, if the inherent visual difficulty of a visual display has been measured in terms of its equivalent contrast, C , the Illuminance Category can be determined from Fig. 2-3. This table of equivalent contrasts and Illuminance Categories was established on a consensus basis by the Society's Committee on Recommendations for Quality and Quantity of Illumination.

For a given visual display, a specific value of illuminance can be chosen from the recommended range only if the second, third, and fourth characteristics of the lighting task are known; i.e., observers age, importance of speed and/or accuracy, and task reflectance. These should be determined at design time, by the designer in conjunction with the user. Specific target values of maintained illuminance *cannot* be determined before hand by the Society. Thus, the recommendations for most interior lighting tasks consist of an Illuminance Category determined by the visual display.

A guide for using the second, third and fourth characteristics of the lighting task, to determine a specific target value of illuminance, takes the form of a table of Weighting Factors (see Fig. 2-4). The designer or user determines the weight of each characteristic. A combined weighting factor then indicates whether the lower, middle or upper value of illuminance in the range is appropriate (see the procedure outlined below).

It can be seen that over-all design of this procedure makes it an illuminance *selection* procedure, where consensus-determined recommended ranges combine with user supplied information and judgment. The result is the determination of a specific target value of illuminance appropriate for the lighting task under consideration.

Limitations of the New Selection Procedure. This illuminance selection procedure is intended for use in interior environments where visual performance is an important consideration. It has been developed from a consideration

of experience and research results from visual performance experiments. Its use is then limited to applications where this information can be applied directly. Thus, the illuminance selection procedure⁴ is *not* used to determine the appropriate illuminances when:

1. Merchandising is the principal activity in the space and the advantageous display of goods is the purpose of lighting.
2. Advertising, sales promotion or attraction is the purpose of lighting.
3. Lighting is for sensors other than the eye, as in film and television applications.
4. The principle purpose of lighting is to achieve artistic effects.
5. Luminance ratios have a greater importance than adaptation luminance, as when it is desired to achieve a particular psychological or emotional setting rather than provide for visual performance.
6. Minimum illuminances are required for safety.
7. Maximum illuminances are established to prevent nonvisual effects, such as bleaching or deterioration due to ultraviolet and infrared radiation in a museum.
8. Illuminances are part of a test procedure for evaluating equipment, such as for surgical lighting systems.

Procedure for Selecting Illuminances. The procedure provides a method for determining a target maintained illuminance value for a single visual task, and as such will not assure an adequate illuminance level for a given space. This is especially true for those spaces in which a variety of visual tasks occurs. To help assure appropriate task illuminance as well as provide potential for increased energy savings, the designer should consider an illuminance target as the quantity of light required on the plane of the task.

The designer should be aware of, or assume, the potential visual tasks to be performed within the space. The illuminance level determined using this procedure is a function of the visual characteristics of that task. Therefore, the importance, duration and difficulty of each task in the space must be considered as each may dictate a different illuminance level. The importance of providing various illuminance levels can then be rated accordingly. Multiple level lighting systems, segregation of certain visual tasks, nonuniform lighting systems, or single level systems to meet the commonly occurring most critical visual task requirements, are options the designer must consider for system optimization.

The four step procedure described below requires the designer to select an Illuminance Cat-

Fig. 2-2. Currently Recommended Illuminance Categories and Illuminance Values for Lighting Design—
Target Maintained Level.

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).

The 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	
Performance of visual tasks of medium contrast of small size	E	500-750-1000	50-75-100	Illuminance on task
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	
Performance of very special visual tasks of extremely low contrast and small size	I	10000-15000-20000	1000-1500-2000	Illuminance on task, obtained by a combination of general and local (supplementary lighting)

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) ²	
Art galleries (see Museums)		Club and lodge rooms Lounge and reading	D
Auditoriums		Conference rooms Conferring	D
Assembly	C ¹	Critical seeing (refer to individual task)	
Social activity	B	Court rooms Seating area	C
Banks (also see Reading)		Court activity area	E ²
Lobby		Dance halls and discotheques	B
General	C		
Writing area	D		
Tellers' stations	E ²		

For footnotes, see page 2-19

2-6 LIGHTING SYSTEM DESIGN CONSIDERATIONS

Fig. 2-2. Continued

B. 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
Velum		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 ³		Inspection	F
Light table	C	AI 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
Cafeterias (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 ³	Elevators	C
Fire halls (see Municipal buildings)		EKG and specimen room ¹⁷	
Food service facilities		General	B
Dining areas		On equipment	C
Cafeteria	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 Laboratories ¹⁷	D
		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 2-3.

Fig. 2-2. Continued

H. Continued			
Area/Activity	Illuminance Category	Area/Activity	Illuminance Category
Chemistry rooms	E	Radiology 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	C	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		Starways	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 ¹	Surgical holding area ^{17, 18}	E
Delivery area		Toilets	C
Scrub, general	G	Utility room	O
General	G	Waiting areas ¹⁷	
Delivery table (see page 7-15)		General	C
Resuscitation	G	Local for reading	O
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 ²
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	N		
Pulmonary function laboratories ¹⁷	E		

For footnotes, see page 2-19. For illuminance ranges for each Illuminance Category, see page 2-3.

2-8 LIGHTING SYSTEM DESIGN CONSIDERATIONS

LIGHTING HANDBOOK
APPLICATION VOLUME

Fig. 2-2. Continued

Continued			
Area/Activity	Illuminance Category	Area/Activity	Illuminance Category
Cataloging	D ²	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 ¹⁹
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
Calculation		Felt-tip pen	D
Merchandise (see page B-6) ⁹		Handwritten carbon copies	F
Feature display (see page B-6) ⁹		Non photographically reproducible colors	F
Show windows (see page B-6) ⁹		Chalkboards	F ³
Motels (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 ¹⁵
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	Handicrafts 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		Fasel hobbies	E
On-to 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 2-13. 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	F	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	F	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) ¹		Book binding	
Aircraft manufacturing (see page 9-12) ¹		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
Exactng	H	Filling (bottles, cans, kegs)	D
Automobile manufacturing (see page 9-17) ²		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 jelled 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

11. 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	Corridors (see Service spaces)	
Canning and preserving		Cotton gin industry	
Initial grading raw material samples	D	Overhead equipment—separators, driers, grid cleaners, sick machines, conveyers, ledgers and catwalks	D
Tomatoes	E	Gin stand	D
Color grading and cutting rooms	F	Control console	D
Preparation		Lint cleaner	D
Preliminary sorting		Bale press	D
Apricots and peaches	D	Dairy farms (see Farms)	
Tomatoes	E	Dairy products	
Olives	F	Fluid milk industry	
Cutting and piling	E	Boiler room	D
Final sorting	E	Bottle storage	D
Canning		Bottle sorting	E
Continuous-belt canning	E	Bottle washers	D
Sink canning	E	Can washers	D
Hand packing	D	Cooking equipment	D
Olives	E	Filling inspection	E
Examination of canned samples	F	Gauges (on face)	E
Container handling		Laboratories	E
Inspection	F	Meter panels (on face)	E
Can unscramblers	E	Pasteurizers	D
Labeling and cartoning	D	Separators	D
Casting (see Foundries)		Storage refrigerator	D
Central stations (see Electric generating stations)		Tanks, vats	
Chemical plants (see Petroleum and chemical plants)		Light interiors	C
Clay and concrete products		Dark interiors	E
Grinding, filter presses, kiln rooms	C	Thermometer (on face)	E
Molding, pressing, cleaning, trimming	D	Weighing room	D
Enameling	E	Scales	E
Color and glazing—rough work	E	Dispatch boards (see Electric generating stations—interior)	
Color and glazing—fine work	F	Dredging (see Part IV, Outdoor Facilities)	
Cleaning and pressing industry		Electrical equipment manufacturing	
Checking and sorting	E	Impregnating	D
Dry and wet cleaning and steaming	E	Insulating: coil winding	E
Inspection and spotting	G	Electric generating stations—interior (see also Nuclear power plants)	
Pressing	F	Air-conditioning equipment, air preheater and fan floor, ash sluicing	B
Repair and alteration	F	Auxiliaries, pumps, tanks, compressors, gauge area	C
Cloth products		Battery rooms	D
Cloth inspection	I	Boiler platforms	B
Cutting	G	Burner platforms	C
Sewing	G	Cable room	B
Pressing	F	Coal handling systems	B
Clothing manufacture (men's)		Coal pulverizer	C
Receiving, opening, storing, shipping	D	Condensers, deaerator floor, evaporator floor, heater floors	B
Examining (perching)	I	Control rooms	
Sponging, decating, winding, measuring	D	Main control boards	D ²³
Picking up and marking	E	Auxiliary control panels	D ²³
Cutting	G	Operator's station	E ²³
Pattern making, preparation of trimming, piping, canvas and shoulder pads	E		
Fitting, bundling, shading, slitching	D		
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		
Switchgear and motor control centers	D		
Telephone and communication equipment rooms	D		
Tunnels or galleries, piping and electrical	B		
Turbine building			
Operating floor	D		
Below operating floor	C		
Visitor's gallery	C		
Water treating area	D		
Electric generating stations—exterior (see Part IV, Outdoor Facilities)			
Elevators (see Service spaces)			
Explosives manufacturing			
Hand furnaces, bowing tanks, stationary driers, stationary and gravity crystallizers	D		
Mechanical furnace, generators and stills, mechanical driers, evaporators, filtration, mechanical crystallizers	D		
Tanks for cooking, extractors, percolators, nitrotrators	D		
Farms—dairy			
Milking operation area (milking parlor and stall barn)			
General	C		
Cow's udder	D		
Milk handling equipment and storage area (milk house or milk room)			
General	C		
Washing area	E		
Bulk tank interior	E		
Loading platform	C		
Feeding area (stall barn feed alley, pens, loose housing feed area)	C		
Feed storage area—storage			
Haymow	A		
Hay inspection area	C		
Ladders and stairs	C		
Silo	A		
Silo room	C		
Feed storage area—grain and concentrate			
Grain bin	A		
Concentrate storage area	B		
Feed processing area	B		
Livestock housing area (community, maternity, individual calf pens, and loose housing holding and resting areas)	B		
Machine storage area (garage and machine shed)	B		
Farm shop area			
Active storage area	B		
		Farms—poultry (see Poultry industry)	
		Flour mills	
		Rolling, sifting, purifying	E
		Packing	D
		Product control	F
		Cleaning, screens, man lifts, aiseways and walkways, bin checking	D
		Forge shops	E
		Foundries	
		Annealing (furnaces)	D
		Cleaning	D
		Core making	
		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, stitching, braiding, cleaning, retining	E

For footcandles, see page 2-19. For illuminance ranges for each Illuminance Category, see page 2-5.

A-9

2-12 LIGHTING SYSTEM DESIGN CONSIDERATIONS

Fig. 2-2. Continued

III. Continued			
Area/Activity	Illuminance Category	Area/Activity	Illuminance Category
Forming, sizing, pouncing, hanging, 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) ¹		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, finishing and stuffing	D	Finishing, 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	Packing 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) ¹	
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 ²⁰	Sexing	H
Laboratory	E	Egg handling, packing, and shipping	
Health physics office	F	General cleanliness	E
Medical aid room	F	Egg quality inspection	E
Hol 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 2-15. For illuminance ranges for each Illuminance Category, see page 2-5.

ILLUMINANCE CATEGORIES (INDUSTRIAL) 2-13

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	I
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, coupling	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, rangers, wheelers, trees, 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, calendaring, upper and sole cutting	D
Machine composition	E	Sole rolling, lining, making and finishing processes	E
Composing room	E	Soap manufacturing	
Presses	F	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) ¹		Grading	E
Rubber tire manufacturing (see page 9-56) ¹		Color inspection	F
Safety (see page 7-45)		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, linting	D
Main mill floor (base lighting)	A	Sorting and grading (wool and cotton)	E ¹⁶
Sorting tables	D	Yarn manufacturing	
Rough lumber grading	D	Opening and picking (chute feed)	I ¹
Finished lumber grading	F	Carding (nonwoven web formation)	I ¹⁶
Dry lumber warehouse (planer)	C	Drawing (giling, 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, quilting, 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 work			
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.

A-11

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	Warehouse (see Storage rooms)	
Inspection	G ¹⁶	Welding	
Finishing		Orientation	D
Fabric preparation (desizing, scouring, bleaching, singeing, and mercerization)	D	Precision manual arc-welding	H
Fabric dyeing (printing)	D	Woodworking	
Fabric finishing (calendarizing, sanforizing, sueding, chemical treatment)	E ¹⁴	Rough sawing and bench work	D
Inspection	G ^{16, 25}	Sizing, planing, rough sanding, medium quality machine and bench work, gluing, veneering, cooperage	D
Tobacco products		Fine bench and machine work, fine sanding and finishing	E
Drying, stripping	D		
Grading and sorting	F		
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 exterior			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 surroundings	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			Valve 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
Bulltin 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)			Turbine and heater decks, unloading bays	50	5
2		0.2			
Dredging					
20		2			
Electric generating stations—exterior					
Boiler areas					
Boiler areas					
Catwalks, general areas	20	2			

For footnotes, see page 2-13. For illuminance ranges for each Illuminance Category, see page 2-5.

Fig. 2-2. Continued

IV. Continued

Area/Activity	Lux	Footcandles	Area/Activity	Lux	Footcandle
Entrances, stairs and platforms	50*	5*	Hump and car rider classification yard		
Flags, hoodlighted (see Bulletin and poster boards)			Receiving yard		
Gardens**			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 host (side lift)	20	2
Log skidding (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)—boat traffic	10	1	Green chain	200 to 300**	20 to 30**
Active log handling area (water)	20	2	Lumber stripping	150 to 200**	15 to 20**
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**	10**
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**	30**
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 footcandle see page 2-15

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**	50**	Tournament	100	10
Target, recreational	300**	30**	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**	10**	Amateur	1000	100
Target, recreational	50**	5**	Seats during bout	20	2
Shooting line, tournament	100	10	Seats before and after bout	50	5
Shooting line, recreational	50	5	Casting—ball, dry-fly, wet-fly		
Badminton			Pier or dock	100	10
Tournament	300	30	Target (at 24 meters [80 feet] for ball casting and 15 meters [50 feet] for wet or dry-fly casting)	50**	5**
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/t-man foot- ball		
Outfield	500	50	Infield	200	20
A and B league			Outfield and football	150	15
Infield	500	50	Industrial softball/t-man foot- ball		
Outfield	300	30	Infield	200	20
C and D league			Outfield and football	150	15
Infield	300	30	Croquet or Roque		
Outfield	200	20	Tournament	100	10
Semi-pro and municipal league			Recreational	50	5
Infield	200	20	Curling		
Outfield	150	15	Tournament		
Recreational			Tees	500	50
Infield	150	15	Rink	300	30
Outfield	100	10	Recreational		
Junior league (Class I and Class II)			Tees	200	20
Infield	300	30	Rink	100	10
Outfield	200	20	Fencing		
On seats during game	20	2	Exhibitions	500	50
On seats before and after game	50	5	Recreational	300	30
Basketball			Football		
College and professional	500	50	Distance from nearest sideline to the farthest row of specta- tors		
College intramural and high school	300	30	Class I Over 30 meters (100 feet)	1000	100
Recreational (outdoor)	100	10	Class II 15 to 30 meters (50 to 100 feet)	500	50
Bathing beaches			Class III 9 to 15 meters (30 to 50 feet)	300	30
On land	10	1	Class IV Under 9 meters (30 feet)	200	20
150 feet from shore	30**	3**	Class V No fixed seating facilities	100	10
Billiards (on table)			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		
Tournament	500	50			
Recreational	300	30			
Bowling					
Tournament					
Approaches	100	10			
Lanes	200	20			
Pins	500**	50**			
Recreational					
Approaches	100	10			
Lanes	100	10			
Pins	300**	30**			

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 5,000 to 10,000; and Class IV for under 5,000 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 ^{1*}	1, 3 ^{1*}	Motor (midget or motorcycle)	200	20
Green	50	5	Racquetball (see Handball)		
Driving range			Rifle 45 meters [50 yards]—outdoor		
At 180 meters [200 yards]	50 ^{1*}	5 ^{1*}	On targets	500 ^{1*}	50 ^{1*}
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 ^{1*}	100 ^{1*}
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	Shooting		
Horse shows	200	20	Targets at 18 meters [60 feet]	300 ^{1*}	30 ^{1*}
Jai-alsi			Firing points	50	5
Professional	1000	100	Ski and trap (combination)		
Amateur	700	70	Targets at 30 meters [100 feet] for trap, 18 meters [60 feet] for skeet	300 ^{1*}	30 ^{1*}
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 2-12

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
Hanger apron	10	1	Inter-city bus at country stop	70	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 ^{13,3}	30 ^{13,3}
Rest rooms (inter-city train)	200	20	Prolonged seeing	700 ^{14,3}	70 ^{14,3}
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	O ³ subject	1000	100
Table games	300	30	Day rooms		
Sleeping car			General lighting	200 ¹³	20 ¹³
General lighting	100	10	Desks	500 ^{14,3}	50 ^{14,3}
Normal reading	300 ³	30 ³	Dining rooms and messrooms		
Prolonged seeing	700 ³	70 ³	General lighting	200	20

For footcandle, see page 2-18.

ILLUMINANCE VALUES (TRANSPORTATION) 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 ^{1a}	20 ^{1c}
General	100	10	Butcher shop	200 ^{1a}	20 ^{1c}
Daytime embarkation	300	30	Galley	300 ^{1a}	30 ^{1c}
Gymnasiums			Pantry	200 ^{1a}	20 ^{1c}
General lighting	300	30	Thaw room	200 ^{1a}	20 ^{1c}
Hospital			Sculeries	200 ^{1a}	20 ^{1c}
Dispensary (general lighting)	300 ^{1a}	30 ^{1b}	Food storage (non-refrigerated)	100	10
Operating room			Refrigerated spaces (ship's stores)	50	5
General lighting	500 ^{1a}	50 ^{1a}	Laundries		
Doctor's office	300 ^{1a}	30 ^{1a}	General	200 ^{1b}	20 ^{1b}
Operating table	2000	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 ^{1a, 2}	50 ^{1a, 2}
Libraries and lounges			Passenger counter	500 ^{1a, 2}	50 ^{1a, 2}
General lighting	200	20	Storerooms	50	5
Reading	300 ^{1a, 2}	30 ^{1a, 2}	Telephone exchange	200	20
Prolonged seeing	700 ^{1a, 2}	70 ^{1a, 2}	Operating Areas		
Purser's office	200 ^{1a}	20 ^{1a}	Access and casing	100	10
Shopping areas	200	20	Battery room	100	10
Smoking rooms	150	15	Boiler rooms	200 ^{1a}	20 ^{1a}
Stairs and lobbies	200	20	Cargo handling (weather deck)	50 ^{1a}	5 ^{1a}
Recreation areas			Control Stations (except navigating areas)		
Ball rooms	150 ^{1a}	15 ^{1a}	General		
Cocktail lounges	150 ^{1a}	15 ^{1a}	Control consoles	200	20
Swimming pools			Gauge and control boards	300	30
General	150 ^{1a}	15 ^{1a}	Switchboards	300	30
Underwater			Engine rooms	200 ^{1a}	20 ^{1a}
Outdoors—600 [60] lamp lumens/square meter [foot] of surface area			Generator and switchboard rooms	200 ^{1a}	20 ^{1a}
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 ^{1a}	10 ^{1a}	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 ^{1a, 2}	50 ^{1a, 2}	Workshops		
Gyro room	200	20	General	300 ^{1a}	30 ^{1a}
Radar room	200	20	On top of work bench	500 ^{1a}	50 ^{1a}
Radio room	100 ^{1a}	10 ^{1a}	Tailor shop	500 ^{1a}	50 ^{1a}
Radio room, passenger foyer	100	10	Cargo holds		
Ship's offices			Permanent luminaires	30 ^{1a}	3 ^{1a}
General	200 ^{1a}	20 ^{1a}	Passageways and trunks	100	10
On desks and work tables	500 ^{1a, 2}	50 ^{1a, 2}			
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.

2-20 LIGHTING SYSTEM DESIGN CONSIDERATIONS

Fig. 2-2. Continued

- * Provide higher level over food service or selection areas
- * Supplying illumination as in delivery room must be available
- * Illuminance values developed for various degrees of store area activity.
- * Or not less than $\frac{1}{2}$ the level in the adjacent areas
- ¹⁰ Only when actual equipment service is in process. May be achieved by a general lighting system or by localized or portable equipment
- ¹¹ For color matching, the spectral quality of the color of the light source is important.
- ¹² Veiling reflections may be produced on glass surfaces. It may be necessary to treat plus weighting factors as minus in order to obtain proper illuminance
- ¹³ Especially subject to veiling reflections. It may be necessary to shield the task or to reorient it
- ¹⁴ Vertical.
- ¹⁵ Illuminance values may vary widely, depending upon the effect desired, the decorative scheme, and the use made of the room.
- ¹⁶ Supplementary lighting should be provided in this space to produce the higher levels required for specific seeing tasks involved.
- ¹⁷ Good to high color rendering capability should be considered in these areas. As lamps of higher luminous efficacy and higher color rendering capability become available and economically feasible, they should be applied in all areas of health care facilities.
- ¹⁸ Variable (dimming or switching)
- ¹⁹ Values based on a 75 per cent reflectance, which is average for vegetation and typical outdoor surfaces. These figures must be adjusted to specific reflectances of materials lighted for equivalent brightnesses. Levels give satisfactory brightness patterns when viewed from dimly lighted terraces or interiors. When viewed from dark areas they may be reduced by at least $\frac{1}{2}$; or they may be doubled when a high key is desired
- ²⁰ General lighting should not be less than $\frac{1}{2}$ of visual task illuminance nor less than 200 lux (20 footcandles)
- ²¹ Industry representatives have established a table of single illuminance values which, in their opinion, can be used in preference to employing reference G illuminance values for specific operations can also be determined using illuminance categories of similar tasks and activities found in this table and the application of the appropriate weighting factors in Fig. 2-4.
- ²² Special lighting such that (1) the luminous area is large enough to cover the surface which is being inspected and (2) the luminance is within the limits necessary to obtain comfortable contrast conditions. This involves the use of sources of large area and relatively low luminance in which the source luminance is the principal factor rather than the illuminance produced at a given point
- ²³ Maximum levels—controlled system.
- ²⁴ Additional lighting needs to be provided for maintenance only
- ²⁵ Color temperature of the light source is important for color matching
- ²⁶ Select upper level for high speed conveyor systems. For grading redwood lumber 3000 lux (300 footcandles) is required.

egory based on types of visual tasks to be performed in the design space. Each category prescribes a range of illuminances permitting the designer to establish a target illuminance responsive to several task and observer characteristics, including the importance of speed and/or accuracy in performing the task, and the age of the observer.

Step 1. Define Visual Task. Determine the type of activity for which the level of lighting is to be selected (e.g., reading typed originals). Also establish the plane of the visual task to which the illuminance level is to be applied.

Step 2. Select Illuminance Category. Select the appropriate Illuminance Category from one of the following:

- a. Fig. 2-2, Parts II and III—when a review of typical tasks reveals specific task types.
- b. Fig. 2-2, Part I—if specific tasks cannot be established, generic task descriptions must be used.
- c. Fig. 2-3—if an equivalent contrast (C) has been determined.

Step 3. Determine Illuminance Range. Referring to Fig. 2-2, Part I, and using the Illuminance Category selected in Step 2, determine the recommended range of illuminances.

Because of the characteristics of the functions in Categories A through C, illuminances are required over the entire area of the interior space considered. For instance, in a lobby area, one visual task is walking to an elevator lobby. This visual task remains constant throughout time and space; therefore, a general level of illumination should be provided throughout the lobby.

Categories D through F, however, are for tasks which remain relatively fixed at one location for meaningful visual performance, although tasks may change considerably from one location to another within a given space. For example, an accounting office may have a secretarial pool where reading self-tip-pen hand-written notes and proofreading typed originals are prominent tasks, while at the same time accountants may be reading computer printouts. Each task calls for a particular illuminance level for satisfactory

visual performance, and so each task should be lighted accordingly. Therefore, Categories D through F should be applied to the appropriate task areas only.

Categories G through I are for extremely difficult visual tasks, and may be difficult to illuminate. For practical and economical reasons, lighting systems for these tasks may require a combination of general over-all illumination and task area illumination. Because of the unusual conditions associated with tasks in Categories G through I, very careful analysis is recommended.

Step 4. Establish Illuminance Target Value. From the range of illuminances determined in Step 3, a design illuminance is to be established based upon several factors. These factors vary depending upon the visual task. For Illuminance Categories A through C use step a, below, for establishing a design illuminance. Use step b for Categories D through I.

a. For Categories A Through C. To establish an appropriate illuminance target value, the designer should be familiar with the design space and intended occupants, to the extent that the following information can be determined:

- (1) Occupants ages (e.g., if the design space is an elevator lobby in a senior citizens' housing complex, then establish ages of the housing occupants).
- (2) Surface reflectances (e.g., if the design space is a building lobby, and the floor is to be slate, with walls of teak, their reflectances must be established).

After the above information has been established, the designer may determine an appro-

Fig. 2-4. Weighting Factors to be Considered in Selecting Specific Illuminance Within Ranges of Values for Each Category.

a. For Illuminance Categories A through C			
Room and Occupant Characteristics	Weighting Factor		
	-1	0	+1
Occupants ages	Under 40	40-55	Over 55
Room surface reflectances*	Greater than 70 per cent	30 to 70 per cent	Less than 30 per cent

b. For Illuminance Categories D through I			
Task and Worker Characteristics	Weighting Factor		
	-1	0	+1
Workers ages	Under 40	40-55	Over 55
Speed and/or accuracy**	Not important	Important	Critical
Reflectance of task background***	Greater than 70 per cent	30 to 70	Less than 30 per cent

* Average weighted surface reflectances, including wall, floor and ceiling reflectances, if they encompass a large portion of the task area or visual surround. For instance, in an elevator lobby, where the ceiling height is 7.5 meters (25 feet), neither the task nor the visual surround encompasses the ceiling, so only the floor and wall reflectances would be considered.

** In determining whether speed and/or accuracy is not important, important or critical, the following questions need to be answered: What are the time limitations? How important is it to perform the task rapidly? Will errors produce an unsafe condition or product? Will errors reduce productivity and be costly? For example, in reading for issues there are no time limitations and it is not important to read rapidly. Errors will not be costly and will not be related to safety. Thus, speed and/or accuracy is not important. However, prescription notes are to be read by a pharmacist, accuracy is critical because errors could produce an unsafe condition and time is important for customer relations.

*** The task background is that portion of the task upon which the meaningful visual display is exhibited. For example, on this page the meaningful visual display includes each letter which combines with other letters to form words and phrases. The display medium or task background is the paper, which has a reflectance of approximately 85 per cent.

Fig. 2-3. Illuminance Categories of Fig. 2-2, Part I, for Measured Equivalent Contrast Values of Task Visual Displays.

Equivalent Contrast C_T	Illuminance Category**
over 1.0	D
.75-1.0	D
.62-.75	E
.50-.62	F
.40-.50	G
.30-.40	H
under .30	I

* Use 200 lux (20 footcandles) and omit use of Fig. 2-4 and footnote (***) below.

** If task reflectance is between 5 and 20 per cent use next higher illuminance category, i.e., D to E, E to F, etc. If less than 5 per cent use two categories higher.

† As determined using a visibility meter and the procedure outlined in Reference B.

Note: Although specific equivalent contrasts are established scientifically, a consensus procedure has been used in establishing corresponding illuminance categories.

appropriate target value from the Illuminance Category by using Fig. 2-4a as follows:

- (a) Review each of the two characteristics and determine the appropriate weighting factors (-1, 0, +1).
- (b) Add the two factors algebraically taking into account the signs.
- (c) If the total factor is -2, use the lowest of the three illuminances in the established range; if the total factor is +2, use the highest of the three illuminances; otherwise use the middle illuminance.

b. For Categories D Through I. At this point the designer should become thoroughly familiar with the anticipated task and anticipated space occupants to the extent that the following information can be established:

- (1) The precise task considered (e.g., if the task is reading computer printouts, obtain a

2-22 LIGHTING SYSTEM DESIGN CONSIDERATIONS

sample to determine the reflectance of the computer paper alone—this is the task background reflectance).

(2) Occupant ages (e.g., if the task is writing payroll checks, and only the senior accountants perform this task, then establish the approximate ages of the senior accountants).

(3) Importance of speed (e.g., if the occupants are under abnormal time constraints, as in a newscopy proofreading room, then speed might be considered critical).

(4) Importance of accuracy (e.g., if accuracy could be a life-death matter as in prescription reading/filling, then accuracy is considered critical).

After the above information has been established, the designer may determine an appropriate target value from the Illuminance Category by using Fig. 2-4b as follows:

(a) Review each of the three characteristics and determine the appropriate weighting factors (-1, 0, +1).

(b) Add the three factors algebraically, taking into account the signs.

(c) If the total weighting factor is -2 or -3, use the lowest of the three illuminances in the established range; if the total factor is +2 or +3, use the highest of the three illuminances; otherwise use the middle illuminance.

(d) When designing spaces with tasks in Categories D through I, it is recommended that 200 lux [20 footcandles] be regarded as the minimum acceptable horizontal illuminance for the general, non-task area.

Proper determination of the weighting factors requires information and judgment on the part of the user. Guessed values are poor substitutes for information and can result in over or under design. Whenever possible, design information should be used in determining values of the weighting factors for each characteristic of the lighting task.

Simplification of Steps 3 and 4. Fig. 2-5 is provided as a means of combining the tables referred to in Steps 3 and 4 as a short cut method once Steps 3 and 4 are understood. In Fig. 2-5, the Illuminance Category from Step 2 and Weighting Factor information (age, speed and accuracy, and reflectance) are used to directly select the illuminances in lux (if footcandles are desired, divide by 10). For a rough estimate of reflectances a gray scale marked with per cent reflectances may prove helpful. Where surfaces are in color, the Munsell value scales for judging reflectance will be found to be helpful. See Section 5 of the 1981 Reference Volume.

Example of Illuminance Selection. A classroom in a high school is to be relighted. The designer in consultation with the teacher and school administrators has determined the following:

1. The task is reading mimeograph material with a reflectance of about 80 per cent.
2. The students are teenagers.
3. The students practice typing to improve speed and accuracy, thus speed and accuracy are considered to be important, but not critical.

Using the above step-by-step procedure:

Step 1. The visual task is defined above.

Step 2. Referring to Fig. 2-2 an Illuminance Category of D is found under Reading, Mimeograph, on page 2-5.

Step 3. Referring to Part I of Fig. 2-2, the illuminance range is found to be 200-300-500 lux [20-30-50 footcandles].

Step 4. Referring to Fig. 2-4b and the above information, the weighting factors selected are: -1 for workers' ages; 0 for speed and/or accuracy; and -1 for reflectance of task background. The algebraic sum is $-1 + 0 - 1 = -2$. Therefore, the illuminance to be selected is the lowest value, i.e., 200 lux [20 footcandles].

If the task were reading #3 pencil handwriting on 80 per cent reflectance paper and the students were older (an adult education course), the Illuminance Category would change to E, the illuminance range would become 500-750-1000 lux [50-75-100 footcandles], and the weighting factor for age would be 0. The new algebraic sum of the weighting factors is $0 + 0 - 1 = -1$. Therefore, the illuminance to be selected is the mid value in the new range, i.e., 750 lux [75 footcandles].

By referring to Fig. 2-5 after step 2, the illuminance can be selected without referring to Part I of Fig. 2-2 or to Fig. 2-4.

Application of Illuminance Values Selected. The use of selected illuminance values may be influenced by work areas involving many visual tasks. The designer, usually through client/occupant/designer interaction, must establish the task of prime importance, with the subsequent hierarchy of remaining tasks. Similarly, the time duration of each task, worker ages, expected task performance, and task characteristics must be determined. If all or many of the tasks require similar lighting qualities, then the designer might design the lighting system to meet one task, and will therefore meet the majority of the other tasks' requirements. If however, the tasks vary considerably in lighting requirements, then the designer should consider

Fig. 2-5. Illuminance Values, Maintained, in Lux, for a Combination of Illuminance Categories and User, Room and Task Characteristics (For Illuminance in Footcandles, Divide by 10).

a. General Lighting Throughout Room								
Weighting Factors		Illuminance Categories						
Average of Occupants Ages	Average Room Surface Reflectance (per cent)	A	B	C				
Under 40	Over 70	20	50	100				
	30-70	20	50	100				
	Under 30	20	50	100				
40-55	Over 70	20	50	100				
	30-70	30	75	150				
	Under 30	50	100	200				
Over 55	Over 70	30	75	150				
	30-70	50	100	200				
	Under 30	50	100	200				

b. Illuminance on Task								
Weighting Factors			Illuminance Categories					
Average of Workers Ages	Der - nd for Speed and/or Accuracy*	Task Background Reflectance (per cent)	D	E	F	G**	H**	I**
Under 40	NI	Over 70	200	500	1000	2000	5000	10000
		30-70	200	500	1000	2000	5000	10000
		Under 30	300	750	1500	3000	7500	15000
	I	Over 70	200	500	1000	2000	5000	10000
		30-70	300	750	1500	3000	7500	15000
		Under 30	300	750	1500	3000	7500	15000
	C	Over 70	300	750	1500	3000	7500	15000
		30-70	300	750	1500	3000	7500	15000
		Under 30	300	750	1500	3000	7500	15000
40-55	NI	Over 70	200	500	1000	2000	5000	10000
		30-70	300	750	1500	3000	7500	15000
		Under 30	300	750	1500	3000	7500	15000
	I	Over 70	300	750	1500	3000	7500	15000
		30-70	300	750	1500	3000	7500	15000
		Under 30	300	750	1500	3000	7500	15000
	C	Over 70	300	750	1500	3000	7500	15000
		30-70	300	750	1500	3000	7500	15000
		Under 30	500	1000	2000	5000	10000	20000
Over 55	NI	Over 70	300	750	1500	3000	7500	15000
		30-70	300	750	1500	3000	7500	15000
		Under 30	300	750	1500	3000	7500	15000
	I	Over 70	300	750	1500	3000	7500	15000
		30-70	300	750	1500	3000	7500	15000
		Under 30	500	1000	2000	5000	10000	20000
	C	Over 70	300	750	1500	3000	7500	15000
		30-70	500	1000	2000	5000	10000	20000
		Under 30	500	1000	2000	5000	10000	20000

* NI = not important, I = important, and C = critical

** Obtained by a combination of general and supplementary lighting

A-21

multiple level systems, variable control systems or a combination of systems in order to accommodate a number of tasks of varying visual requirements in an energy-economic manner.

The target values obtained from this procedure are conventional illuminance values in lux or footcandles and are values to be maintained in service. For many visual displays this is a reasonable indicator of display visibility. Some displays, however, can exhibit veiling reflections and serious contrast loss as indicated by a superscript 3 in Fig. 2-2. In these cases, the illuminance alone is not a reliable indicator of visibility; the contrast of the display must also be taken into account. Equivalent sphere illumination (ESI) is a measure of visibility that takes both illuminance and contrast into account.

Currently, insufficient experience with the use of ESI target values precludes the direct use of ESI values as part of the consensus approach

recommendation process. Thus, the recommendations are in conventional units of illuminance. However, ESI may be used as a tool in determining the effectiveness of controlling veiling reflection and as part of the evaluation of lighting systems.

The target values of illuminance for Illuminance Categories A to C are *average maintained illuminances*, and the lumen method, using zonal-cavity calculated coefficients of utilization for luminaires, or for daylighting, predicts such average illuminance values. The target values of illuminance obtained for visual displays in the last six categories (D through I) are localized values, that is, *maintained illuminance on the task* and point calculation methods are appropriate. In either case the procedure for determining light loss factors should be used in calculating maintained average or point illuminances. See page 9-1 of the 1981 Reference Volume.



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

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES

TEMA Nº12 - INSTALACIONES EN AREAS RIESGOSAS

ING. ALFREDO GONZALEZ H.

SEPTIEMBRE , 1982

Actualmente las industrias de manufacturas y procesos están utilizando mas y mas materiales potencialmente explosivos e inflamables que anteriormente. El uso de equipo eléctrico en estas industrias continúa incrementándose. Es imperativo que el equipo eléctrico seleccionado sea adecuado y apropiadamente instalado y mantenido, para proteger al personal y las instalaciones de la planta. En este documento se revisarán los conceptos básicos de equipo para áreas peligrosas. Cubre los aspectos de seguridad en el diseño, selección, instalación y mantenimiento del equipo eléctrico adecuado para usarse en áreas peligrosas. Los principales cambios en el Código Nacional Eléctrico (NEC) Edición 1978, relacionados al equipo para instalaciones en estas áreas, están también detallados.

ASPECTOS GENERALES

El Código Nacional Eléctrico (NEC) es comúnmente aceptado como guía para la práctica de seguridad en la selección, instalación adecuada de equipo eléctrico. Las áreas peligrosas (clasificadas) están cubiertas en el Capítulo 5, Artículos 500, 501, 502, 503, 510, 511, 514 y 515.

Áreas peligrosas son aquellas que contienen vapores, líquidos o gases inflamables o polvos combustibles y fibras, que pueden causar fuegos o explosiones si se someten a una fuente de ignición. Las áreas están clasificadas con base en sus características de peligrosidad.

En el NEC los gases inflamables están clasificados como Clase I. Ya que los diferentes gases tienen una temperatura de ignición y características de explosión diferentes, están subdivididos en 2 grupos. La Tabla 500-2 enumera los gases clasificados. Estos gases están clasificados en los Grupos A, B, C y D, en los cuales el D es de menor clasificación que el C, etc. En la edición 1978 del NEC distintos gases fueron agregados como resultado de un estudio conjunto de varias organizaciones interesadas. Estos gases están indicados en la tabla por la línea vertical. (Ver página 2)

Para completar la descripción del área, el NEC reconoce 2 Divisiones distintas (Div. 1 y 2). Área Clase I División 1, es (1) aquella en la cual la concentración peligrosa de gas o vapores inflamables existe en continua, intermitente o periódicamente en el ambiente bajo condiciones normales de operación; o también (2), área en la cual la concentración peligrosa de algunos gases o vapores puede existir frecuentemente por reparaciones de mantenimiento o por fugas. Puede ser también (3) aquella área en la cual por falla del equipo de operación o proceso podrían fugarse gases o vapores inflamables hasta alcanzar concentraciones peligrosas y podría también causar simultáneamente fallas del equipo eléctrico.

Esta clasificación incluye generalmente sitios donde líquidos volátiles inflamables o gases licuados inflamables son transportados de un recipiente a otro; el interior de casetas de pinturas por dispersión y zonas adyacentes a estas casetas; lugares en los que hay tanques abiertos con líquidos inflamables; cuartos o compartimientos de secado por evaporación de solventes inflamables; lugares que contienen equipo para la extracción de grasas y aceites que usan solventes volátiles inflamables; zonas de plantas de lavandería y tintorería donde se utilizan líquidos peligrosos; cuartos generadores de gas y otras zonas de plantas de fabricación de gas donde gases inflamables pueden escapar; cuartos de bombeo de gases inflamables o líquidos volátiles inflamables inadecuadamente ventilados; el interior de refrigeradores o congeladores en los cuales materiales inflamables se almacenan en recipientes abiertos no herméticamente cerrados o frágiles y todas las demás zonas de trabajo donde existe la posibilidad de que se presenten concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables en el curso de las operaciones normales.

TABLA 500-2 PRODUCTOS QUÍMICOS POR GRUPO

Atmósfera Grupo A	1-butanol (alcohol butílico)
acetileno	2-butanol (alcohol butílico secundario)
Atmósfera Grupo B	n-acetato de butilo
acroleína (inhibida) ¹	acetato de isobutilo
butadieno	alcohol n-butílico
óxido de etileno	di-isobutileno
hidrógeno	etano
gases manufacturados que	etanol (alcohol etílico)
contienen mas de 30% de	acetato de etilo
hidrógeno (en volúmenes)	etil acetato (inhibido)
óxido de propileno ²	etilén diamina (anhídrido)
Atmósfera Grupo C	etilén diamina (anhídrido)
acetaldehído	dicloro etileno
alcohol alílico	gasolina
n-butiraldehído	heptano
monóxido de carbono	hexano
acetonaldehído	isopreno
ciclopropano	éter isopropílico
éter dietílico	óxido de metileno
dicetilamina	metano (gas natural)
epiclorohidrina	metanol (alcohol metílico)
etileno	3-metil-1-butanol (alcohol isobutílico)
etilénamina	metil etil cetona
sulfuro de hidrógeno	metil isobutil cetona
morfina	2-metil-1-propanol (alcohol isobutílico)
2-nitropropano	2-metil-2-propanol (alcohol butílico terciario)
tetrahidrofurano	nafta de petróleo ³
dimetil hidrazina asimétrica	piridina
(UDMH), 1-dimetil hidrazina	octano
Atmósfera Grupo D	pentano
ácido acético (glacial)	1-pentanol (alcohol amílico)
acetona	propano
acrilonitrilo	1-propanol (alcohol propílico)
amoníaco ⁴	2-propanol (alcohol isopropílico)
benzeno	propileno
butano	estireno
	tolueno
	acetato de vinilo
	cloruro de vinilo
	xileno

¹ El equipo para Grupo D se podrá usar en esta atmósfera si está aislado de acuerdo con la Sección 504-5 (a), sellando todos los tubos conductos iguales o mayores a 1/2 pulgada.

² El equipo para Grupo C se podrá usar en esta atmósfera si está aislado de acuerdo con la Sección 501-5 (a), sellando todos los tubos conductos iguales o mayores a 1/2 pulgada.

³ Para la clasificación de áreas con atmósferas de amoníaco, referirse al Código de Seguridad de Refrigeración Mecánica (ANSI B 9.1-1971) y a los Requisitos de Seguridad para Almacenamiento y Manejo de Amoníaco Anhidro (ANSI K 61.1-1972).

⁴ Mezcla de hidrocarburos saturados que hierve en el rango de 20 a 135°C (68-275°F). También lo conoce como benzina, gas de petróleo, nafta o ligroína.

Clasificación de áreas en donde hay peligro de explosión - Tabla I

Límites de explosividad de gases y vapores				Clase I - Atmosferas peligrosas		
<p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p>	<p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p>	<p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p>	<p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p>	<p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p>	<p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p>	
	<p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p>	<p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p>	<p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p>	<p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p>	<p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p>	<p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p>
	<p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p>	<p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p>	<p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p>	<p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p>	<p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p>	<p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p>
	<p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p>	<p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p>	<p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p>	<p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p>	<p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p>	<p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p> <p>Grupos A, B, C y D</p>

Una área Clase I División 2 es aquella (1) en la cual se manejan, procesan o usan líquidos volátiles o gases inflamables pero en las que estos líquidos o gases se encuentran normalmente dentro de recipientes o sistemas cerrados, de los cuales pueden escaparse solo en caso de ruptura accidental o en caso de operación anormal del equipo, ó (2) en la cual se evitan concentraciones peligrosas de gases o vapores por medio de ventilación mecánica y que solo podrían ser peligrosos en caso de falla u operación anormal del equipo de ventilación, ó (3) aquella adyacente a una área Clase I División 1 y en la cual concentraciones peligrosas de gases o vapores podrían comunicarse a menos de que esta comunicación se evite por medio de una ventilación adecuada con presión positiva de una fuente de aire limpio y protección efectiva contra fallas del equipo de ventilación.

Esta clasificación generalmente incluye sitios donde se usan líquidos volátiles, gases o vapores inflamables pero en los cuales, a juicio de la autoridad correspondiente, llegarían a ser peligrosos solo en caso de accidente u operación anormal del equipo. La cantidad de material peligroso que podría escaparse en caso de accidente, el equipo de ventilación existente, el tamaño del área involucrada y la estadística de explosiones o incendios en esa rama industrial, son todos factores que deben considerarse para determinar la clasificación del área y sus limitaciones en cada sitio.

Tuberías sin válvulas, sellos, medidores y dispositivos similares, ordinariamente no provocan condiciones peligrosas, aún cuando sean utilizados para líquidos o gases peligrosos. Los lugares utilizados para el almacenamiento de líquidos peligrosos o gases licuados o comprimidos dentro de recipientes sellados, normalmente no se consideran peligrosos a menos que estén también sujetos a otras condiciones de peligrosidad.

Cuando las tuberías eléctricas (conducts) y sus correspondientes accesorios se encuentran separados del área de proceso por un solo sello o barrera, deberán clasificarse como División 2 siempre y cuando el exterior de la tubería y de los accesorios sea una área no peligrosa.

Para describir adecuadamente una área que contiene un gas o vapor inflamable, es necesario determinar la Clase, el Grupo y la División.

En el NEC, los polvos combustibles se clasifican como Clase II y se agrupan de acuerdo con su temperatura de ignición y su grado de conductividad en Grupos E, F y G.

Grupo E: Atmosferas que contienen polvos metálicos, como aluminio, magnesio y sus aleaciones comerciales y otros metales de características de peligrosidad semejantes.

Grupo F: Atmosferas que contienen polvo de carbón mineral, de carbón vegetal o de coque en concentraciones mayores a 8% de material volátil total (especificaciones ASTM D-1620 y ASTM D-271) o atmosferas que contienen estos polvos activados por otros materiales que puedan representar el riesgo de una explosión.

Grupo G: Atmosferas que contienen harinas, almidón o polvos de granos.

1. - Algunas atmosferas de productos químicos pueden tener características que requieran una protección mayor que cualquiera de los grupos antes mencionados. El bisulfuro de carbono es uno de estos productos químicos por su baja temperatura de ignición, 100°C, y por la facilidad con que su flama escapa a través de los claros entre las juntas de las cajas que lo contienen.
2. - Algunos polvos metálicos pueden tener características que requieran una protección mayor que la requerida para atmosferas que contienen polvos de aluminio, magnesio y sus aleaciones comerciales por ejemplo los polvos de circonio, torio y uranio tienen temperaturas de ignición extraordinariamente bajas, 20°C y requieren una cantidad de energía para su ignición, menor que la de cualquier otro material clasificado en los grupos de las Clases I o II.

Las áreas clasificadas como Clase II también pueden ser subdivididas en División 1 y División 2. Una área clasificada como Clase II División 1 es aquella (1) en la cual hay o puede haber polvo combustible en suspensión en el aire en forma continua, intermitente o periódica bajo condiciones normales de operación, en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas o inflamables; (2) o donde debido a fallas mecánicas u operación anormal de la maquinaria o el equipo puedan producirse tales mezclas explosivas o inflamables y que una falla simultánea del equipo eléctrico o de los sistemas de protección pueda originar una fuente de ignición; (3) o en la cual polvos combustibles con características de conductividad eléctrica puedan estar presentes.

Esta clasificación incluye generalmente lugares de trabajo donde existe manejo o almacenamiento de granos; plantas donde hay trituradoras, pulverizadoras, limpiadoras, desgranadoras, descascaradoras, separadores, transportadores o gusanos abiertos, tolvas o embudos abiertos, mezcladoras, empacadoras, pesadoras, elevadores, distribuidores, colectores (excepto colectores totalmente metálicos ventilados hacia el exterior) y toda maquinaria y equipo similar que produce polvos en fábricas o plantas procesadoras de granos, plantas de almídon, plantas pulverizadoras de azúcar, plantas de producción de malta, molinos de forraje y otras de naturaleza similar; plantas pulverizadoras de carbón (excepto aquellas donde el equipo de pulverización es a prueba de polvo); todos los lugares de trabajo donde se producen, se procesan, se empacan o se almacenan, excepto en recipientes herméticos, polvos metálicos y todos los lugares similares donde, bajo condiciones de operación normal, están presentes polvos combustibles en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas o inflamables.

Los polvos combustibles no conductores eléctricos incluyen polvos producidos en el manejo y proceso de granos y productos de grano, cacao y azúcar pulverizados, leche y huevo en polvo, especias pulverizadas; almídon y harinas, papas, semillas de frijol, forraje y otros materiales orgánicos que puedan producir polvos combustibles cuando se manejan o procesan. Los polvos no metálicos conductores eléctricos, incluyen polvos de carbón vegetal, carbón mineral y coque. Los polvos que contienen magnesio y aluminio son particularmente peligrosos y se requiere extrema precaución para evitar su ignición y explosión.

Una área Clase II División 2 es aquella en la cual el polvo combustible no está normalmente en suspensión en el aire ni será puesto en suspensión por la operación normal del equipo, en cantidades suficientes para producir mezclas inflamables o explosivas, pero donde (1) el depósito o la acumulación de tal polvo combustible puede ser suficiente para interferir la adecuada disipación de calor del equipo o aparato eléctrico, ó (2) el polvo combustible acumulado o depositado sobre ó alrededor del equipo eléctrico puede inflamarse por arcos, chispas o calentamiento de tal equipo.

Los lugares donde generalmente se reúnen las condiciones arriba descritas incluyen secciones de plantas con transportadores y gusanos cerrados, tolvas o embudos cerrados o maquinaria y equipo que producen apreciables cantidades de polvo solo en condiciones anormales de operación; las zonas adyacentes a las áreas clasificadas como Clase II División 1 que se describieron anteriormente y en las cuales concentraciones inflamables o explosivas de polvo en suspensión podrían producirse sólo bajo condiciones anormales de operación; zonas donde la formación de concentraciones inflamables o explosivas de polvo en suspensión se evita por la operación de un equipo efectivo de control de polvos; bodegas y zonas de embarque donde materiales que producen polvo son almacenados o manejados solamente en bolsas o recipientes y otros sitios semejantes.

Las áreas Clase III son aquellas que son peligrosas por la presencia de fibras o materiales volátiles fácilmente inflamables, pero en las cuales tales fibras o volátiles normalmente no se encuentran en suspensión en el aire en cantidades suficientes para producir mezclas inflamables. Las áreas Clase III se dividen en la siguiente forma:

a) Una área Clase III División 1 es aquella en la cual se manejan, fabrican o utilizan fibras fácilmente inflamables o materiales que producen volátiles combustibles.

Estas áreas generalmente incluyen plantas textiles de rayón, algodón y fibras semejantes; plantas fabricantes o procesadoras de fibras combustibles; molinos de semilla de algodón, plantas alijadoras de algodón; plantas procesadoras de lino; fábricas de ropa, talleres de carpintería y todas las industrias o talleres que tienen procesos o condiciones semejantes. Entre las fibras y materiales volátiles fácilmente inflamables se encuentran el rayón, el algodón, el henequén, el iute, el yute, la fibra de coco, el cáñamo, la estopa, la lana vegetal, el musgo, la viscosa y otros materiales similares.

b) Una área Clase III División 2 es aquella en la cual se manejan o almacenan fibras fácilmente inflamables, con excepción del lugar donde se fabrican.

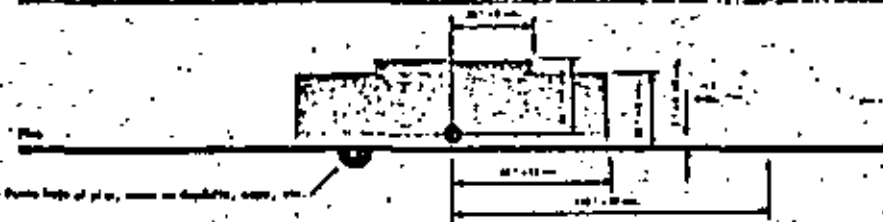
Para que haya un fuego o una explosión, deben reunirse 3 condiciones:

1. — Un líquido inflamable, vapor o polvo combustible debe estar presente en el ambiente en cantidades suficientes.
2. — El líquido inflamable, vapor, o polvo combustible debe mezclarse con aire u oxígeno en las proporciones requeridas para producir una mezcla explosiva.
3. — Una fuente de energía debe aplicarse a la mezcla explosiva.

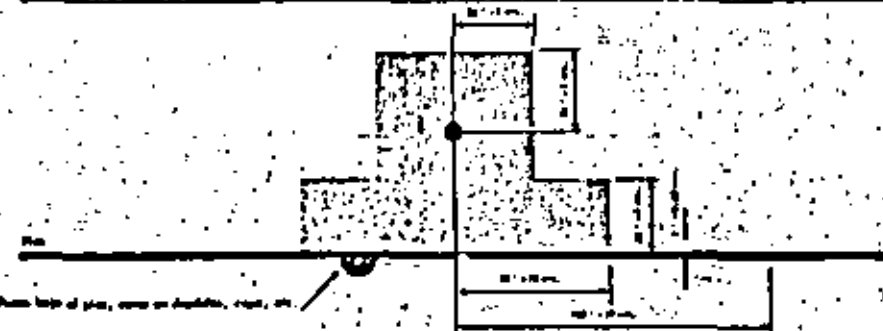
De acuerdo con estos principios, debe considerarse tanto la cantidad de líquido inflamable o vapor que puede encontrarse en el ambiente, como sus características físicas. Por ejemplo los gases más ligeros que el aire se dispersan tan rápidamente en la atmósfera que, excepto en espacios confinados, no producen mezclas peligrosas en áreas cercanas a instalaciones eléctricas. Los vapores procedentes de líquidos inflamables tienen también una tendencia natural a dispersarse en la atmósfera y se diluyen rápidamente a concentraciones menores al límite inferior del rango inflamable (explosivo), especialmente cuando existe movimiento de aire. La probabilidad de que la concentración de gas se encuentre por arriba del límite máximo del rango inflamable o explosivo, no proporciona ninguna garantía, ya que la concentración debe pasar primero dentro de los límites de dicho rango.

El análisis de estas condiciones básicas es el principio para la clasificación de áreas peligrosas. Después de que una área ha sido clasificada según su Clase, Grupo y División, debe seleccionarse el equipo eléctrico adecuado que puede ser usado en dicha área.

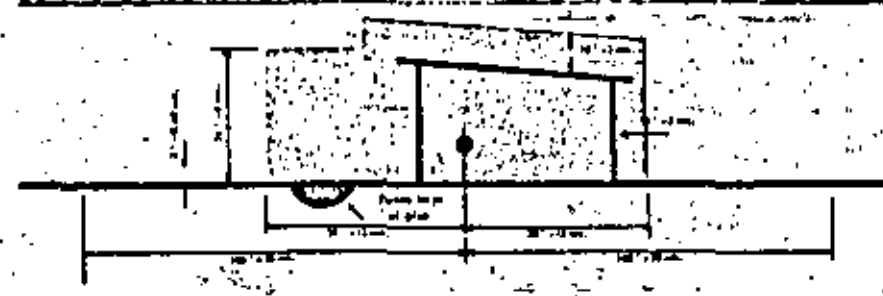
Area de proceso libremente ventilada (Origen del peligro cerca del piso) - Fig. 1



Origen del peligro localizada arriba del piso - Fig. 2



Area de proceso con ventilación restringida - Fig. 3



● Fuente de peligro ■ División I ■ División II 2.1 Area actualizada de la Div. I cuando hay un número grande de unidades

El equipo eléctrico puede usarse con seguridad en áreas peligrosas siempre y cuando haya sido construido en una forma adecuada para una área definida de acuerdo a su Clase, Grupo y División.

En los Estados Unidos diversos tipos de construcción de equipo se aceptan como apropiados para áreas Clase I. El más comúnmente usado es equipo construido a prueba de explosión. Este tipo de construcción requiere que la envolvente sea lo bastante fuerte para resistir la explosión interna de un determinado gas o vapor y que impida la ignición del gas o vapor que se encuentra en la atmósfera por chispas o flamas que provengan del interior o por el aumento de la temperatura en la superficie de la envolvente.

Generalmente estas envolventes se hacen de fierro, acero o aluminio con un diseño que impida el paso de la flama o el escape de la presión interna.

Comúnmente se utilizan dos tipos de juntas. Una es la junta plana rectificada que se muestra en la Figura 1.

En este tipo de unión, las dos superficies se mantienen perfectamente unidas por medio de tornillos. El ancho mínimo para el paso de la flama es de 3/8", con un claro máximo de 0.0015". La experiencia ha demostrado que este claro previene que los gases calientes escapen al exterior.

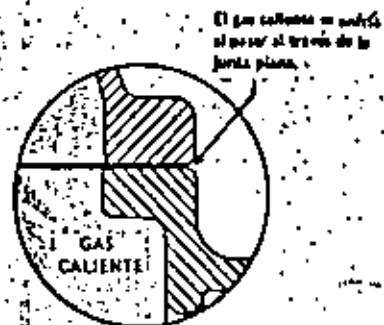


Figura 1: Junta Plana

El gas caliente se unifica al pasar al través de la junta roscada.

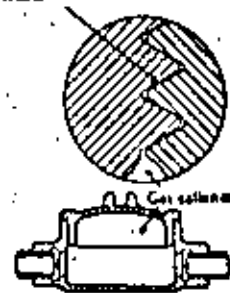


Figura 2: Junta Roscada

Otro tipo de junta que frecuentemente se utiliza, es la tapa roscada que se muestra en la Figura 2.

Este tipo requiere que un mínimo de cinco hilos de la rosca estén en contacto. Cuando dentro de la envolvente ocurre una explosión, los hilos de la rosca de la tapa se aprietan contra los hilos de la rosca del cuerpo, forzando así al gas caliente a recorrer toda la trayectoria helicoidal entre el cuerpo y la tapa lo que lo enfría suficientemente antes de lograr salir a la atmósfera circundante.

En los Estados Unidos se aceptan otros tipos de equipo para áreas peligrosas. Entre ellos podemos nombrar los tipos de equipo sumergido en aceite, equipo presurizado y equipo intrínsecamente seguro. El uso del equipo sumergido en aceite está declinando. En este tipo, el equipo eléctrico se sumerge completamente en aceite lo que impide que el gas peligroso se ponga en contacto con el dispositivo que forma el arco eléctrico. Este tipo de equipo se usa frecuentemente en aparatos grandes de control donde no es práctico utilizar equipo a prueba de explosión.

La instalación de equipo presurizado está especificada en el Boletín 496 de la NFPA. Este equipo requiere que aire limpio o gas inerte se bombea dentro del sistema eléctrico lo que impide que el gas peligroso penetre. Los detalles y requisitos específicos se mencionan en el Boletín 496. El uso principal de este tipo de equipo es en cuartos de control, gabinetes para instrumentos grandes y motores de medio y alto voltaje.

El equipo intrínsecamente seguro es un equipo eléctrico especialmente diseñado para limitar la energía disponible a un nivel tan bajo que no produzca una chispa, ni caliente la superficie lo suficiente para encender un gas, vapor o polvo específico. El uso principal de este tipo de equipo es en instrumentos que se utilizan en industrias de proceso. Los requisitos de instalación de este equipo están especificados en el Boletín 493 de la NFPA. Los circuitos eléctricos deben funcionar de tal modo que los voltajes inducidos no se apliquen sobre el alambrado eléctrico.

El principal tipo de equipo para áreas Clase II es el equipo a prueba de ignición de polvo. Su diseño es diferente al del equipo para Clase I, ya que se diseña para impedir la entrada de polvo en el equipo y no requiere soportar explosiones internas. La principal condición que debe reunir el equipo para áreas Clase II es que opere, bajo una mancha de polvo, a una temperatura lo suficientemente baja para que no incendie o quema el polvo. La mayor parte del equipo se diseña de tal modo que evita la acumulación del polvo.



Figura 3: Luminario a prueba de ignición de polvo.

El equipo que se instale en áreas Clase III deberá ser capaz de operar a plena capacidad sin calentarse al grado de que cause deshidratación excesiva o carbonización gradual de las fibras o material volátil que se le acumule. El material orgánico carbonizado o excesivamente deshidratado es susceptible de incendiarse espontáneamente.

DISEÑO DE SISTEMAS ELÉCTRICOS

El diseño de un sistema existente puede o no incluir las recomendaciones del Departamento de Seguridad, sin embargo existen algunos puntos clave que el Ingeniero de Seguridad deberá tomar en cuenta al diseñar una nueva instalación eléctrica o modificar la existente.

El Código Nacional Eléctrico especifica los requisitos para instalar equipo eléctrico. Debe tenerse en cuenta que estos son los requisitos mínimos de seguridad. Pueden añadirse requisitos adicionales para obtener instalaciones más seguras. La creación de la OSHA, hace algunos años, ha originado la necesidad de que todas las instalaciones eléctricas cumplan con el NEC. La OSHA también exige que todos los locales peligrosos cumplan con las especificaciones del NEC de 1971. Por lo tanto, pueden necesitarse ciertas modificaciones en las instalaciones eléctricas existentes, si la planta fue construida antes de esa fecha.

Un nuevo punto añadido al NEC de 1971 exige especial atención del Ingeniero de Diseño. Este punto es el requisito de límite de temperatura. El Código exige que todos los artículos de críticos que producen calor sean marcados con una clasificación de temperatura tal como se muestra en la Tabla 500-2 (b). Este requisito se modificó en el Código de 1975, el cual señala que cualquier aparato que opere a una temperatura inferior a 100°C no necesita marcarse. De hecho esto significa que los luminarios, motores y otros equipos similares deben marcarse.

Los requisitos para áreas Clase I División 2 han sido modificados en el NEC de 1978. Los equipos eléctricos para dichas áreas pueden ahora operar a temperaturas iguales a la temperatura de ignición de la atmósfera que los rodea. Anteriormente podían operar solo a una temperatura máxima del 80% de la temperatura de ignición de tal atmósfera.

CLASIFICACIÓN DE ÁREAS

Para poder determinar el tipo de equipo eléctrico que debe usarse, es necesario estudiar cuidadosamente la clasificación de las diferentes áreas. Venturosamente, existen muchos documentos que ayudan en la determinación de los límites de las Divisiones 1 y 2. La correcta clasificación debe proporcionar instalaciones eléctricas seguras y también permitir el uso de equipo más económico. Algunos de los documentos que pueden usarse como referencia son las Series RPS00 del API que muestran en ilustraciones y fotografías los límites de las Divisiones. Además de estas Series, los Artículos 511, 513, 514, 515 y 516 del NEC proporcionan requisitos específicos. El Registro Federal que promulgó los requisitos de OSHA también especifica la clasificación de ciertas áreas. El NFPA 70 C es un nuevo documento que recopila clasificaciones de otros documentos del NFPA y es muy útil ya que concentra toda la información en uno solo.

Un problema que se presenta frecuentemente es el de cómo clasificar un gas o polvo que no está listado en el NEC. Hay muchas maneras de obtener la información. Una forma sería el revisar los estándares internacionales o revisar las publicaciones de la Comisión Electro-técnica Internacional. En estas organizaciones se han clasificado muchos más gases que en los Estados Unidos. En muchos casos los estándares internacionales no toman en cuenta la acumulación de presión, así que pueden haber algunas diferencias entre las clasificaciones de Estados Unidos y las de otros países. Si es necesario, cualquier gas puede ser clasificado mediante el uso del equipo de Underwriters Laboratories.

SELECCION DE EQUIPO

La selección del equipo es una consideración importante. El equipo eléctrico debe ser apropiado para la Clase y el Grupo del área donde va a usarse. Sería muy peligroso usar un equipo para Clase I Grupo D, en atmósferas de hidrógeno. Esto es también cierto al usar equipo para Clase I en áreas Clase II.

En áreas Clase I, los dispositivos que forman arcos eléctricos como arrancadores e interruptores se construyen a prueba de explosión tanto para División 1 como para 2.

Sin embargo las luminarias para División 2 son generalmente unidades selladas y provistas de empaques.



Figura 4: Luminaria Sellada y con Empaque para Clase I División 2

Muchos de los dispositivos que forman arco eléctrico, apropiados para Clase I, lo son también para la Clase II. Una cuidadosa revisión de los catálogos de los fabricantes identificará los productos adecuados para cada Clase y Grupo. Información adicional se encuentra en los Artículos 501 y 502 del NEC que especifican los tipos de equipo permitidos para áreas peligrosas.

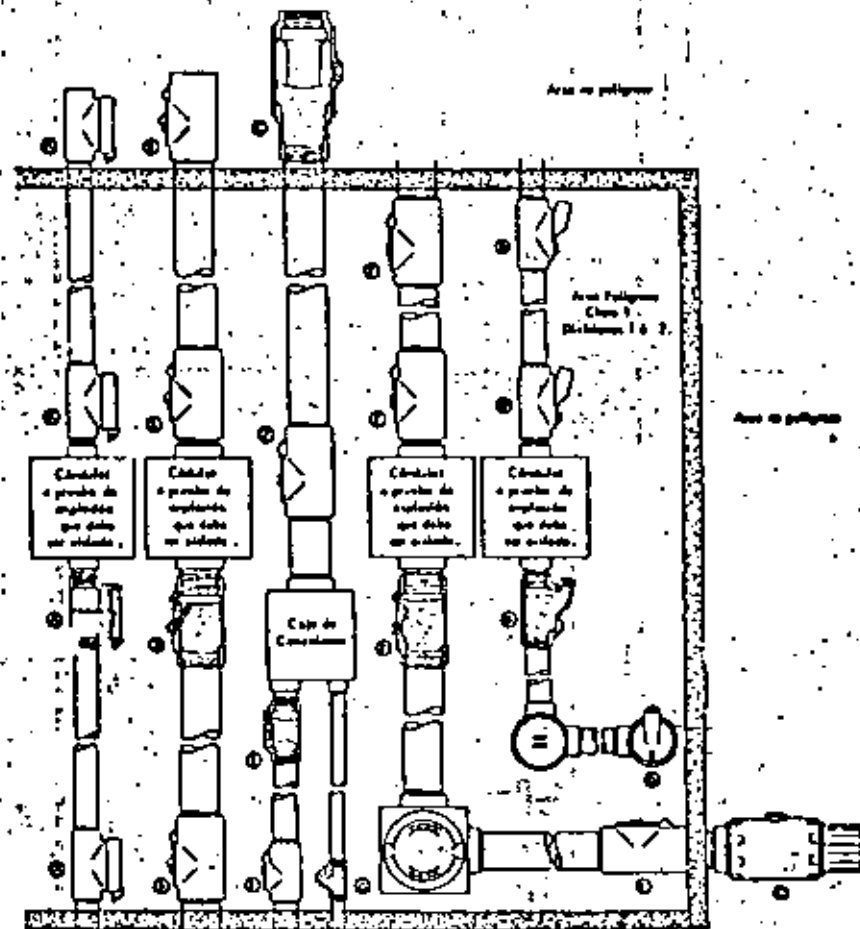


Figura 5: Luminaria HID para Clase I, División 1

En el NEC 75 se adicionó un nuevo Artículo, el 318, titulado Charolas para Cable. El Código ha reconocido también el uso de charolas para cable en áreas División 2. Este artículo detalla los requisitos para la colocación de los cables sobre la charola, los tipos de cable permitidos y los requisitos de área de sección transversal del riel o larguero lateral. Reconoce también un nuevo tipo de cable, TC (cable para charola) que es un cable no metálico designado especialmente para instalación en charolas. Es necesario leer cuidadosamente este Artículo para cerciorarse de que las instalaciones cumplen con el Código.

El NEC 78 reconoce el uso de tubería conduit metálica (acero) para instalación en toda clase de áreas peligrosas. Debe ser roscado NPT, excepto en áreas donde se permite tubería conduit sin rosca.

SELECCION DE SELLOS



- A - Sellos 128, uno de un para instalación vertical, de 1/2 a 3-1/2".
- B - Sellos 179, uno de un para instalación horizontal, de 3 a 4".
- C - Sellos 125, uno de un para instalación vertical de horizontal de, 3-1/2 a 6".
- D - Sellos 173, uno de un para instalación vertical de horizontal de, 1/2 a 3".
- E, F, G - Sellos 175, uno de un para instalación vertical de horizontal de, 1/2 a 4".

INSTALACION

(2)

Al instalar el equipo, algunos puntos deben vigilarse para asegurarse que la instalación es segura. Una importante es el que toda la tubería esté perfectamente apretada a las cajas e coples. Puesto que la tubería es la trayectoria de regreso para la falta de corriente, las roscas flojas pueden causar sobrecalentamiento y chispas. De hecho, el NEC requiere que el tubo conduit se apriete con una llave de tuercas.

Los sellos constituyen otra consideración importante en las áreas peligrosas. El Código requiere que se instalen dentro de una distancia de 18" (45.72 cm) a los dispositivos que producen arco eléctrico, antes de entrar a o salir de un área peligrosa, en todos los tubos conduit de 2 ó mas pulgadas de diámetro que salgan de una envolvente y que presenten derivaciones o empalmes. Estos sellos se hallan disponibles en varias formas para instalaciones verticales y horizontales de tubería conduit.

El compuesto sellador que se usa debe ser aprobado para tal fin. Todos estos compuestos se mezclan con agua, se expanden y al solidificarse, resisten el ataque de productos químicos. Este proceso se llama "curado". Un sello bien "curado" impide el paso del gas o de la presión de una área a otra. La instalación del sello sin el compuesto, no ofrece seguridad en la instalación.

Cuando la instalación se ha terminado, debe hacerse una inspección para cerciorarse que todas las tapas y tornillos están en su lugar. El dejar un solo tornillo fuera de lugar puede destruir la característica "a prueba de explosión" de una instalación. Deben usarse lámparas y calentadores, que son partes de los equipos, del tamaño y capacidad apropiados. Una lámpara de mayor capacidad que la indicada provocaría un sobrecalentamiento en la luminaria y comprometería la seguridad de la instalación.

CORROSION

El uso de equipo eléctrico en ambientes corrosivos ha sido un problema tradicional en la industria. La excelente cooperación entre los fabricantes y los usuarios ha minimizado dicho problema en los últimos años. Ahora existe ya una solución satisfactoria a la mayor parte de los agentes corrosivos, si el usuario inspecciona y mantiene el equipo periódicamente. En los equipos de perforación y en los barcos el mantenimiento de rutina se efectúa a las estructuras de acero y los cascos. Lo mismo debe hacerse con el equipo eléctrico. Al través de muchos años de experiencia, hemos aprendido que la corrosión no es un problema grave si se selecciona el material adecuado para cada aplicación.

Muchos fabricantes de tubería conduit la recubren ahora con una capa de resina epoxi cloruro de polivinilo PVC. Debe tenerse cuidado al instalar los tubos conduit ya que no se recubren las roscas en los extremos. Muchos productos de Crouse-Hinds se surten con recubrimiento epoxi y pueden obtenerse agregando un sufljo al número de catálogo. (2)

Tenemos mas de 2,000 productos fabricados con Krydon, un material de políéster reforzado con fibra de vidrio, especialmente diseñado para utilizarse en ambientes corrosivos.

Todos los reflectores de nuestras luminarias estan hechos con este material plástico que previene el ataque de la corrosión. Debe señalarse que algunos plásticos que se usan en la industria eléctrica, no soportan la corrosión o la luz del sol.

En Estados Unidos, el aluminio "libre de cobre" ha tenido éxito cuando es expuesto al agua salada. Por medio de la cuidadosa selección de materiales, hemos aprendido que utilizar el material adecuado es un modo de protegerse contra la corrosión.

REQUISITOS DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento del equipo eléctrico en áreas peligrosas se menciona pero no se detalla en el NEC. Los siguientes puntos deben observarse en cualquier instalación:

1. — Debe darse servicio o desarmarse el equipo eléctrico solo después de desenergizar los circuitos de abastecimiento y debe ensamblarse perfectamente antes de reenergizarlos.
2. — Los martillos, destornilladores y otras herramientas no deben dañar las juntas planas de las envolventes a prueba de explosión.
3. — Las tuercas y tornillos que aseguran juntas a prueba de explosión deben permanecer bien atornilladas durante todo el tiempo que los circuitos están energizados.
4. — No deben dejarse acumular partículas extrañas en la superficie rectificada de las juntas planas ya que impiden el ajuste adecuado y podían permitir que las chispas o flamas del interior se propaguen a la atmósfera.
5. — Cuando se ensambla una envolvente, toda la grasa, suciedad, pintura u otro material extraño debe limpiarse de la superficie, utilizando un cepillo y petróleo o un solvente con un punto de inflamación (flash point) mayor de 38°C. Una película de aceite ligero o lubricante del tipo recomendado por el fabricante, debe aplicarse a las juntas del cuerpo y de la tapa. Inmediatamente después de aplicarlo, la tapa debe cerrarse perfectamente ya que el lubricante puede atraer materiales extraños.
6. — Las tapas roscadas deben apretarse bien, sin forzarlas, para evitar que se aflojen por vibración.

CAMBIO EN LA CLASIFICACION DE AREAS PELIGROSAS EN CODIGO NACIONAL ELECTRICO 1978

Los principales cambios o adiciones fueron los siguientes:

Artículo 500 a 516: La tubería conduit de acero IMC se acepta para todas las áreas Class I, II y III. Debe ser roscada con cuerda NPT excepto en los casos en que se permita la tubería sin roscas EMT.

Sección 500-2: Se agregó una nota indicando que los polvos de aluminio, boro y titanio no se clasifican en ningún Grupo de la Clase II debido a su baja temperatura de ignición.

Sección 500-2 (a): Se añadió un párrafo que acepta la utilización del equipo para uso general, en las Secciones apropiadas de los Artículos 501, 502 y 503. Esto no amplía la utilización del equipo para uso general.

Sección 500-2 (b): El equipo para uso general, con la excepción de luminarias fijas, no tiene que ser marcada con la Clase, Grupo y División.

Tabla 500-2: 20 productos químicos se han agregado a la lista clasificada de productos químicos peligrosos.

Sección 501-4 (b): El cable PLYC puede ser usado en las Clase I. Es una nueva designación del cable usado para circuitos de señalización. Es similar al cable TC pero tiene conductores más pequeños.

Sección 501-5 (c): Se ha hecho un intento para definir el uso de uniones, cajas y pequeñas cajas de conexión entre una envolvente a prueba de explosión y el sello correspondiente. Se permite el uso de uniones, cajas pequeñas GUA, etc. entre el sello y la envolvente a prueba de explosión.

Sección 501-5 (d): Los cables multiconductores dentro de tubos conduit en áreas Clase I División 1, pueden ser sellados como los que tienen un solo conductor, si es que no transmiten el gas peligroso. Si transmiten gas, el forro exterior debe quitarse y los conductores aislados y las terminales del cable sellarse.

Sección 501-5 (e) 2: En las áreas Clase I División 2, los cables con forro continuo metálico o no metálico que no requieren más que un sello en un accesorio sellado, no tienen que sellarse excepto cuando entran a una envolvente a prueba de explosión.

Sección 501-5 (e) 3: Los cables con forro continuo que puedan transmitir gas, deben ser también sellados cuando salen del área peligrosa.

Sección 501-16 (b): Cuando se utiliza tubo conduit flexible, la continuidad de la conexión puede ser interna o externa.

Tabla 502-1: Esta tabla se agregó para mostrar las máximas temperaturas superficiales permitidas para equipo para Clase II. No aparece antes en el Código, aunque sí en los requisitos de U.L.

Sección 516-2 (a): Esta sección sobre procesos de acabado, que define las áreas Clase I División 1, ha sido modificada para reflejar los cambios hechos por la NFPA 33 en sus estándares. Las cifras fueron corregidas para que se puedan leer más fácilmente.

COMISION ELECTROTECNICA INTERNACIONAL

(IEC)

Es de esperarse que la discusión acerca de la entrada directa e indirecta de cables haya sido finalmente resuelta. Durante algunos años los Comités Nacionales han preferido el método indirecto mientras que otras organizaciones han preferido el método directo. El IEC y los estándares propuestos por el Cenelec reconocen ambos métodos.

El grupo de trabajo de reglamentos para instalación ha reglamentado la instalación de sistemas de tubo conduit y cable. Las reglas para el tubo conduit son las mismas que aparecen en este documento. Otro sistema aceptado es el sistema mixto. Este sistema se usa en algunos países donde el equipo a prueba de explosión tipo Norteamericano se usa con cables. Abajo se muestran ejemplos de conectores para cable que cumplen con los estándares del IEC.



Conector para cable armado sin forro



Conector para cable armado

RESUMEN

La selección, instalación, operación y mantenimiento del equipo eléctrico en áreas peligrosas requiere de una clasificación precisa de las áreas y de comprensión y atención a los requisitos específicos del equipo y de los sistemas eléctricos.

Existe una gran cantidad de material de referencia para ayudar a la clasificación de las áreas y una variedad amplia de equipos está disponible para todo tipo de áreas peligrosas.

El apropiado uso del equipo eléctrico en áreas peligrosas ayudará a proteger vidas e instalaciones y proporcionará estadísticas de mayor seguridad.

1. - Código Nacional Eléctrico Edición 1978
NFPA No. 70-1978
2. - Clasificación de Áreas Peligrosas
NFPA No. 70C-1974
3. - Código de Líquidos Inflamables y Combustibles
NFPA No. 30-1976
4. - Envoltorios Presurizados para Equipo Eléctrico
NFPA No. 436-1974
5. - Equipo Intrínsecamente Seguro para Control de Procesos en Áreas Peligrosas Clase I
NFPA No. 493-1975
6. - Clasificación de Áreas Peligrosas Clase I para Instalaciones Eléctricas en Plantas Químicas
NFPA No. 497-1975
7. - Directorio de Materiales Eléctricos para Construcción (Libro Verde)
Underwriters Laboratories Inc.
8. - Directorio de Equipo para Áreas Peligrosas (Libro Rojo)
Underwriters Laboratories Inc.
9. - Instituto Americano del Petróleo. Recomendaciones Prácticas para Clasificación de Áreas para Instalaciones Eléctricas
API-RP500A En refineras de petróleo
API-RP500B En instalaciones de petróleo
API-RP500C En instalaciones para transporte de petróleo y gas por tubería
10. - Compendio del Código - Artículos 500-503 y 510-517 del Código NFPA
Crosby-Hinds Company Boletín 2918
11. - Guía para Diseño y Construcción de Sistemas Eléctricos en Área
Electrical Construction and Maintenance 1974/1975



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

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES

TEMA Nº17 - DESCRIPCION DE LA INGENIERIA DE DISEÑO

ING. REBECA PICO URIBE

SEPTIEMBRE , 1982

SECUENCIA DE UN PROYECTO ELECTRICO INDUSTRIAL

CONSULTAR PLANOS CIVILES Y ARQUITECTONICOS
CONOCER DISTRIBUCION DE CARGAS
ESTIMAR CARGAS PALIANTES
DETERMINAR TENSIONES DEL SISTEMA

CONSULTAR PLANOS ARQUITECTONICOS, MECANICOS
Y DISPOSICION DE EQUIPO

¿ SE CONOCEN TODAS
LAS CARGAS ?

ESTIMAR LAS CARGAS
NO CONOCIDAS

LOCALIZAR LAS CARGAS
EN PLANO DE PLANTA

SOLICITAR SERVICIO DE
ENERGIA ELECTRICA A
CIA. SUMINISTRADORA

ELABORAR EL PROYECTO
ELECTRICO

PLANOS CIVILES Y ARQUITECTONICOS

ALUMBRADO

CONTACTOS

FUENZA

ALIMENTACIONES GENERALES

SUBESTACIONES

DIAGRAMA UNIFILAR

MEMORIA DE CALCULO

ESPECIFICACIONES

TELEFONOS E INTERCOMUNICACION

SONIDO

SISTEMA DE PARARRAYOS

TRAMITES OFICIALES

PLANOS CIVILES Y ARQUITECTONICOS

- Escala de planos
- Plantas
- Cortes
- Fachadas
- Plano de conjunto
- Plano de azoteas
- Sello de referencias
- Croquis de localización
- Orientación
- Detalles especiales de construcción
- Guías mecánicas
- Indicación de niveles sobre S. P. T.
- Descripción de áreas de trabajo

PROCEDIMIENTO DE DISEÑO PARA ALUMBRADO

- Reflectancias
- Niveles de Iluminación
- Método de cálculo de niveles de Iluminación
 - Punto por punto
 - Lámen
 - Cavidad zonal
- Cálculo de niveles de Iluminación en todas las áreas
- Selección de unidades de Iluminación
- Balastos
- Luces de obstrucción (Ver detalle A)
- Localización de tableros
- Selección del servicio "Normal" y "Emergencia"
- Diseño y cálculo de circuitos
- Flexibilidad de proyecto
- Reservas en tableros
- Neutro común
- Voltaje
- Aterrizaje de equipos
- Simbología
- Cuadros de carga
- Detalle montaje de unidades de Iluminación
- Dibujo

-8-

S I M B O L O S

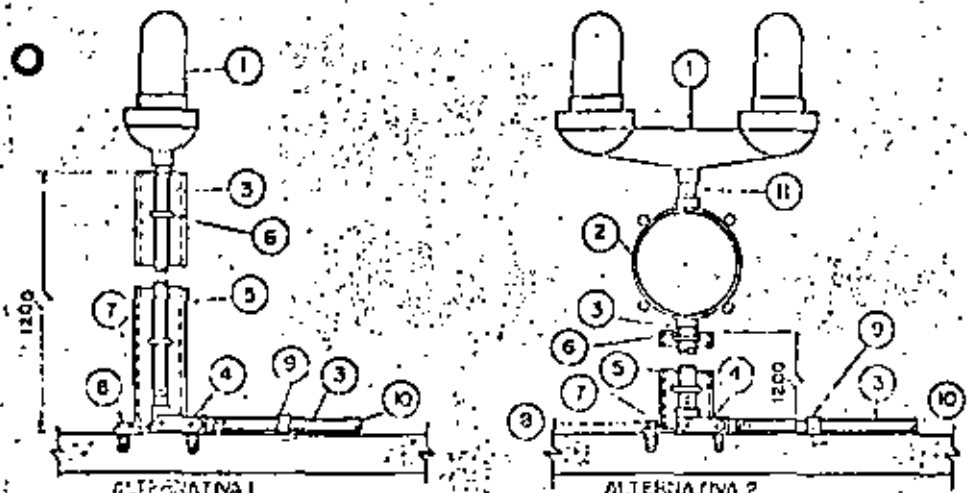
	Tira luminosa
	Plafond luminoso de las Dimensiones indicadas
	Lámpara fluorescente Slim Line de 2x40 w. a prueba de vapor (30x122 cm)
	Lámpara fluorescente Slim Line de 2x40w. (30x122 cm.)
	Lámpara fluorescente Slim Line de 406x40 w. (60x122 cm.)
	Lámpara fluorescente Slim Line de 2x40 w. tipo industrial (30x122 cm.)
	Lámpara incandescente de 100 w.
	Lámpara incandescente de 150 w.
	Lámpara incandescente con un foco blanco de 100w. y uno rojo 25 w.
	Lámpara incandescente de 75 w. tipo Spot
	Lámpara incandescente de 100w. tipo Century
	Lámpara incandescente de 100w. A prueba de vapor tipo YUC-10
	Lámpara incandescente de 100w. tipo R.L.M.
	Lámpara veladora de 25 w.
	Lámpara especial para quirófanos
	Lámpara incandescente tipo reflector servicio intemperie
	Arbotante tipo para enchufados de 2x20 w.
	Arbotante de extensión de 100 w.
	Arbotante tipo YUB-105 Domex
	Arbotante intemperie tipo M-475, 150 w.
	Lámpara de obstrucción de 150 w.
	Salida especial indicado uso y capacidad

SIMBOLOS CONVENCIONALES- ALUMBRADO

-9-

	Contacto Duplex 127 V polarizado
	Contacto de piso 127 V polarizado
	Contacto a prueba de explosión
	Contacto trifásico de media vuelta
	Contacto para rayos X portátil
	Contacto TWIST-LOCK 127 V
	Apagador sencillo
	Apagador de 3 fases
	Salida para motor de 1, 2 y 3 fases
	Salida a termostato y humidostato h=1.65m
	Salida a megoscopio h=1.65m
	Salida a unidad de Aire Acondicionado (FAN AND COIL)
	Salida de control de la unidad anterior
	Campana
	Boton de timbre de pared
	Registro de mampostería para interiores o exteriores
	Arrancador del tipo indicado
	Estación de botones
	Contactador magnético
	Interruptor termomagnético en gabinete
	Desconectador de navajas
	Indicador de tierra o detector
	Luz Piloto

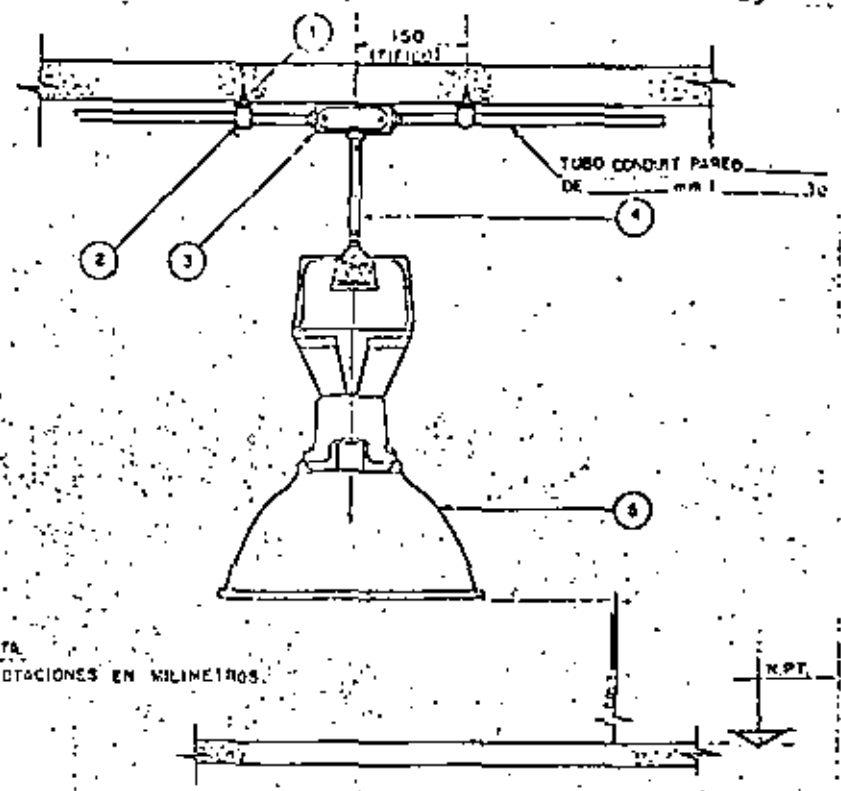
SIMBOLOS CONVENCIONALES- CONTACTOS



ALTERNATIVA 1
LUMINARIA SENCILLA
NOTA: ACOLOCACIONES EN MILIMETROS.
UNIDAD DE ALUMBRADO TIPO "LUCES DE OBSTRUCCION"

CANT.	UNID.	DESCRIPCION	CAT. No.	MARCA	REG. 26-175
1	UNA	UNIDAD DE ALUMBRADO INCANDESCENTE DE OBSTRUCCION TIPO 1000		GENEX	
2	1	ALTERNATIVA DE TRANSMISOR TIPO TRR		GENEX	
3	UNA	TUBO CONDUIT PARED GUESA GALV DE mm 10			
4	UNA	CAJA CONDUIT SERIE TIPO "OT" CON TAPA Y BARRILETE		GENEX	
5	12	CATAL LUMINA DE ACERO AL CARBONO 1500 mm x 100 mm x 10 mm		GENEX	
6	UNA	PLATAFORMA TIPO "U" CON BARRAS DE ALUMINIO Y BARRAS DE BRONCE		FE.	
7	1	PLACA DE ALUMINIO CAL. DE ALUMINIO DE 100 x 100 x 2 mm (1/2" x 1/2")		GENEX	
8	4	PERNO DE ALUMINIO TIPO "U" CON BARRAS DE ALUMINIO Y BARRAS DE BRONCE 100 x 100 x 2 mm (1/2" x 1/2")			
9	UNA	ALTERNATIVA TIPO "U" CON BARRAS DE ALUMINIO Y BARRAS DE BRONCE		FE.	
10	UNA	PLATAFORMA TIPO "U" CON BARRAS DE ALUMINIO Y BARRAS DE BRONCE		GENEX	
11	UNA	CAJA DE CONDUIT TIPO "U" CON TAPA Y BARRILETE			

DETALLE "A"

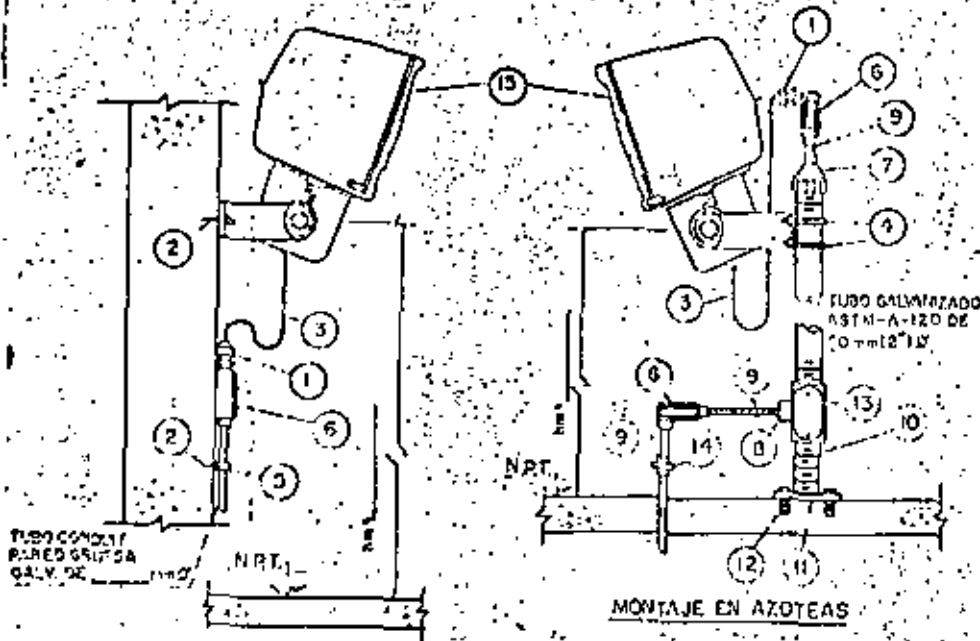


NOTA: ACOLOCACIONES EN MILIMETROS.

UNIDAD DE ALUMBRADO DE DESCARGA DE ALTA INTENSIDAD, TIPO INDUSTRIAL, SERVICIO INTERIOR.

CANT.	UNID.	DESCRIPCION	CAT. No.	MARCA	REG. 26-175
1	1	UNIDAD DE ALUMBRADO DE DESCARGA DE ALTA INTENSIDAD TIPO INDUSTRIAL SERVICIO INTERIOR			
2	2	ALTERNATIVA TIPO "U" CON BARRAS DE ALUMINIO Y BARRAS DE BRONCE		GENEX	
3	1	CAJA CONDUIT TIPO "U" CON TAPA Y BARRILETE		FE.	
4	UNA	TUBO CONDUIT PARED GUESA GALV DE mm 10		GENEX	
5	UNA	UNIDAD DE ALUMBRADO DE			

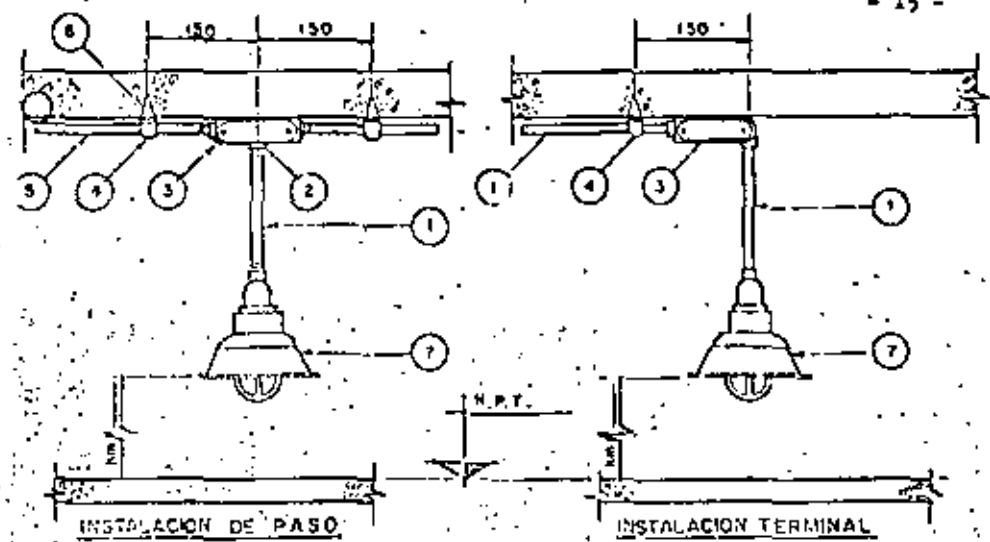
DETALLE "B"



MONTAJE EN MUROS COLUMNAS O FRETTES
MONTAJE EN AZOTEAS
 TUBO CONDUIT PARED GRUESA GALV. DE...
 TUBO GALVANIZADO ASTM-A-120 DE...
 NOTA: ACOTACIONES EN MILIMETROS

UNIDAD DE ALUMBRADO, TIPO REFLECTOR, MONTAJE EN MURO, COLUMNA, FRETTLE O AZOTEA, SERVICIO INTENSIVO.

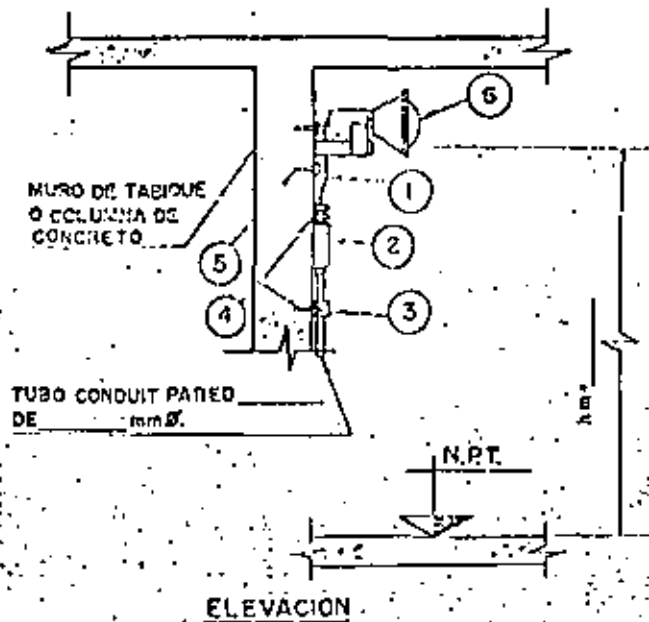
DETALLE "C"



INSTALACION DE PASO
INSTALACION TERMINAL
 NOTA: ACOTACIONES EN MILIMETROS.
UNIDAD DE ALUMBRADO EN AREAS NO PELIGROSAS, SUSPENDIDAS, MONTAJE EN YECHE.

ART.	CANTIDAD	DESCRIPCION	CAT. No.	UNICA	RESERVA
1	PZA	TUBO CONDUIT PARED GRUESA GALV. DE 13mm (1/2")			
2	PZA	PERFORACION GUINCHO ROSCADA TIPO "HE" DE ... A 13mm. (1/2")			
3	-1A	UNO CONDUIT SIFON TIPO "E" O "L" CON TAPA Y EMPUQUE.			
4	PZA	ROZADORA TIPO CO-G PARA TUBO DE ... mm. (1/2")			
5	MPS	TUBO CONDUIT PARED GRUESA GALV. DE ... mm (1/2")			
6	PZA	PERFORACION DE ALTA VELOCIDAD DE ... (1/2") CON FUERZA, OROBINA Y BOMBINA DE ...			
7	1	UNIDAD DE ALUMBRADO DE ...			

DETALLE "D"



PROCEDIMIENTO DE DISEÑO PARA CONTACTO

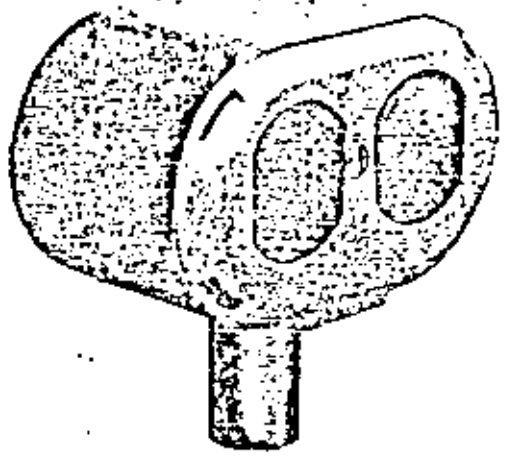
- Descripción de áreas
- Localización de salidas de contactos
- Localización de salidas para cargas especiales
- Selección de accesorios
- Localización de tableros
- Diseño y cálculo de circuitos
- Selección de servicio "Normal" y "Emergencia"
- Flexibilidad
- Reservas en tableros
- Voltaje de operación
- Simbología
- Cuadros de carga
- Dibujo

NOTA:
ACOTACIONES EN MILIMETROS.

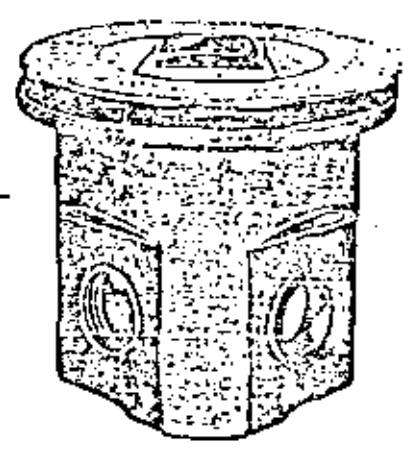
UNIDAD DE ALUMBRADO, TIPO REFLECTOR, MONTAJE EN MURO O COLUMNA, SERVICIO INTERIOR.

CANT.	UNID.	DESCRIPCION	CAT. No.	MARCA	RES. INC-FACE
1	MIS.	CABLE FLEXIBLE TIPO DOMINICO 2 X 12 AWG.		CONDORSA	
2	1	PZA. CAJA CONDUCTOR TIPO 1/2" CON TAPA Y CERRAJE.	67	CONEX	
3	1	PZA. INTERRUPTOR TIPO 1/2" CON TAPA Y CERRAJE.		1.2	
4	1	PZA. CONECTOR PARA CABLE TIPO DOMINICO 2 X 12 AWG.		CONEX	
5	1	PZA. REFLECTOR TIPO 1/2" CON TAPA Y CERRAJE (1/2") CON LAMPARA DE 100W.		CLARK	
6	1	PZA. UNIDAD DE ALUMBRADO			

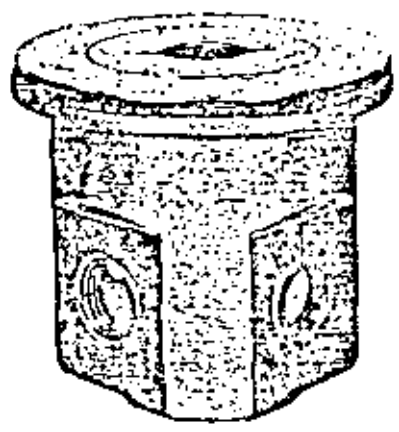
DETALLE "E"



CONTACTO DE PISO TIPO PERISCOPIO



CONTACTO DE PISO



SALIDA PARA NIPLE

ACCESORIOS

DETALLE "P"



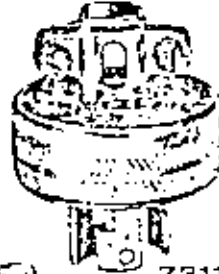
7506



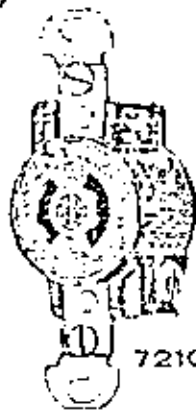
7555



7102



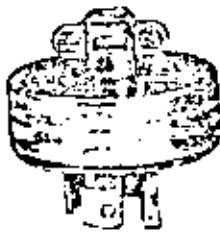
7311



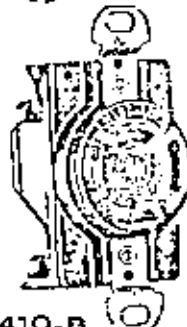
7210-B



7310-B



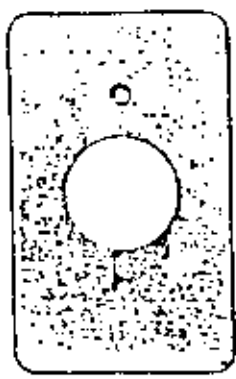
7411



7410-B



7413



95091



MT-1493



MT-1420



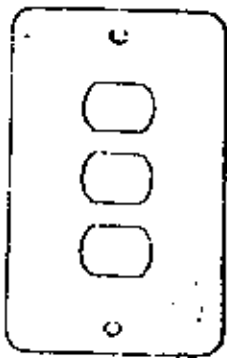
MT-1344



T-1720



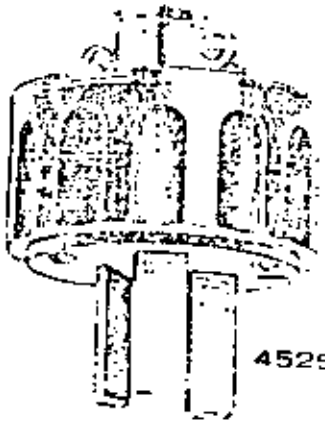
91021



95031-D



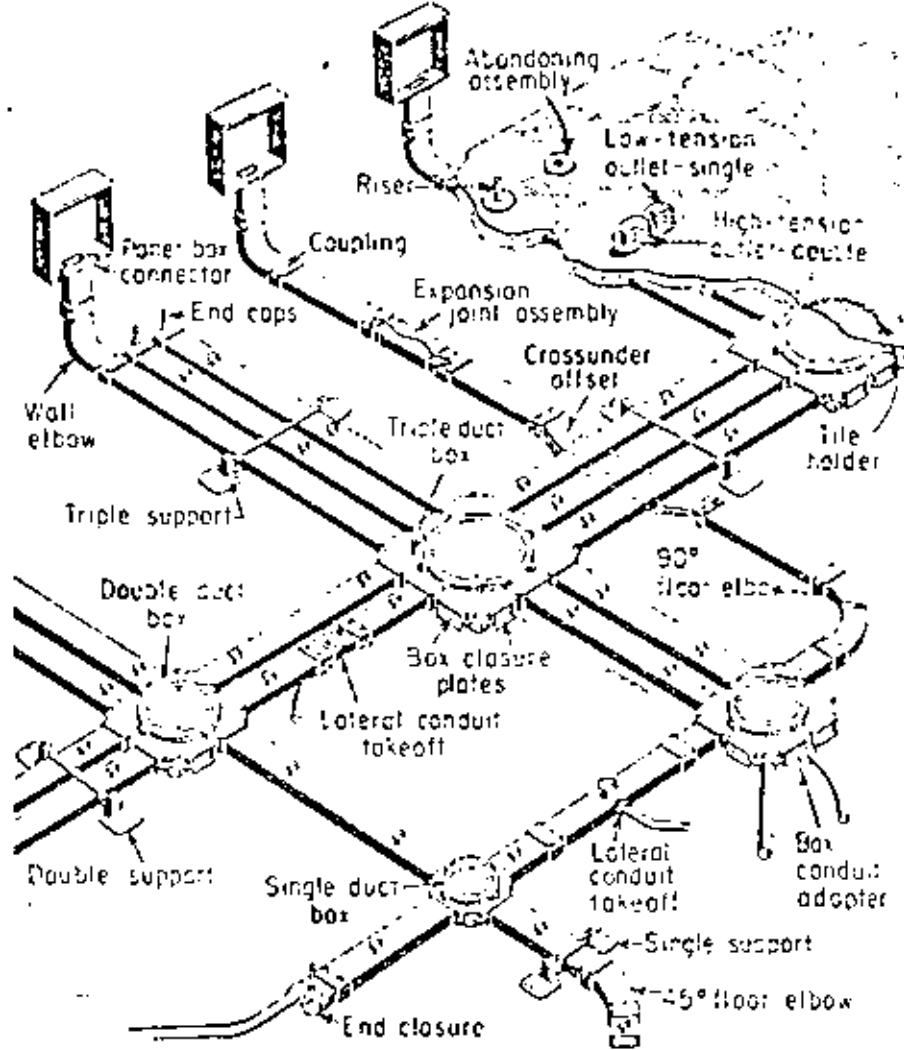
7965



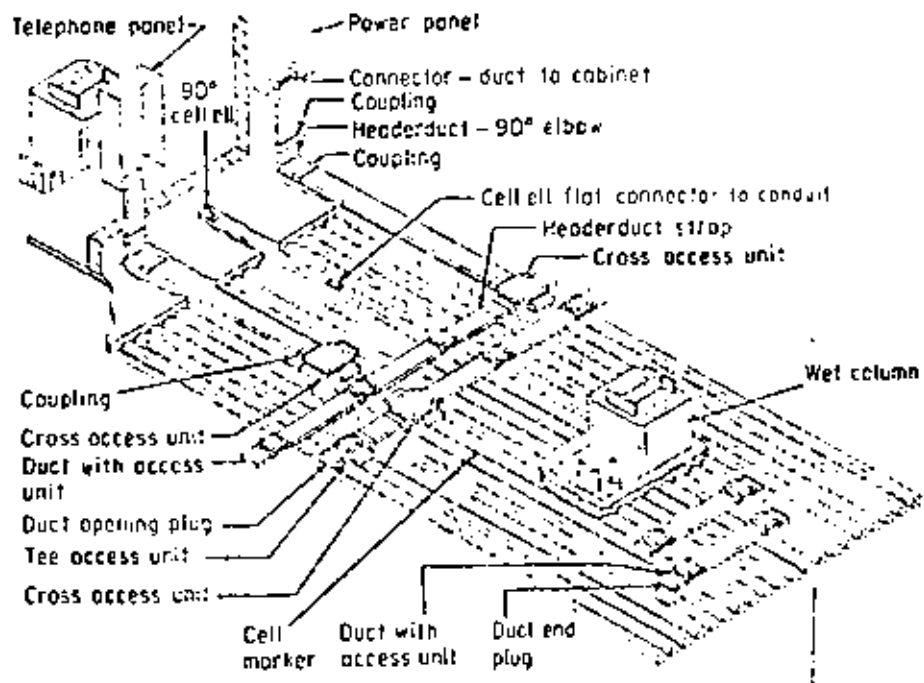
4525

ACCESORIOS COMUNES

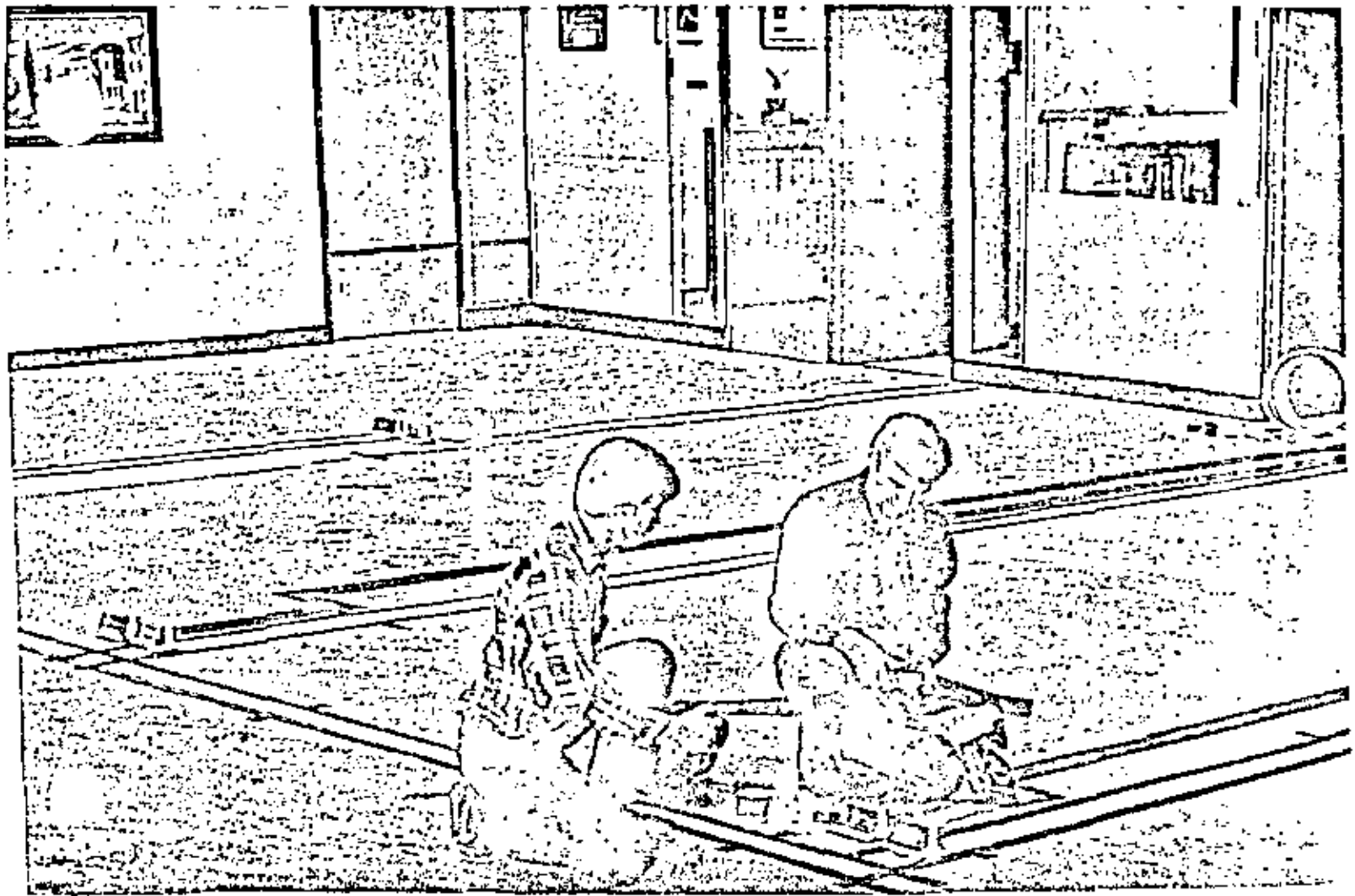
DETALLE "G"



Underfloor Raceway for Use in Conventional Concrete Slab Floors



Header Ducts to Supply Cellular Metal Flooring



NUEVOS SISTEMAS DE CONTACTOS

DETALLE "I"

PROCEDIMIENTO DE DISEÑO PARA FUERZA

- Descripción de motores
 - Motores para producción
 - Equipos de bombeo
 - Equipos de aire acondicionado
 - Elevadores
 - Equipos especiales
- Características de los motores
- Voltaje
- Protecciones de sobrecorriente y sobrecarga
 - Interruptores
 - Arrancadores
- Caída de tensión
- Circuitos de alimentación
- Selección de servicio "Normal" y "Emergencia"
- Centro Control de Motores
- Coordinación de dispositivos de protección de sobrecorriente
- Voltaje
- Factor de potencia
- Capacitores
- Demanda y diversidad
- Símbolos
- Detalles eléctricos de conexión de motores
- Dibujo

SELECCIÓN DE MATERIAL PARA LA ALIMENTACIÓN Y EL CABLE DEL CONDUCTOR (C.A.M.)

PARA MOTORES DEL TIPO JARILLA DE ARBUJILLA DE TRES FASES, 50-60 Hz.

220 VOLTS

HP	CORRIENTE A plena carga (AMP)	CABLEADO PARA SER NOMINADO PARA UNA CAIDA DE TENSION MAXIMA DE 3% CON UN F.O.C. EN TODO CONDUIT MAGNETICO				INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO (VALOR MAXIMO)		INTERRUPTOR DE FUSIBLES (VALOR MAXIMO)		ARRANC. MAGNETICO TAMAÑO NOMA
		50 mts.		100 mts.		MARCO	AMP.	MARCO	AMP.	
		mm.	mm.	mm.	mm.					
1/3	2.0	12	13	12	13	100 A	15	30 A	15	1
2/3	2.3	12	13	12	13	100 A	15	30 A	15	1
1	2.6	12	13	12	13	100 A	15	30 A	15	1
1 1/2	3.0	12	13	12	13	100 A	15	30 A	20	1
2	3.3	12	13	12	13	100 A	20	30 A	25	1
3	3.6	12	13	10	19	100 A	30	30 A	70	1
5	4.5	12	13	8	19	100 A	40	60 A	50	1
7 1/2	5.0	10	19	5	25	100 A	70	100 A	70	1
10	5.5	8	19	4	32	100 A	70	100 A	90	2
15	6.5	8	32	2	32	225 A	125	200 A	125	2
20	7.5	8	32	2	32	225 A	150	200 A	175	3
25	8.5	8	32	1/0	51	225 A	175	400 A	225	3
30	9.5	8	32	1/0	51	225 A	200	400 A	250	3
40	10.5	1/0	51	3/0	51	400 A	300	400 A	350	4
50	13.0	1/0	51	3/0	51	400 A	350	400 A	400	4

NOTAS:

- 1.- TODOS LOS VALORES EMPLEADOS EN ESTA TABLA FUERON TOMADOS DEL N.E.C.
- 2.- EL CALCULO DE CAIDA DE TENSION FUE HECHO CON LA GRAFICA No. 4.32 HOJA No. 259 DEL DZEMAK.
- 3.- LA CAPACIDAD DE LOS INTERRUPTORES FUE CALCULADA PARA MOTORES NO MARCADOS CON LETRA DE CODIGO (SI SE CONOCE LA LETRA DE CODIGO CONSULTAR N.E.C., TABLA 430-145 O 430-152).
- 4.- PARA LA SELECCION DEL DIAMETRO DEL TUBO CONDUIT SE CONSIDERARON UNICAMENTE LOS CABLES DE ALIMENTACION AL MOTOR.
- 5.- EL DIAMETRO DEL TUBO CONDUIT (T.C.O.C.) ESTA EN MILIMETROS.

TABLA 1

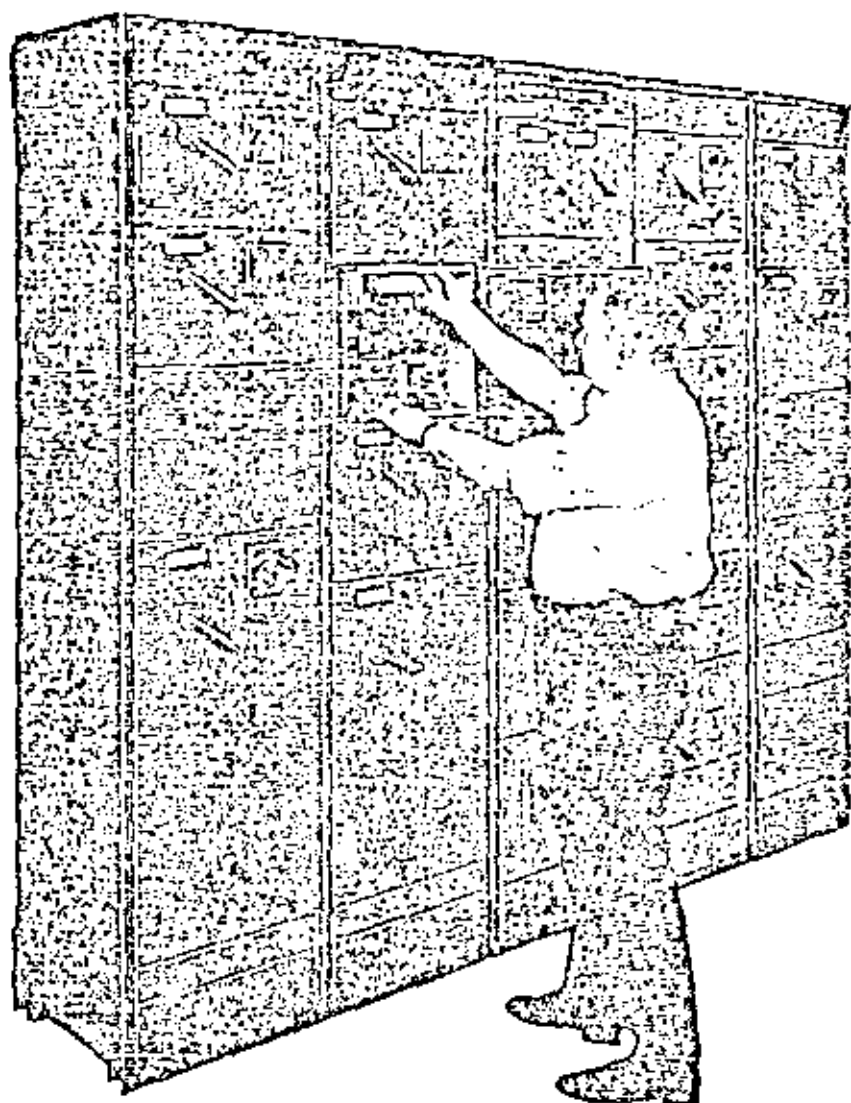
SELECCION DE INTERRUPTORES, ARRANCADORES Y EL CALIBRE DEL CONDUCTOR (TRW)

PARA MOTORES DEL TIPO CAJOLA DE ARDILLA DE TRES FASES, 50-60 HZ.

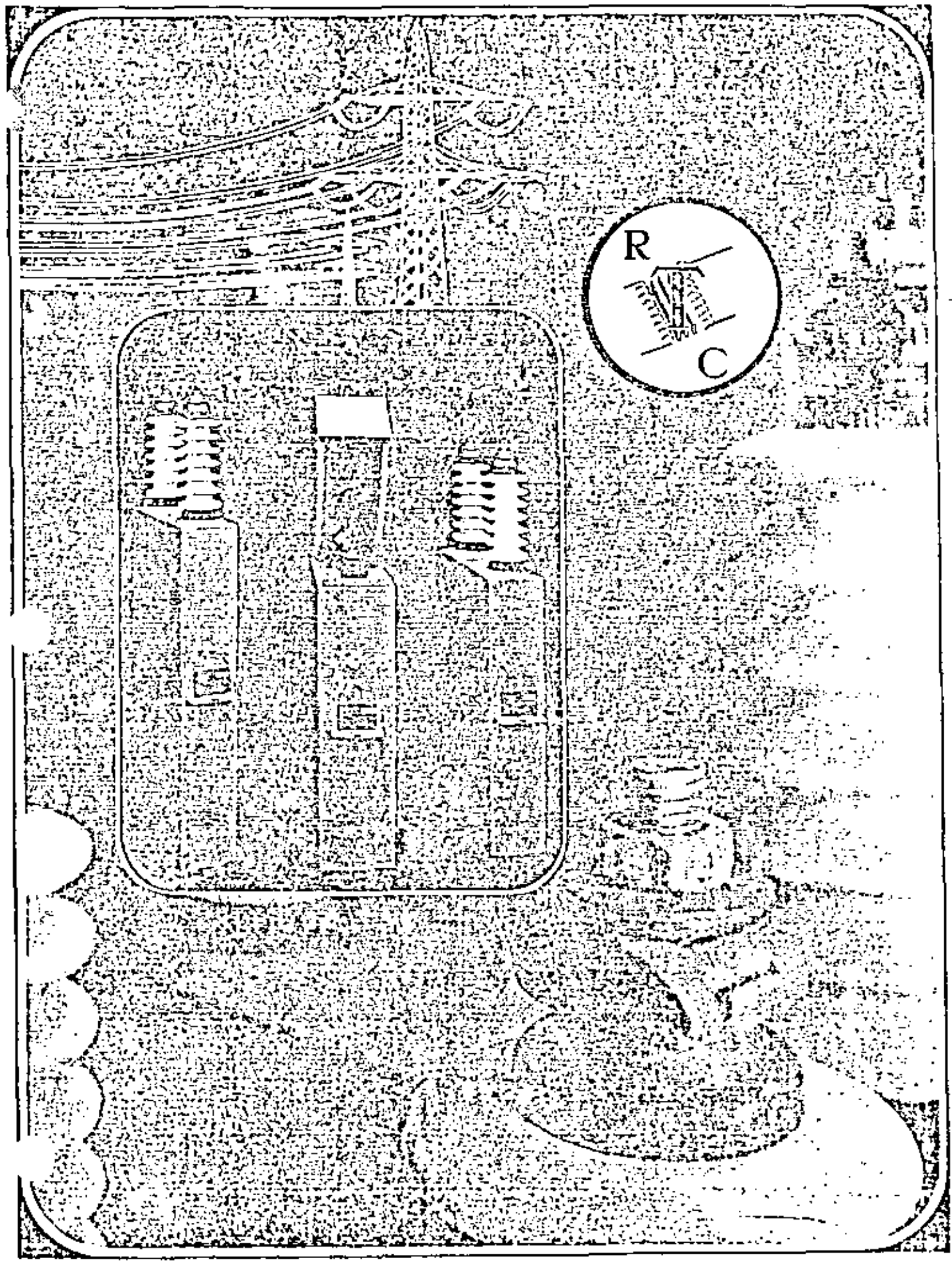
240 VOLTS

HP	CORRIENTE A PLENA CARGA (A.M.P.) (A.M.P.)	CALIBRE (AWG O MM) PARA UNA CAIDA DE TENSION MAXIMA DE 2% CON 90-95 CM DE TUBO CONDUIT MAGNETICO				INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO (VALOR MAXIMO)		INTERRUPTOR DE FUSIBLES (VALOR MAXIMO)		ARRANC. MAGNETICO TIPO A NEMA				
		50 mts.		100 mts.		MARCO	AMP.	MARCO	AMP.					
		AWG	MM	AWG	MM									
1/2	1.0	12	13	12	13	12	13	12	13	100 A	15	30 A	15	1
3/4	1.4	12	13	12	13	12	13	12	13	100 A	15	30 A	15	1
1	1.8	12	13	12	13	12	13	12	13	100 A	15	30 A	15	1
1 1/2	2.3	12	13	12	13	12	13	12	13	100 A	15	30 A	15	1
2	3.0	12	13	12	13	12	13	12	13	100 A	15	30 A	15	1
3	4.0	12	13	12	13	12	13	12	13	100 A	15	30 A	15	1
5	6.0	12	13	12	13	12	13	10	12	100 A	20	30 A	25	1
7 1/2	8.0	12	13	12	13	10	12	8	10	100 A	30	60 A	35	1
10	10.0	12	13	10	13	10	13	6	13	100 A	40	60 A	45	1
15	15.0	10	13	10	13	6	13	6	25	100 A	70	100 A	70	2
20	20.0	8	13	6	13	6	25	4	32	100 A	70	100 A	90	2
25	24.0	6	13	6	13	6	25	4	32	100 A	100	200 A	110	2
30	30.0	6	25	6	25	6	32	4	32	100 A	100	200 A	125	3
40	40.0	6	25	6	25	4	32	2	32	225 A	150	200 A	175	3
50	50.0	6	32	4	32	2	32	1/2	32	225 A	175	200 A	200	3
60	60.0	2	32	2	32	2	32	1/2	32	225 A	200	400 A	250	4
75	80.0	1/2	31	1/2	31	1/2	31	2/2	31	400 A	250	400 A	300	4
100	120.0	3/2	31	2/2	31	2/2	31	4/2	31	400 A	350	400 A	400	4
125	150.0	3/2	31	3/2	31	3/2	31	5/2	31	400 A	400	600 A	500	5
150	180.0	4/2	35	4/2	35	4/2	35	3/2	35	1000 A	500	600 A	600	5
200	240.0	5/2	35	5/2	35	5/2	35	5/2	35	1000 A	600	800 A	800	5

TABLA 2



CENTRO DE CONTROL DE MOTORES



introducción sobre factor de potencia

Siempre que hablemos de factor de potencia debemos de comenzar por formular las siguientes preguntas:

- 1 ¿Porqué están los Ingenieros interesados en el factor de potencia de las plantas?
- 2 ¿Qué causa el bajo factor de potencia y como se puede mejorar?

Nuestro objetivo es contestar estas preguntas brevemente e incluir una información aplicable a problemas de factor de potencia.

Los efectos de bajo factor de potencia de operación de una planta pueden ser causa de lo siguiente:

Sobrecarga de los cables y transformadores.

Aumento de las pérdidas en el cobre, nivel de voltaje reducido, iluminación reducida en el alumbrado y aumento en los costos de energía donde existe la condición de bajo factor de potencia.

El bajo factor de potencia se debe parcialmente a la carga de los motores de inducción ya que frecuentemente se trabaja con exceso de estos; es muy común seleccionar un motor para manejar la mayor carga y en realidad operarla a mucho menos que la total.

Hay también otros factores que contribuyen a bajar el factor de potencia tales como el reemplazamiento de lámparas incandescentes por fluorescentes, uso de rectificadores en vez de equipos motogeneradores síncronos para las fuentes de corriente directa, aumento en la insfundamento del factor de potencia

El concepto más fácil de traducir el factor de potencia como un efecto físico simple, es el basado en el hecho de que la corriente requerida por los motores de inducción, transformadores, lámparas fluorescentes, hornos de calentamiento por inducción, resistencias de soldadores, etc., pueden separarse en dos clases de corriente: corriente productora de energía y corriente magnetizante.

La corriente productora de energía o corriente de trabajo es la que se convierte en útil como un movimiento giratorio; tal como un torno, haciendo una soldadura o accionando una bomba de agua. La unidad de medición de energía producida es el Kilowatt (KW).

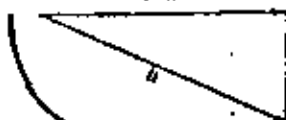
Corriente magnetizante conocida también como talento de Watts, reactiva o corriente sin trabajo es la que se requiere para producir el flujo necesario para la operación de dispositivos de inducción. Sin corriente magnetizante la energía no podría fluir a través del núcleo de un transformador o a través del espacio de aire de un motor de inducción. La unidad de medición de los Amperes magnetizantes es el Kilovolt (KYAR).

La corriente total es la que se lee sobre un amperímetro en el circuito; se forma generalmente de la corriente magnetizante y la que produce energía. La unidad de medición de los Voltios Amperes totales o energía aparente es el Kilovolt-Amper (KYA).

La mayoría de los sistemas de energía de C. A. requieren tanto los Kilowatts como los Kilovars.

La adición de una corriente de Kilovar y una de KW debe de seguir un principio geométrico por lo que la que la corriente total pueda encontrarse por medio de la relación de triángulo rectángulo como sigue:

1 KW



$$(1 \text{ KYAR})^2 + (1 \text{ KW})^2 = 1^2$$

$$H = \sqrt{(1 \text{ KYAR})^2 + (1 \text{ KW})^2}$$

instalación de varios dispositivos de inducción, equipos electrónicos, unidades de acondicionamiento de aire, etc.

La mayoría de estos cambios o reemplazamientos se hacen en interés del confort y eficiencia de los trabajadores, bajo costo de manufactura o avances técnicos; casi siempre, el hecho de que esto contribuya a bajar el factor de potencia en la planta se considera de segunda importancia.

A medida que una planta incrementa el empleo de motores u otros dispositivos de inducción, se puede esperar que el factor de potencia sea más pobre o menos que se tomen las medidas para corregirlo.

Las razones principales para mejorar el factor de potencia son:

Incrementar la capacidad de carga, en transformadores, sistemas de transmisión y distribución eléctrica, cuando estos están sobrecargados por bajo factor de potencia.

Reducir pérdidas por efecto Joule en los sistemas eléctricos de generación, transmisión y distribución la cual es factor económico de primera importancia.

Evitar el sobrecargo económico por bajo factor de potencia que determinan las compañías eléctricas.

Elevor el nivel de voltaje en los sistemas de generación, transmisión, distribución, así como en los centros de consumo.

Se pueden emplear las siguientes fórmulas cuando KW, KYAR y KYA se substituyen por sus respectivas corrientes.

$$KYA = \sqrt{(KW)^2 + (KYAR)^2} \quad KYAR = \sqrt{(KYA)^2 - (KW)^2}$$

$$KW = \sqrt{(KYA)^2 - (KYAR)^2}$$

El factor de potencia puede expresarse como la relación de corriente produciendo trabajo útil de un circuito a la corriente total de dicho circuito.

Otra definición de factor de potencia la cual es generalmente más útil, es la relación de KW o potencia de trabajo a los KYA totales o potencia aparente es decir:

$$F. P. = \frac{KW}{KYA} \quad KYA = \frac{KW}{F. P.} \quad KW = KYA \times F. P.$$

Dicho en otra forma, el factor de potencia es el factor por el cual deben multiplicarse la potencia aparente para obtener la potencia de trabajo.

El cálculo del factor de potencia se ilustra por medio del siguiente ejemplo:

¿Cuál es el factor de potencia de la carga sobre un sistema de 460 Volti Trifásico si el medidor indica 100 Amperes y el Watmetro lee 61 Kilowatt?

Como un un circuito de 3 fases.

$$KYA = \frac{\sqrt{3} \times \text{Volti} \times \text{Ampi.}}{1,000} = \frac{1.73 \times 460 \times 100}{1,000} = 79.6$$

$$F. P. = \frac{KW}{KYA} = \frac{61}{79.6} = .78 \text{ ó también } 78\%$$

como usar los capacitores para reducir los costos de energía eléctrica

el capital invertido puede dar un interés bimestral del 22%, mejorando el factor de potencia.

Analizando los datos típicos de una Fábrica puede verse lo fácil que es calcular los beneficios obtenibles mediante la instalación de Capacitores.

1.—LAS FACTURAS DE ENERGIA ELECTRICA indican que el promedio mensual de consumo de una Fábrica es de 100,000 KWH y 104,000 KVARH con demanda instantáneo de 400 KW.

2.—LAS TARIFAS DE ENERGIA incluyen un cargo en % por bajo Factor de Potencia.

3.—EL FACTOR DE POTENCIA viene marcada en el recibo mensual que en este caso es de 0.68.

CALCULO APROXIMADO DE LAS ECONOMIAS. El valor total del recibo indica \$ 31,200 de los cuales usted está pagando \$ 26,000 de consumo y \$ 5,200 por bajo Factor de Potencia. Supongamos que se instalan suficientes Capacitores para elevar el Factor de Potencia hasta 0.85 El siguiente mes deja usted de pagar — \$ 5,200 que significan un ahorro bimestral de — \$ 10,400.00.

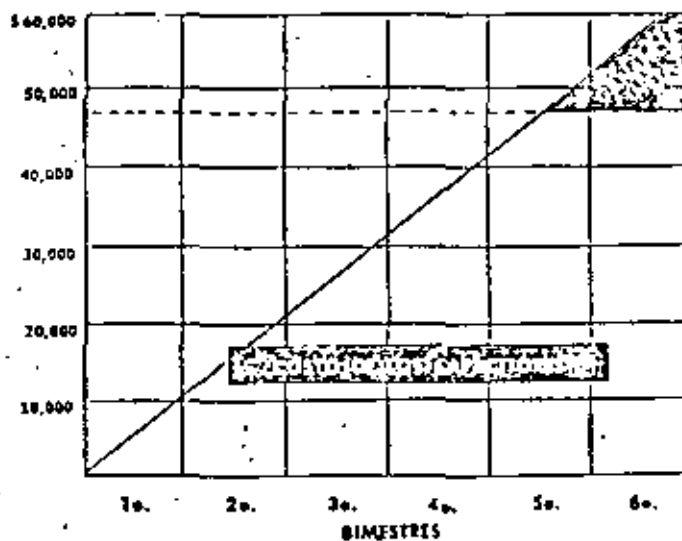
Además el consumo en KWH también se reduciría pues las pérdidas en el sistema eléctrico de la Fábrica serán menores con un factor de Potencia de 0.85 que con uno de 0.68

5.—¿CUANTO COSTARIAN LOS CAPACITORES? De la tabla (Pág. 6) se pueden determinar los KVAR necesarias para elevar el Factor de Potencia al valor deseado. Para el caso que nos ocupa se necesitarían 183 KVAR con un costo aproximado de \$ 47,000.00.

6.—LOS BENEFICIOS OBTENIDOS de la inversión equivalen a un interés igual a la economía bimestral — (\$ 10,400) dividida por el costo de los Capacitores (\$ 47,000) o sea 22% y estos beneficios continúan bimestre tras bimestre.

¿Dónde puede encontrarse una inversión tan ventajosa como esta?

ECONOMIAS EN LA CUENTA DE ENERGIA



Esta curva muestra como los Capacitores de nuestro ejemplo se pagan por sí solos como resultados de las economías de la cuenta de energía eléctrica en menos de 10 meses, cuando termine el periodo de un año los Capacitores habrán permitido economizar \$ 15,400.00 más que su costo original.

cómo calcular las economías obtenidas con los capacitores

La compañía de electricidad puede tener en vigor alguna cláusula de factor de potencia, que puede ser totalmente diferente de la que se dio como ejemplo. Como la factura de energía eléctrica quizá no contenga toda la información necesaria para efectuar los cálculos

indicados, será preciso consultar a la compañía de electricidad.

Siguiendo el ejemplo anterior, es fácil calcular las economías que pueden obtenerse en una fábrica. Los resultados obtenidos en la mayoría de los casos son verdaderamente sorprendentes.

como utilizar los capacitores para aumentar la capacidad util del sistema eléctrico

la capacidad útil de los alimentadores puede aumentarse entre 20 y 30%

Supongamos que debido al aumento en la demanda de sus productos una fábrica ve la necesidad de aumentar la producción y empieza a hacer planes de expansión que exigen la instalación de motores nuevos, aumento de iluminación, etc. Los transformadores y el sistema de distribución están ya trabajando a plena carga. Por lo tanto, cualquier aumento representa sobrecargas para el sistema, a menos que se tomen medidas para reducir la carga actual.

Si tomamos como base las siguientes suposiciones, es fácil calcular el aumento en la capacidad útil del sistema que puede lograrse con la instalación de capacitores:

1 Un aumento de carga de 20% es lo que se espera si se efectúa la ampliación. ¿Cuántos capacitores se necesitarían para que el sistema pudiera admitir dicha carga adicional sin sobrecargarse?

2 Las facturas mensuales de energía eléctrica indican que la carga actual es de 400 KW con un factor de potencia de 0,77. (Si el factor de potencia no aparece en la factura puede ser determinado dividiendo el consumo en KW por el consumo en KVA).

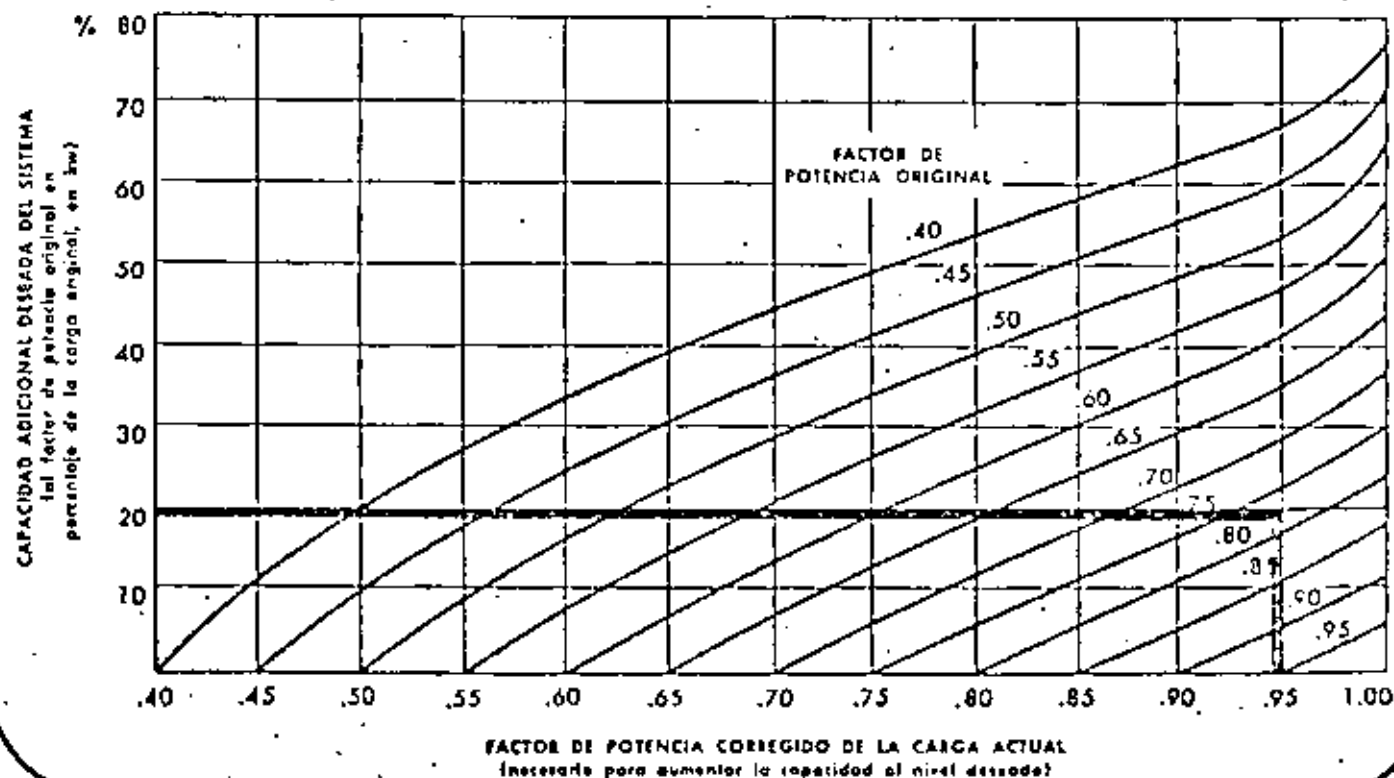
3 ¿Cuánto debe ser elevado el factor de potencia para obtener una capacidad útil adicional de 20%? Utilizando las curvas que aparecen en esta página puede

verse que para aumentar en un 20% la capacidad útil del sistema es necesario elevar el factor de potencia de 0,77 a 0,95.

4 ¿Cuánto costarían los capacitores? La tabla de la página 6 indica que para aumentar el factor de potencia de 0,77 a 0,95 con una carga de 400 KW se necesitan 200 KVAR. Suponiendo que el costo de los capacitores a 460 V, completamente instalados sea de \$ 140,00 por KVAR, los 200 KVAR costarían alrededor de \$ 28,000.00.

Este aumento del 20% en la capacidad útil puede utilizarse inmediatamente para los nuevos motores y para la iluminación, sin necesidad de instalar nuevos transformadores o nuevos circuitos. El hecho de que sólo se necesiten capacitores con un total de 200 KVAR es muy importante pues durante periodos críticos puede ser muy difícil conseguir transformadores y material de línea y su costo en muchos casos excedería de los \$ 28,000.00 que cuestan los capacitores.

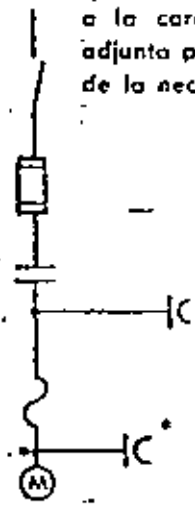
Al aumento de capacidad útil debe sumarse la economía en los costos de energía eléctrica. Con una cláusula de factor de potencia similar a la mencionada en el ejemplo de la página 3, la economía puede llegar a \$ 10,400.00 por BIM. Esta es una bonificación que se obtiene cada año, además del aumento de 20% en la capacidad útil.



como conectar capacitores conjuntamente con la carga

La capacidad del sistema aumenta al máximo y las pérdidas se reducen a un mínimo cuando los capacitores se instalan en un punto inmediato a la carga que requiere los KVAR. En el caso de motores de inducción que funcionen en forma continua, o casi continua, suele resultar económico instalar los capacitores en los terminales mismos del motor, de modo que se conecten y desconecten simultáneamente con el motor.

Cuando se conecten capacitores directamente a la carga, es necesaria consultar la tabla adjunta para no conectar carga reactiva arriba de la necesaria.



Si el capacitor se coloca entre el motor y el relevador de sobrecarga puede usarse un relevador más pequeño. Esta disposición tiene la ventaja de reducir la corriente de cortocircuito en los terminales del capacitor debido a la impedancia del relevador de sobrecarga.

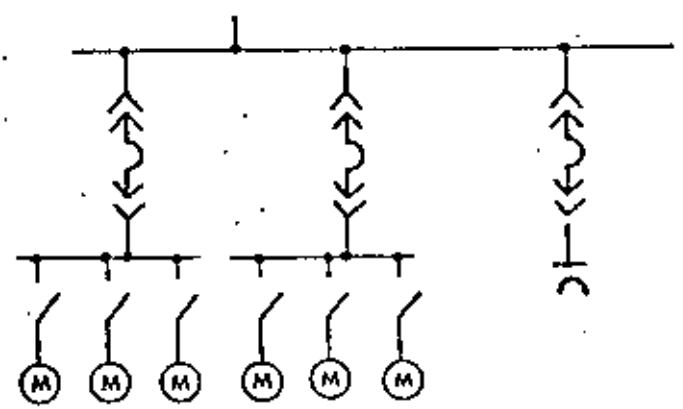
cómo conectar capacitores por separado

Si se tiene un grupo de motores de los cuales unos funcionan mientras otros están parados, una sola batería de capacitores (con un número determinado de capacitores) puede conectarse a las barras de distribución para suministrar económicamente potencia reactiva al sistema.

Los conjuntos de capacitores de este tipo necesitan un dispositivo interruptor separado.

La capacidad de ruptura del dispositivo interruptor debe ser por lo menos equivalente a la corriente de corto-circuito del sistema al cual está conectado, la capacidad de corriente en régimen continuo del dispositivo interruptor deberá ser aproximadamente igual a 135, 165 y 187 por ciento de la corriente nominal del conjunto de capacitores respectivamente para interruptores automáticos magnéticos, interruptores a fusible e interruptores automáticos de caja moldeada.

En el caso de grupos pequeños de capacitores puede usarse un interruptor común o un interruptor automático de ruptura en aire para montaje en la pared. Sin embargo, si se trata de conjuntos de gran capacidad, el interruptor automático o manual puede ser instalado formando parte del grupo de capacitores. Si la conexión



Si se espera un gran número de operaciones de interrupción, en vez de un interruptor automático puede utilizarse un contactor accionado por solenoide, ya que los contactores resisten mayor número de operaciones de interrupción con corrientes de carga normal. Sin embargo, no proporcionan protección contra cortocircuitos, por lo cual deberán agregarse fusibles.

¿cuanto debe elevarse el factor de potencia?

I.- para reducir los costos de energía

Conviene elevar el factor de potencia lo suficiente para eliminar toda o la mayor parte de la cantidad pagada por concepto de KVAR. Por lo general, el factor de potencia deberá ser elevado cuando menos hasta 0,95. Una o dos comprobaciones como las hechas en la página 3 permitirán determinar con más o menos exactitud el factor de potencia más indicado. Para saber cuánto se paga por los KVAR hoy que examinar las facturas de energía, con preferencia las correspondientes a un periodo de varios meses, a fin de obtener el promedio anual. Para el cobro de los KVAR se sigue normalmente uno de los métodos siguientes:

En base a la demanda de KWH y KVARH

$$\frac{\text{KVARH}}{\text{KWH}}$$

De la relación

$$\frac{\text{KVARH}}{\text{KWH}}$$

se determina el Factor de potencia.

La Compañía de Electricidad fija un factor de potencia mínimo de .85 por lo que abajo de este número impone un sobre cargo en % que va en aumento a medida que el valor de F. de P. decrece.

Por ejemplo si una Empresa paga \$ 15,000 de consumo real a un F. de P. de .70 pagará un 17.6% sobre este consumo o sea \$ 2,640.00 dando un total de \$ 17,640.00 como valor de facturación. Se recomienda aumentar el F.P. arriba de .85 dando margen a futuras instalaciones.

Cargo directo por KVAR

En algunos casos las compañías de electricidad hacen un cargo separado correspondiente a los KVAR, basado en el valor máximo de KVAR consumidos durante el mes.

En estos casos es muy fácil encontrar la cantidad de capacitores necesarios para eliminar la carga reactiva, debiendo tenerse en cuenta que cada KVAR de capacitores elimina de la cuenta de energía un KVAR.

II- para aumentar la capacidad útil del sistema

Los capacitores permiten aumentar la capacidad útil del sistema y de este modo permiten agregar motores, luces y otras cargas al sistema, sin sobrecargar los transformadores u otros equipos de distribución. Dicho aumento continúa a medida que se agregan capacitores, hasta que se alcanza el factor de potencia unitario. Pero a medida que el factor de potencia aumenta, es mayor el número de capacitores necesarios para aumen-

tar en 1 KW la capacidad útil del sistema. Por lo tanto, conviene agregar capacitores hasta el punto en que el costo de los capacitores necesarios para aumentar en 1 KW la capacidad útil del sistema sea igual al costo por KW de los transformadores y equipos de distribución. Por lo general resulta económica elevar el factor de potencia hasta 0,90 ó 0,95.

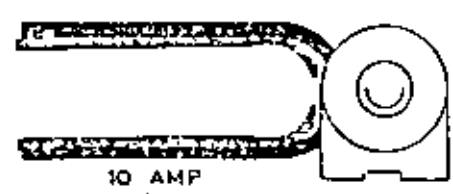
LOS CAPACITORES AUMENTAN LA CAPACIDAD UTIL DEL SISTEMA

En la mayoría de las instalaciones industriales, la mayor parte de la carga está constituida por motores de inducción; los cuales absorben una corriente reactiva o KVAR y bajan el factor de potencia.

Si un motor toma 10 amperios de una línea a un factor de potencia de 0,80, sólo 8 amperios de dicha corriente se utilizan para obtener potencia. El resto es corriente reactiva, representada en el esquema de la derecha por la línea verde. Esta corriente reactiva no realiza ningún trabajo útil pero es necesaria para producir el campo magnético del motor.

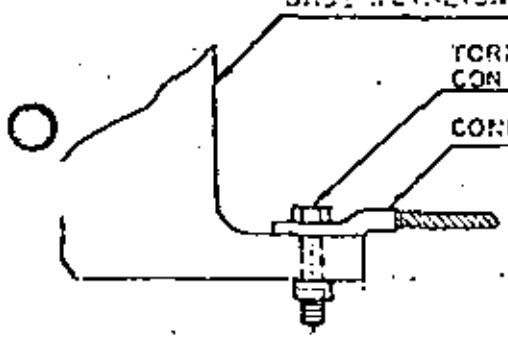
La figura inferior muestra al mismo motor con un capacitor conectado a la línea para suministrar la corriente reactiva directamente al motor. En este caso la corriente de la línea es solo de 8 amperios, y no se ha reducido la potencia de salida del motor. En esta forma los capacitores reducen la corriente de línea y, si los alimentadores ya estaban a plena carga, permiten conectar más equipos eléctricos sin producir sobrecargas.

Si un mismo circuito alimenta cuatro motores similares al anterior, con un factor de potencia de 0,80, el uso de capacitores permitirá agregar otro motor sin aumentar la corriente que circula por la línea. Los capacitores aumentan en esta forma la capacidad útil del sistema.



TORNILLO DE _____ X _____ mm. (_____ X _____),
CON TUERCA EXAGONAL Y ROLDANA DE PRESION.

CONECTOR "BURNDY" TIPO "HYLUG" CAT.No. _____



DETALLE "I"

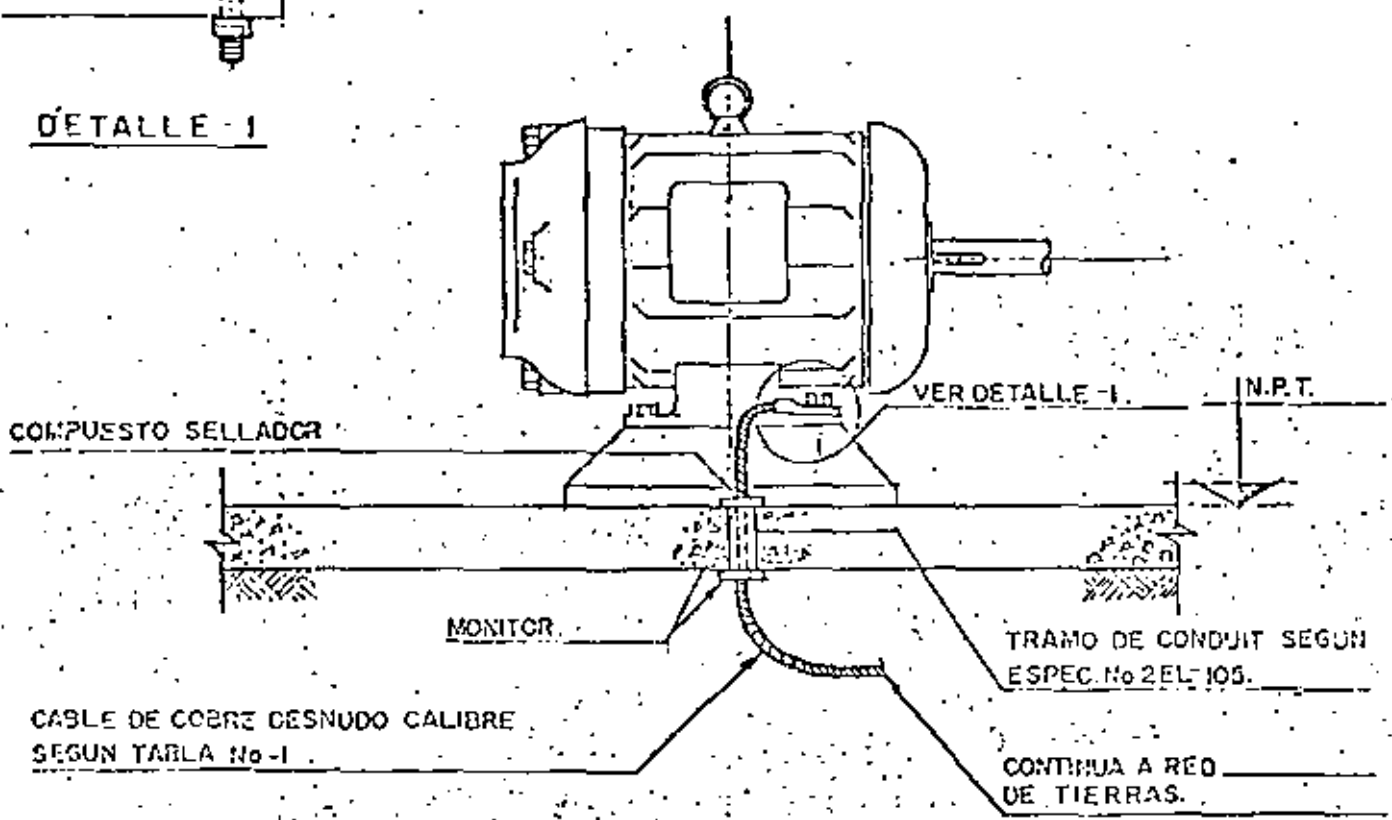


TABLA No 1

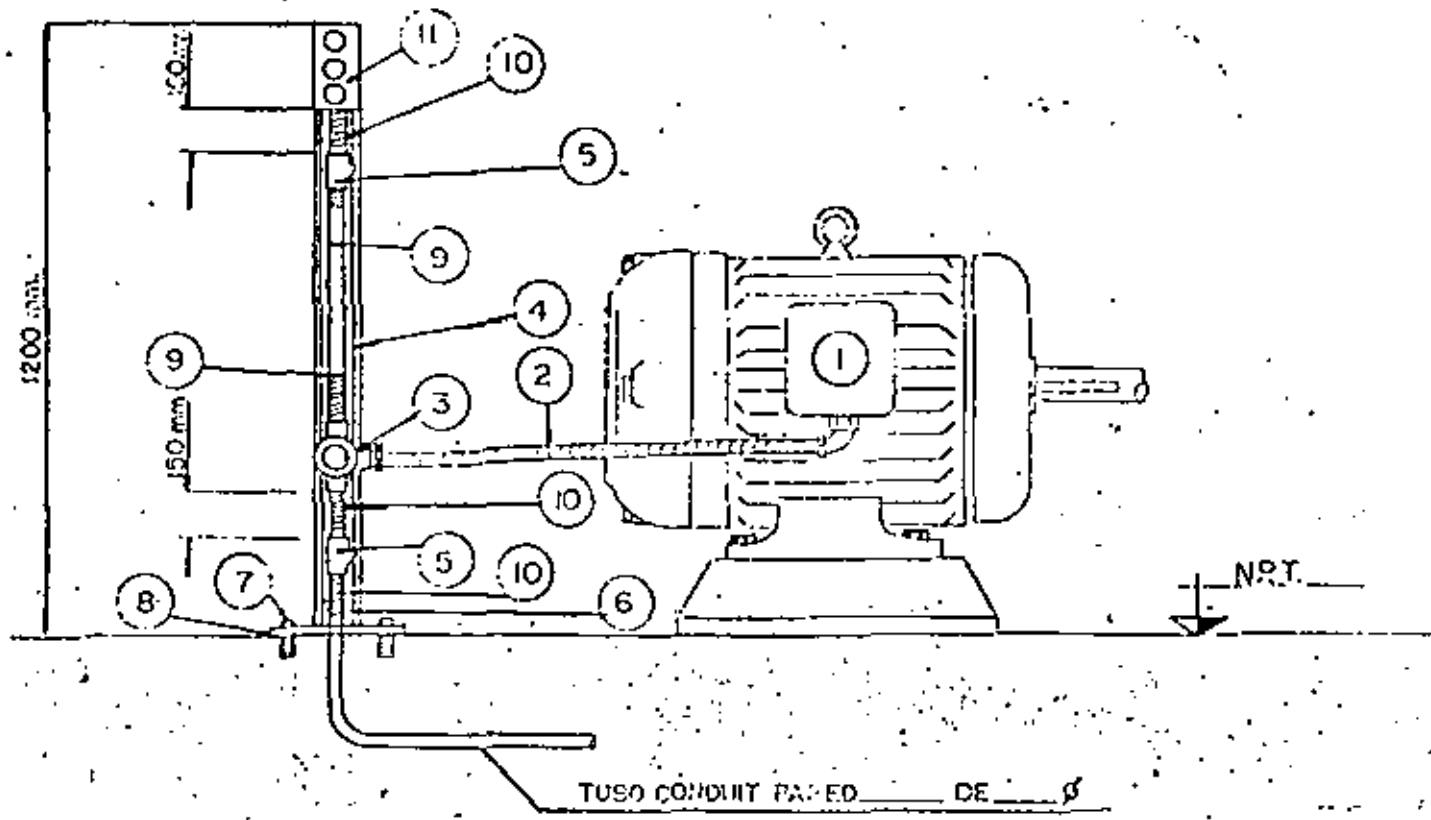
TABLA DE MOTORES, CABLES Y CONECTORES PARA LA CONEXION A TIERRA.		
POTENCIA DEL MOTOR:	CABLE CALIBRE AWG:	CONECTOR CAT. No.
DE 1/4 HASTA 40 HP.	No 8 (VER NOTA 2)	YAV - 8C-L
DE 50 HASTA 100 HP.	No 6 (VER NOTA 2)	YA - 6C
DE 125 HASTA 200 HP	No 4	YA - 4C
MAYOR DE 200A 400 HP	No 4	YA - 4C
MAYOR DE 400A 600 HP	No 2	YA - 2C
MAYOR DE 600A 800 HP	No 1/0	YA - 25
MAYOR DE 800A 1000 HP	No 2/0	YA - 26
MAYOR DE 1000 HP	No 3/0	YA - 27

NOTAS:

- 1.- EN CASO DE QUE NO SE PUEDA PONER TUERCA Y ROLDANA EN EL ATERRIZAJE, HACER BARRENO MACHUELEADO DE _____ Ø, CUERCA ESTANDAR EN LA BASE METALICA.
- 2.- LOS CABLES CAL. No 6 Y No 8 DEBERAN SER PROTEGIDOS CONTRA DAÑOS FISICOS.

CONEXION A TIERRA DE MOTORES ELECTRICOS ACOMETIDA POR PISO

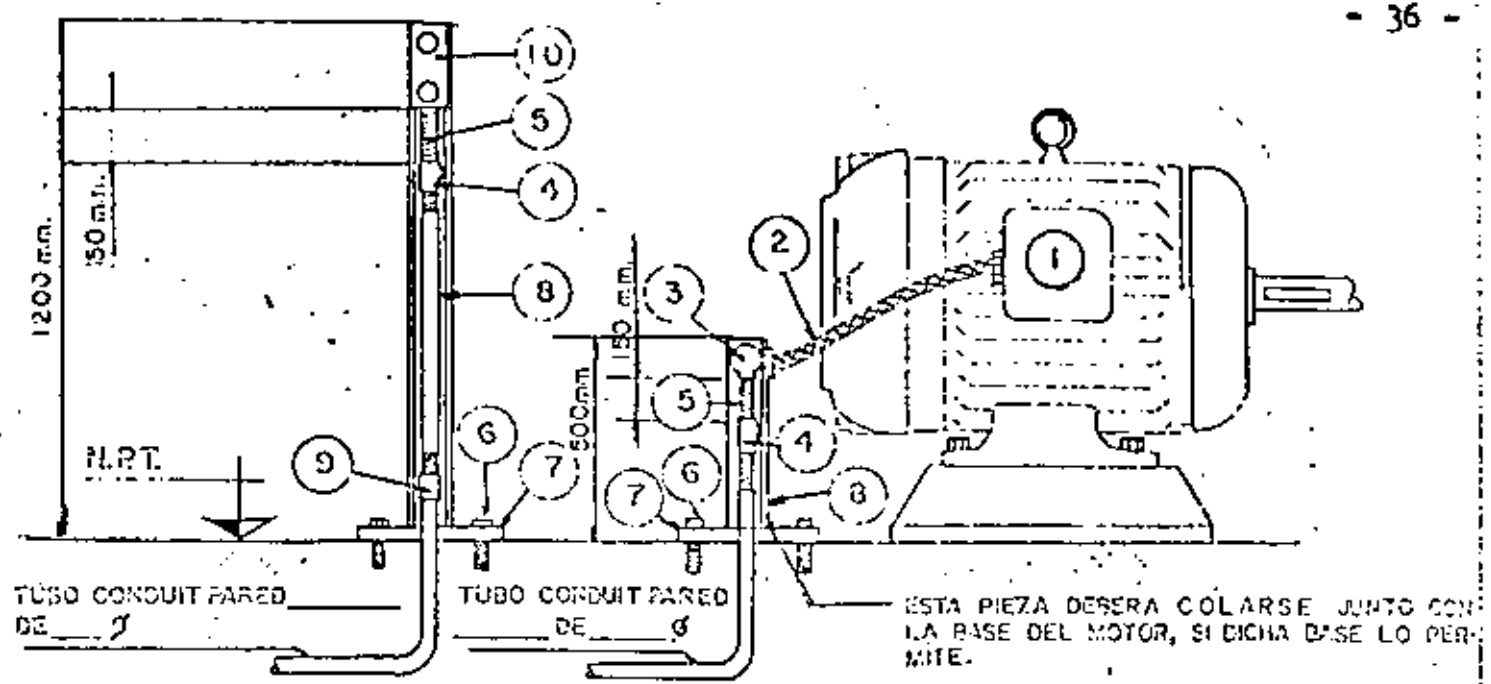
DETALLE "J"



MOTOR CON EST. DE BOTONES LOCAL A PRUEBA DE EXPLOSION, CABLES DE FUERZA Y CONTROL EN UN SOLO CONDUIT, ACOM. POR PISO.

PART.	CANT.	UNID.	DESCRIPCION	CAT. No.	MARCA	NOTAS
1	1	PZA.	CAJA DE CONEXIONES DEL MOTOR			
2	1	PZA.	COPE FLEXIBLE, TIPO "EC", DE BRONCE	EC6J-	DOMEX	
3	1	PZA.	CAJA CONDULET, SERIE "GUA", PARA AREAS PELIGROSAS, CON TAPA GUAT-		DOMEX	
4	120	Mts.	CANAL LIVIANA DE ACERO AL CARBON DE 102 mm. (4") DE ANCHO		AMSA	
5	2	PZA.	CAJA CONDULET HEMBRA PARA SELLAR TUBERIAS CONDUIT	EYS-	DOMEX	
6	1	PZA.	TUERCA UNION	UNF-	DOMEX	
7	4	USO.	TAQUETE DE EXPANSION DE 9 mm. (3/8") CON TORNILLO DE 38X2 mm. (1 1/2" X 3/8")		I.E.	
8	1	PZA.	PLACA DE ACERO AL CARBON ASTM-36 DE 200X200X6 mm. (8" X 8" X 1/4")		AMSA	
9	2	USO.	ABRAZADERA TIPO "U" CON TUERCAS HEXAGONALES Y BOLDANAS DE PRESION		I.E.	
10	3	PZA.	NIPLE DE CUERDA CORRIKA DE ø		JUPITER	
11	1	PZA.	ESTACION DE CONTROL, SERVICIO PESADO, SERIA TY 9.			

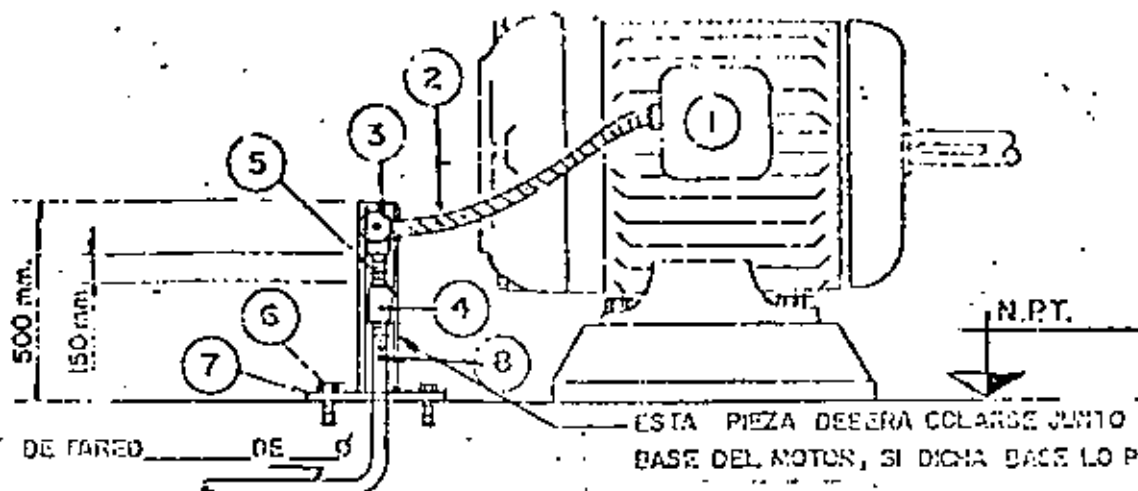
DETALLE "K"



MOTOR CON EST. DE BOTONES LOCAL, A PRUEBA DE EXPLOSION, CABLES DE FUERZA Y CONTROL EN CONDUITS INDEPENDIENTES, ADOPTAR EL PISO.

PARTICULARIDAD	DESCRIPCION	CAT. No.	MARCA	REG. S.I.C. D.E.
1	1 PZA. CAJA DE CONEXIONES DEL MOTOR.			
2	1 PZA. CABLE FLEXIBLE, TIPO "66", DE BRONCE.	ECCJ-	DOMEX	
	1 PZA. CANA CONDUIT, SERIE "QUA" PARA AREAS PELIGROSAS, CONTAPA.	QUAL-	DOMEX	
4	2 PZA. CONDUIT HEMBRA PARA SELLAR TUBERIAS CONDUIT.	EYS-	DOMEX	
5	2 PZA. NIPLE DE CUERDA CORRIDA DE 6.		JUPITER	
6	8 JGO. TAQUETE DE EXPANSION DE 9mm (3/8") CON TORILLO DE 33 x 9 mm. (1 1/2" x 3/8").		IMPORTEX	
7	1 PZA. PLACA DE ACERO AL CARBON ASTM-36 DE 200 x 200 x 6 mm. (8" x 8" x 1/4").		AHMSA	
8	170 MTS. CANAL LIGERA DE ACERO AL CARBON DE 120 mm. (4") DE ANCHO.		AHMSA	
9	1 PZA. COBLE PARA TUBERIA CONDUIT PARED GRUESA.		JUPITER	
10	1 PZA. ESTACION DE CONTROL SERVICIO PESADO, NEMA 7Y9.			

DETALLE "L"



TUBO CONDUIT DE FAREO DE ϕ

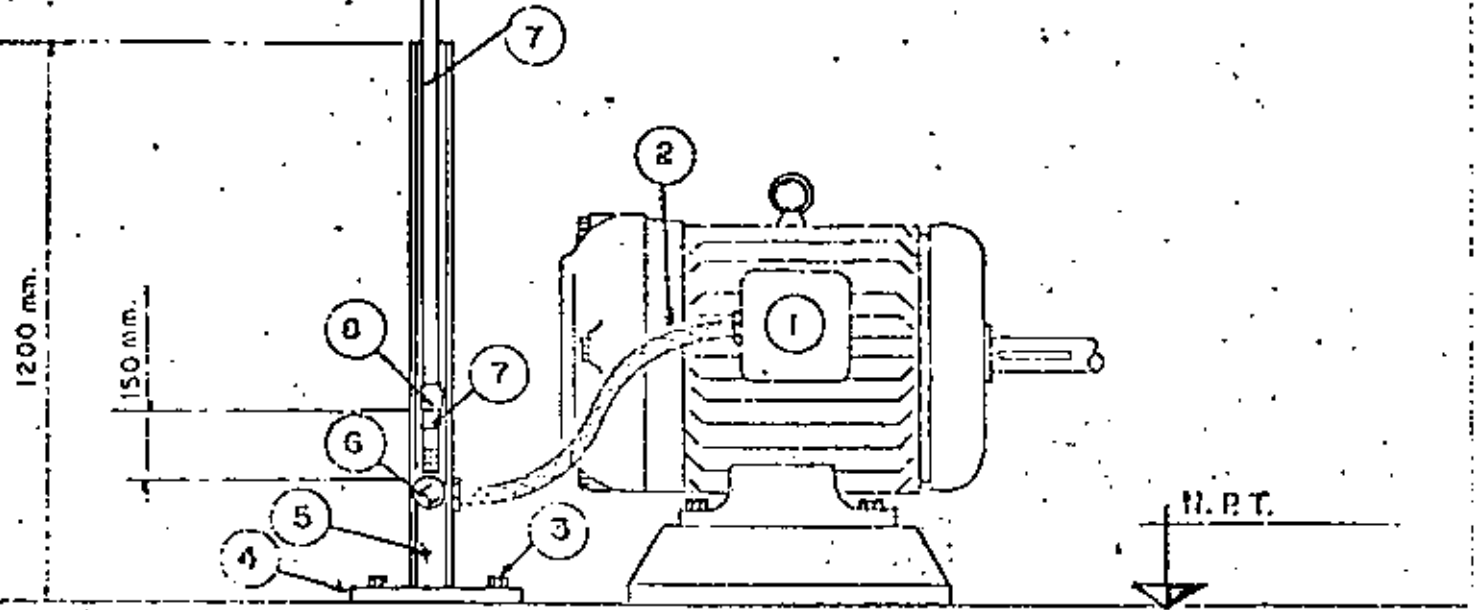
ESTA PIEZA DEBERA COLARSE JUNTO CON LA BASE DEL MOTOR, SI DICHA BASE LO PERMITE.

MOTOR CON CONTROL REMOTO A PRUEBA DE EXPLOSION, CABLES DE FUERZA Y CONTROL EN CONDUITS INDEPENDIENTES, ACOM. POR EL PISO.

PART.	CANT.	UNID.	DESCRIPCION	CAT. No.	MARCA	REQ. SIN. USE.
1	1		PZA. CAJA DE CONEXIONES DEL MOTOR.			
2	1		PZA. CABLE FLEXIBLE, TIPO "HC" DE BRONCE.	ECGJ-	DOMEX	
3	1		PZA. CAJA CONDUIT, SERIE "GUA" PARA AREAS PELIGROSAS, CON TAPA.	EUAL-	DOMEX	
4	2		PZA. CONDUIT, MEMBRANA PARA SELLAR TURNERIAS CONDUIT.	EYS-	DOMEX	
5	2		PZA. HILO DE CUERDA CORRIDA DE ϕ .		JUPITER	
6	300		PERFORACIÓN DE EXPANSION DE 3mm (3/8") CON (CERRILLO DE 3x3) mm (1 1/2" x 3/8").		IMPACTEX	
7	1		PLACA DE ACERO AL CARBON ASTM-36 DE 200x200x6mm (8x8x1/4").		AHMISA	
8	0.50	MTS.	CANAL LIVIANA DE ACERO AL CARBON DE 102mm (4") DE ANCHO.		AHMISA	

DETALLE "M"

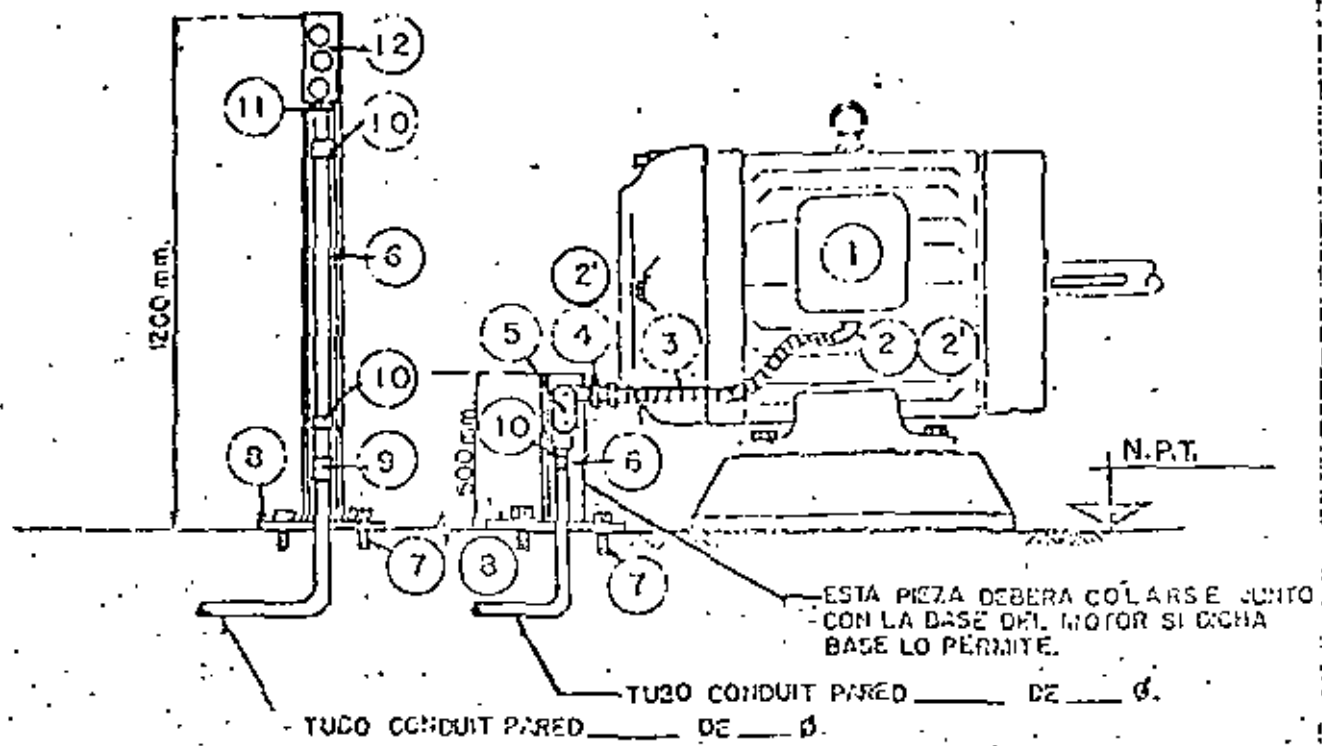
TUBERIA CONDUIT PAREC _____ DE _____



MOTOR CON CONTROL REMOTO, A PRUEBA DE EXPLOSION, CABLES DE FUERZA Y CONTROL EN CONDUITS VISIBLES INDEPENDIENTES ACOM. FOR LA PARTE SUPERIOR

PORTE	CANTIDAD	DESCRIPCION	CANT.	MARCA	REG. G. S. G. D. C. E.
	1	PZA. CAJA DE CONEXIONES DEL MOTOR.			
	1	PZA. COFLE FLEXIBLE TIPO "EC" DE BRONCE.	ECGJ-	DOMEX	
3	4	PZA. TACUETE DE EXPANSION DE 9mm. (3/8") CON TORNILLO DE 25 x 3mm. (1 1/2" x 3/8").		IMPCTEX	
4	1	PZA. PLACA DE ACEIRO AL CARBON ASTM-36 DE 200x200x5mm (8x8x1/4").		AHMSA	
5	1.2	MYS. CANAL LIVIANA DE ACERO AL CARBON DE 102mm. (4") DE ANCHO		AHMSA	
6	1	PZA. CAJA CONDUIT PARA USO EN AREAS PELIGROSAS SERIE "CUA" CON TAPA.	GUAL-	DOMEX	
7	2	JGO. ABRAZADERA TIPO "U" CON TUERCAS EXAGORALES Y ROLDANAS DE PRESION.		I. E.	
8	1	PZA. CONDUIT NIEMBRA PARA SELLAR TUBERIA CONDUIT.	EYS-	DOMEX	

DETALLE "N"



MOTOR CON EST. DE ECTONES LOCAL, CABLES DE FUERZA Y CONTROL EN CONDUITS INDEPENDIENTES DEL PISO.

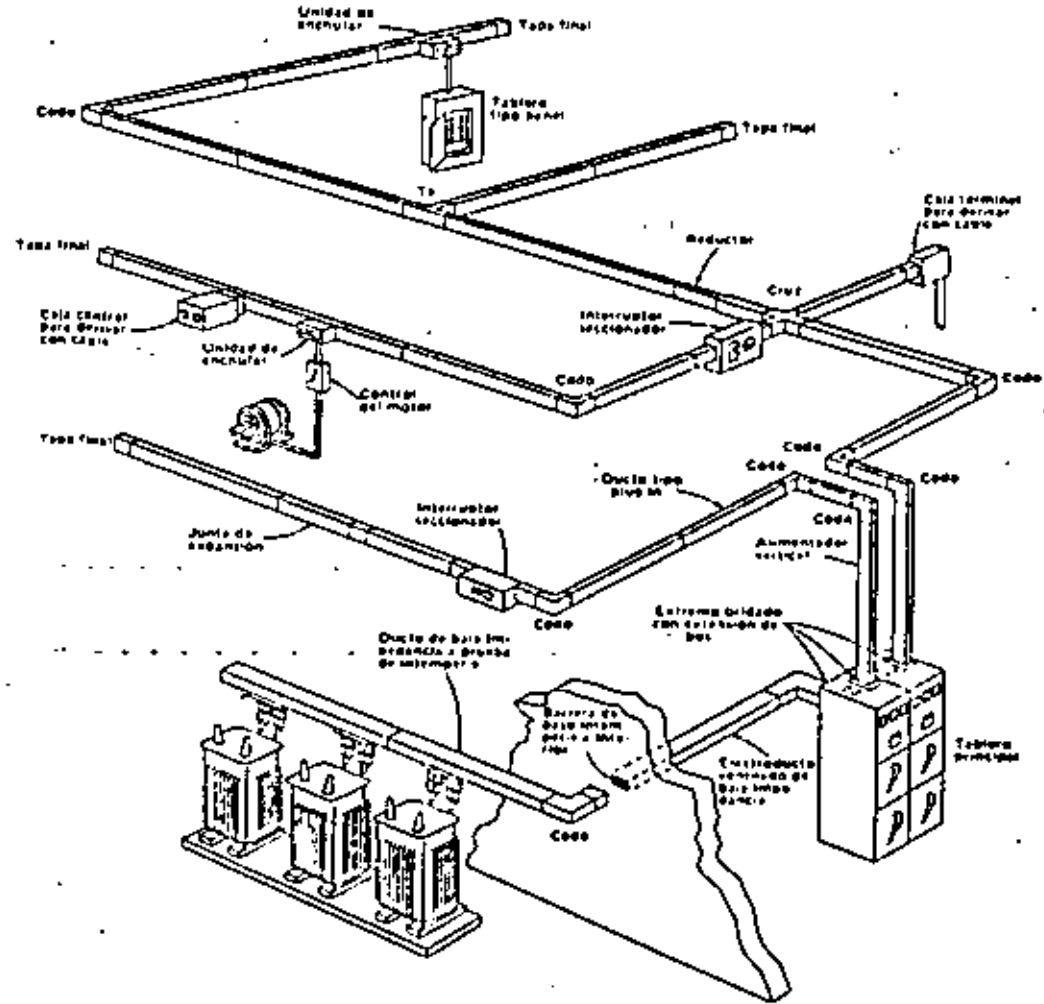
CANTIDAD	DESCRIPCION	CAT. No.	MARCA	SIC-DGE
1	PZA. CABLE DE CONEXIONES DEL MOTOR			
2	1 PZA. CONECTOR CURVO A 90° PARA TUZO FLEXIBLE A PRUEBA DE LIQUIDOS	ST-	APPLETON	
2'	2 PZA. CASQUILLO DE LATCH PARA PUESTA A TIERRA DEL TUZO FLEXIBLE	SIF-	APPLETON	
3	MTS. TUBERIA CONDUIT FLEXIBLE A PRUEBA DE LIQUIDOS	LT-	LIQUATITE	
4	1 PZA. CONECTOR RECTO PARA TUZO FLEXIBLE A PRUEBA DE LIQUIDOS	ST-	APPLETON	
5	1 PZA. CABA CONDULET SERIE OVALADA TIPO "LU" CON TAPA Y EMPAQUE	LL-	COMEX	
6	1.7 MTS. CANAL LIVIANA DE ACERO AL CARBON DE 102 mm. (4") DE ANCHO		AHMSA	
7	PZA. TORNILLO DE 30 x 9 mm. (1 1/2" x 3/8") Y TAQUETE DE EXPANSION DE 9 mm. (3/8")		PORTEX	
8	PZA. PLACA DE ACERO AL CARBON ASTM-36 DE 200 x 200 x 6 mm. (3" x 8" x 1/4")		AHMSA	
9	1 PZA. COPLE DE CUERDA CORROIDA PARA TUZO CONDUIT PARED GRUESA GALVANIZADO		JUPITER	
10	3 JCO. ABRAZADERA TIPO "U" CON TUERCAS EXAGONALES Y ROLDANAS DE PRESION.		I. E.	
11	1 JCO. CONTRATUERCA PRODUCEADA Y MONITOR FUNDIDO		I. E.	
12	1 PZA. ESTACION DE CONTROL SERVICIO PESADO, NEMA 13			

DETALLE "0"

ALIMENTACIONES GENERALES

PLANO TIPO DE TRAYECTORIA DE ELECTRODUCTO

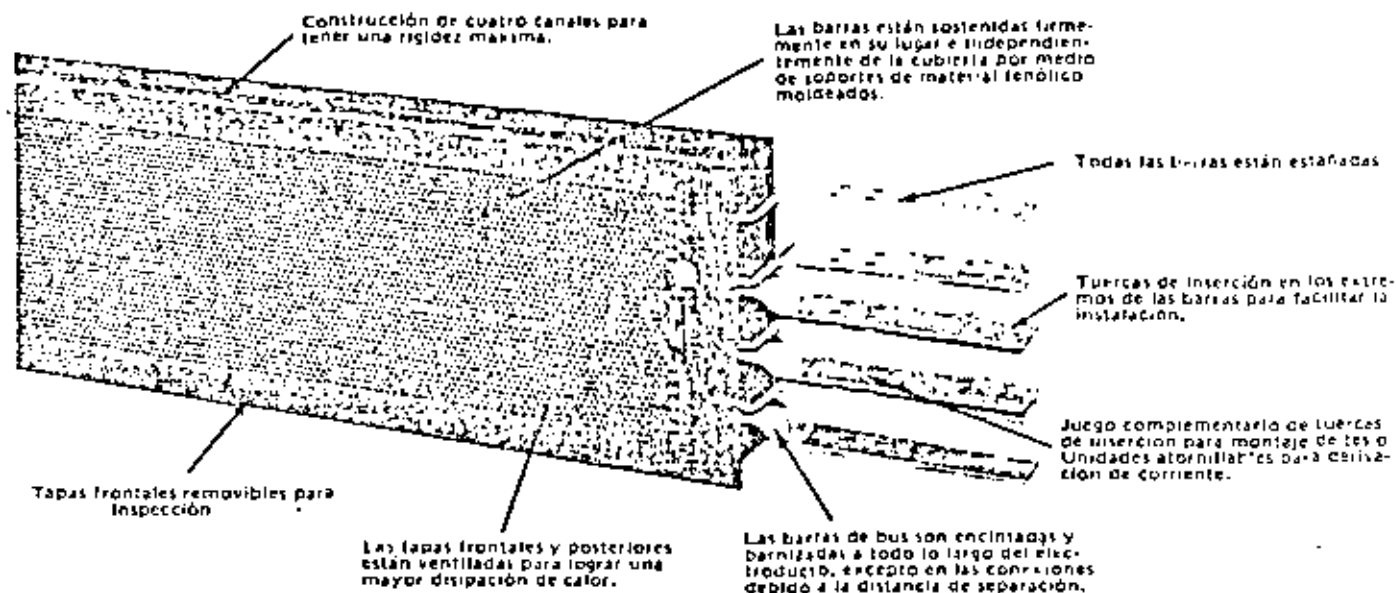
- Localización de:
 - Tableros
 - Centro Control de Motores
 - Tableros Subgenerales
 - Tablero General
 - Transformadores
 - Subestación Eléctrica
- Trayectorias
- Conductores eléctricos
- Electroducto
 - Cajas de registro
 - Canalizaciones eléctricas
 - Subterráneas
 - Tuberías visibles y/o ocultas
 - Asbesto cemento
 - PVC
 - Metálicas
 - Flexibles
- Charolas
- Trincheras
- Cálculo de alimentadores
- Sistema de tierras
- Dibujo



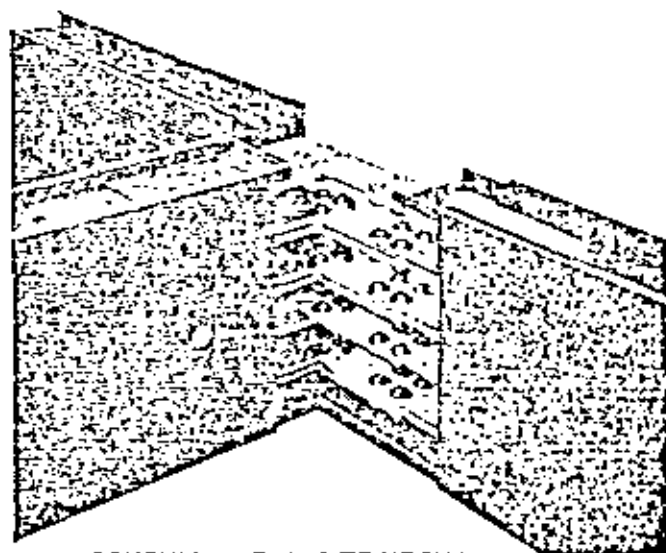
Electroducto de Baja Impedancia - 42 -

El electroducto de baja impedancia de Federal Pacific tiene una construcción de fase dividida en la cual los buses están colocados de manera que las barras aisladas están separadas una de otra por 0.635 cm (1/4"). Este espacio ajustado reduce el efecto del campo magnético que normalmente rodea las barras y conserva en un mínimo la impedancia total. Conservando la impedancia baja, es posible reducir la caída de tensión y las pérdidas de energía

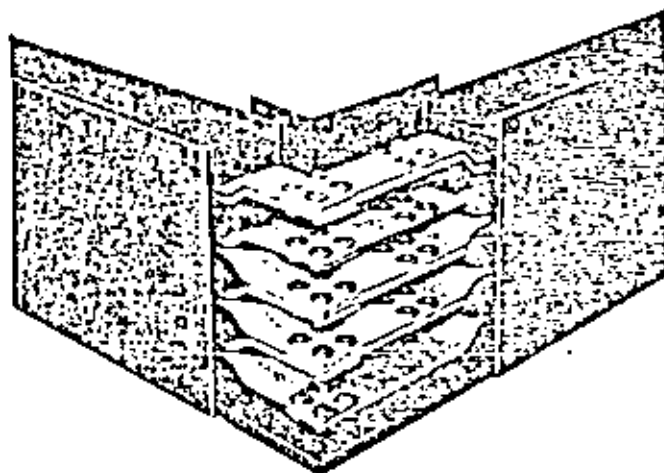
en tramos largos del electroducto, así como usar barras con menor sección transversal, cuyo resultado es un cuantioso ahorro en el costo del sistema de alimentación. Como las barras tienen los centros muy cercanos que en los electroductos de tipo normal, las barras son encintadas y barnizadas a todo lo largo, creando así una barrera impenetrable a cualquier arco posible. La cubierta de acero ventilada proporciona un método eficaz para disipar el calor causado por las corrientes elevadas.



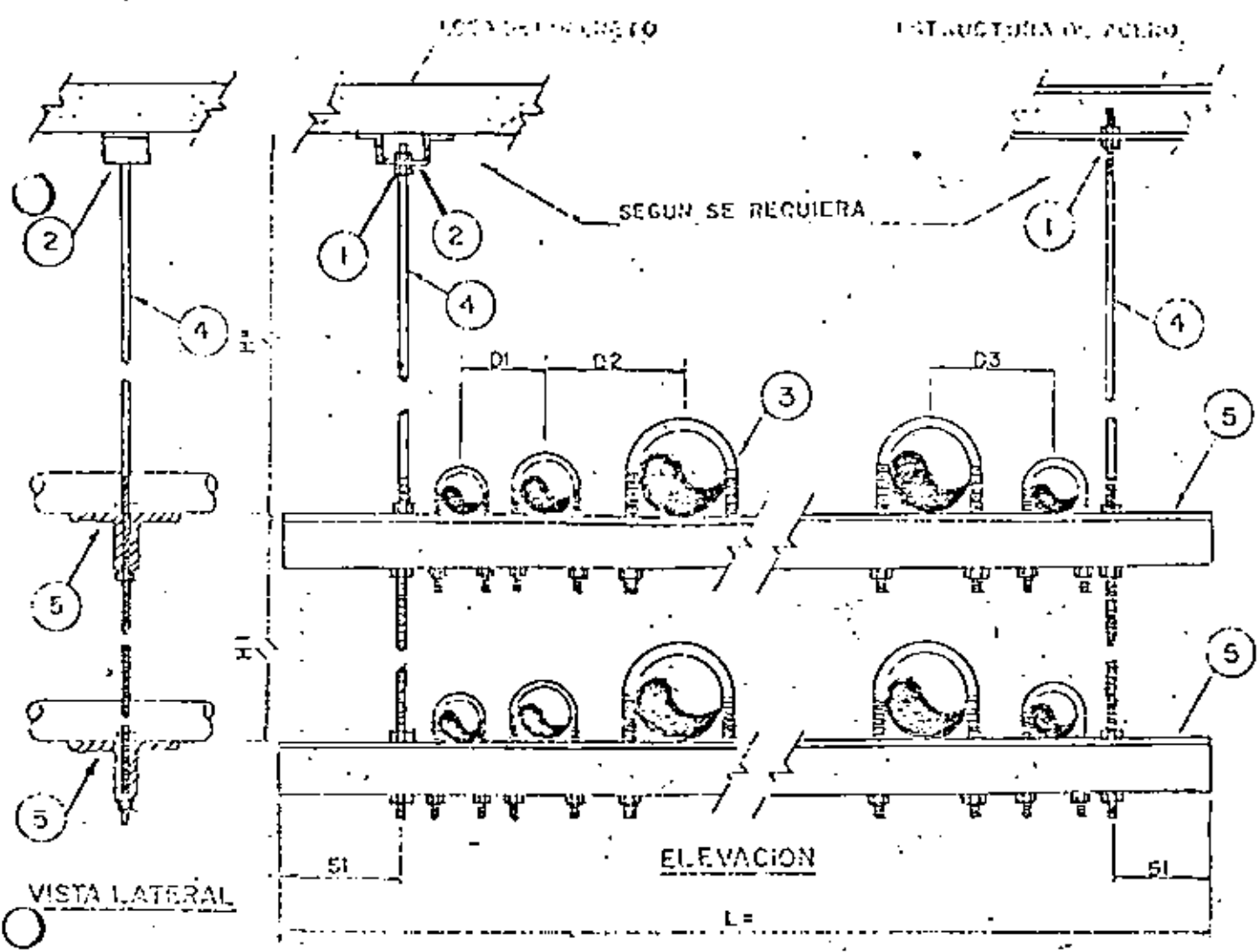
CONEXION EN EL CAMPO DE CODOS Y TES DE TRAMOS RECTOS



CONEXION DE UNA TE HECHA DE TRES SECCIONES RECTAS.



CONEXION DE UN CODO HECHO DE DOS SECCIONES RECTAS.

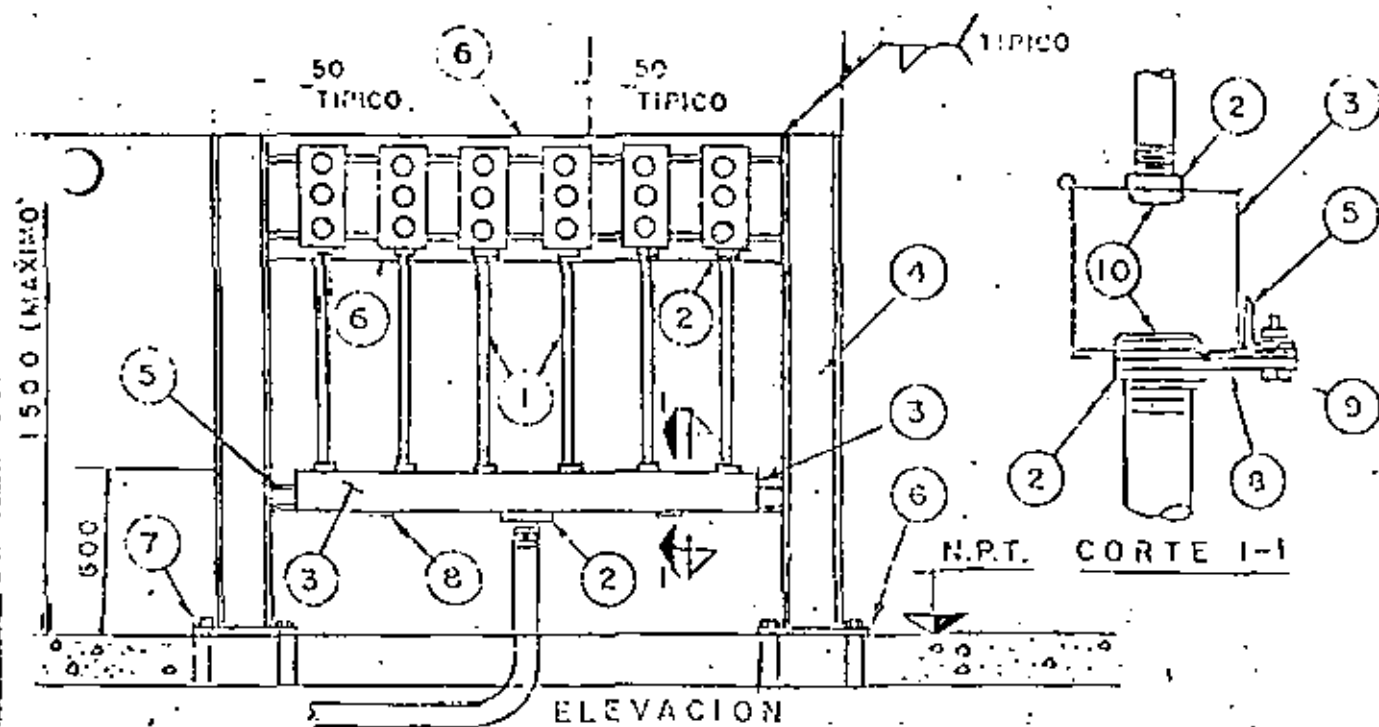


- NOTAS:
- 1) ACOTACIONES EN MILIMETROS.
 - 2) PARA CONOCER DISTANCIAS ENTRE CENTROS DE CONDUITS VER ESPECIFICACION 2EL-120. (D1, D2, D3.)

SOPORTE DE CONDUITS EN DOS O MAS CAMAS HORIZONTALES COLGADAS DEL TECHO.

CANTIDAD	DESCRIPCION	CAT. No.	MARCA	REG. SIC. DGE
1	JGO. TUERCA EXAGONAL DE 9 mm (3/8") CON ROLDANA DE PRESION.			
2	PZA. COLUMPIO DE FIERRO GALVANIZADO	PAC-3	SCM/TUSA	
3	JGO. ABRAZADERA TIPO "U" CON TUERCAS EXAGONALES Y ROLDANA DE PRESION.		IMPOTEX	
4	PZA. VARILLA GALV. ROLADA EN FRIO DE 9 mm (3/8") DE Ø CON EXTREMOS ROSCADOS.			
5	JGO. ARMAZON DE ANGULO DE FIERRO GALVANIZADO DE X mm		AMISA	

DETALLE " Q "



NOTAS: ACOTACIONES EN MILIMETROS

LA CANTIDAD MAXIMA DE ESTACIONES DE CONTROL EN UNA LINEA SERA DE SEIS. SI SE REQUIERE AÑADIR UNA LINEA MAS DE ESTACIONES DE CONTROL, ESTA DEBERA SER DE 5 ESTACIONES COMO MAXIMO ACOMODADAS ALTERNADAMENTE CON RESPECTO A LA LINEA SUPERIOR, A UNA ALTURA DE 1200 mm AL PISO SUPERIOR DE LAS MISMAS.

BASTIDOR PARA VARIAS ESTACIONES DE CONTROL

UNIDADAS EN PISO CON ACOMETIDAS EN UN SOLO CONDUIT.

PART.	CANT.	UNID.	DESCRIPCION	CAT. N°	MARCA	SIC-DGE
1			PZA. TUBO CONDUIT PARED GRUESA GALVANIZADO DE ϕ CON LONGITUD DE _____ mm.		JUPITER	
2			PZA. CONTRATUERCA TIROQUELADA DE FIERRO GALVANIZADO.		DOMEX	
3			TRAMO DUCTO CUADRADO EMBISAGRADO A PRUEBA DE INTemperIE.			
4	1.50		MIS. CANAL LIVIANA DE ACERO AL CARBON DE 102 mm (4")		AMISA	
5			PZAS. ANGULO DE FIERRO GALVANIZADO DE 38x3mm (1 1/2"x 1/8") CON LONGITUD DE _____ mm.		AMISA	
6	2		PZA. PLACA DE ACERO AL CARBON DE 200x200x6mm (8"x8"x 1/4")		AMISA	
7	0		JGO. TACUETE DE EXPANSION DE 9 mm (3/8") CON TORNILLO DE 9x51 mm (3/8"x 2")		IMPORTEX	
8	2		PZA. SOLERA DE FIERRO DE 3x10 mm (1/8"x 3/4")		AMISA	
9	2		JGO. TORNILLO DE CABEZA EXAGONAL DE 5x25 mm (3/16"x 1") CON TUERCA EXAGONAL Y ROLDANA DE PRESION.			
10			PZA. MONITOR FUNDIDO		I. E.	
11	2		PZA. PLACA DE CIERRE PARA DUCTO CUADRADO EMBISAGRADO.			

DETALLE "R"

SECCION DS.3-BANCO DE DUCTOS	Especificacion	Fecha
BANCO DE DUCTOS PARA BAJA TENSION TIPOS I-3B y I-4B, BAJO BANQUETA	DCS.3-01	Marzo/81
BANCO DE DUCTOS PARA BAJA TENSION TIPOS I-6B y I-8B, BAJO BANQUETA (CANCELAR)	DCS.3-02	Sept./74
BANCO DE DUCTOS PARA BAJA TENSION TIPOS I-3A y I-4A, BAJO ARROYO	DCS.3-03	Sept./74
BANCO DE DUCTOS PARA BAJA Y ALTA TENSION TIPO II-9B, BAJO BANQUETA	DCS.3-04	Marzo/81
BANCO DE DUCTOS PARA BAJA Y ALTA TENSION TIPO II-10B, BAJO BANQUETA	DCS.3-05	Marzo/81
BANCO DE DUCTOS PARA BAJA Y ALTA TENSION TIPO II-12B, BAJO BANQUETA	DCS.3-06	Marzo/81
BANCO DE DUCTOS PARA BAJA Y ALTA TENSION TIPO II-9A, BAJO ARROYO	DCS.3-07	Sept./74
BANCO DE DUCTOS PARA BAJA Y ALTA TENSION TIPO II-10A, BAJO ARROYO	DCS.3-08	Sept./74
BANCO DE DUCTOS PARA BAJA Y ALTA TENSION TIPO II-12A, BAJO ARROYO	DCS.3-09	Sept./74
DETALLES EN BANCO DE DUCTOS	DCS.3-10	Oct./74
INDICACION DE CABLES Y SEPARADORES EN BANCO DE DUCTOS	DRS.3-11	Marzo/81
BANCO DE DUCTOS PARA CIRCUITOS 3F y 1F EN ALTA TENSION, BAJO BANQUETA	DRS.3-12	Marzo/81
BANCO DE DUCTOS PARA CIRCUITOS 3F y 1F EN BAJA TENSION, BAJO BANQUETA	DRS.3-13	Marzo/81
BANCO DE DUCTOS PARA CIRCUITOS 3F y 1F EN ALTA Y BAJA TENSION, BAJO ARROYO	DRS.3-14	Marzo/81
BANCO DE DUCTOS PARA CIRCUITOS 3F y 1F EN ALTA TENSION, BAJO ARROYO	DRS.3-15	Marzo/81
BANCO DE DUCTOS PARA CIRCUITOS 3F y 1F EN BAJA TENSION, BAJO ARROYO	DRS.3-16	Marzo/81
BANCO DE DUCTOS PARA CABLES DE 69-115 KV BAJO ARROYO	LTS.3-17	Marzo/81

➤ ADICION O REVISION DESDE EL ULTIMO INDICE

● SE CANCELA REMOVERLA DEL LIBRO

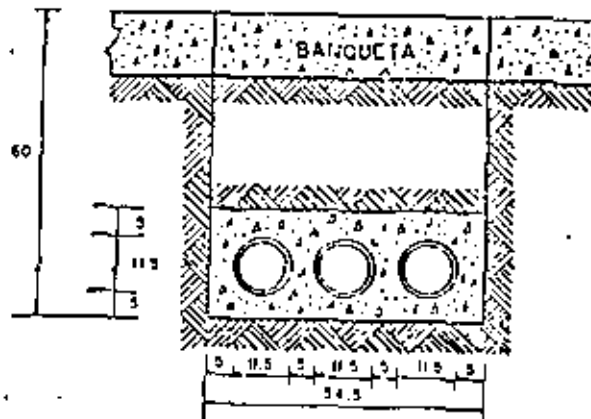
BANCO DE DUCTOS PARA BAJA TENSION TIPOS I-3B Y I-4B BAJO BANQUETA

DCS.3-01

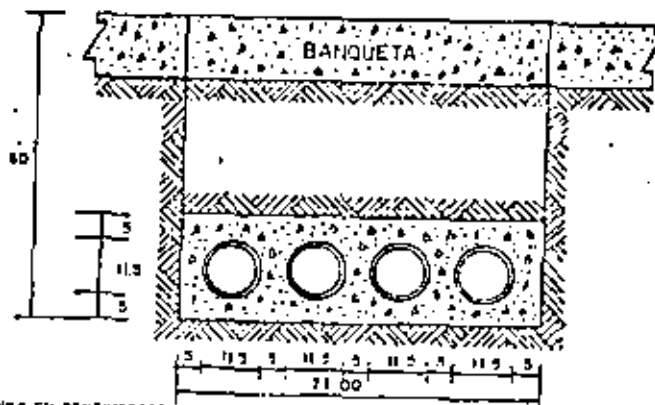
MARZO/81

HOJA 1 DE 1

TIPO I-3B



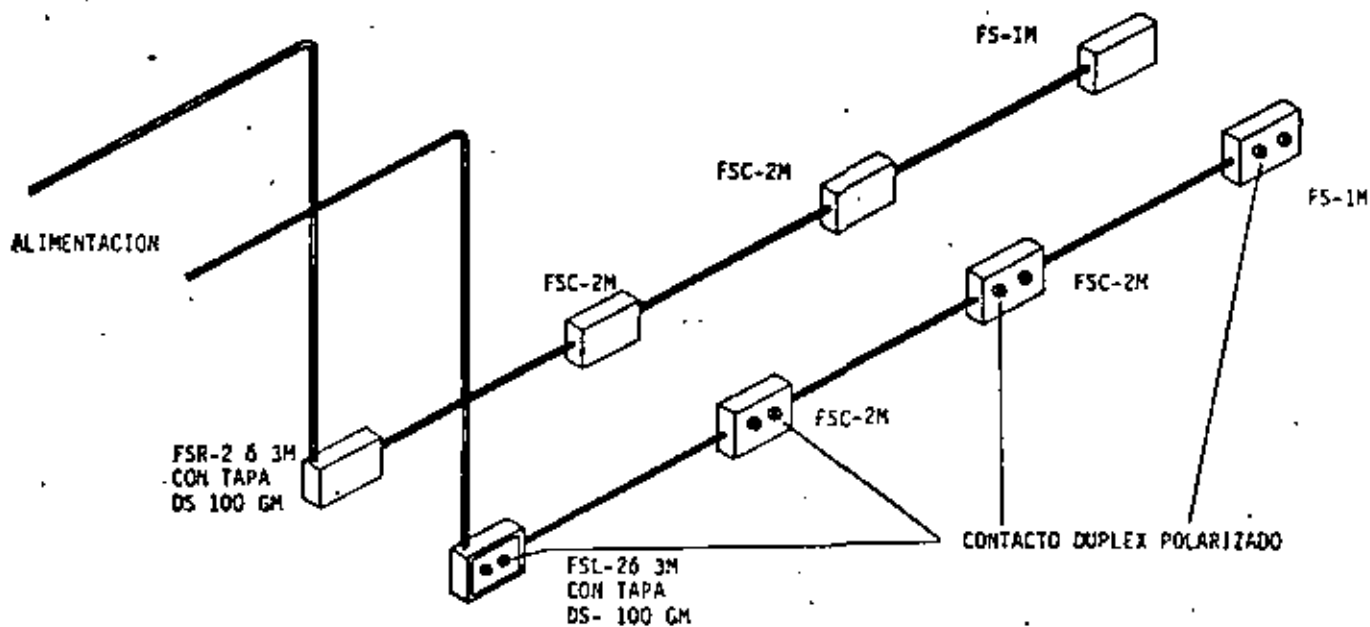
TIPO I-4B



ACOTACIONES EN CENTIMETROS

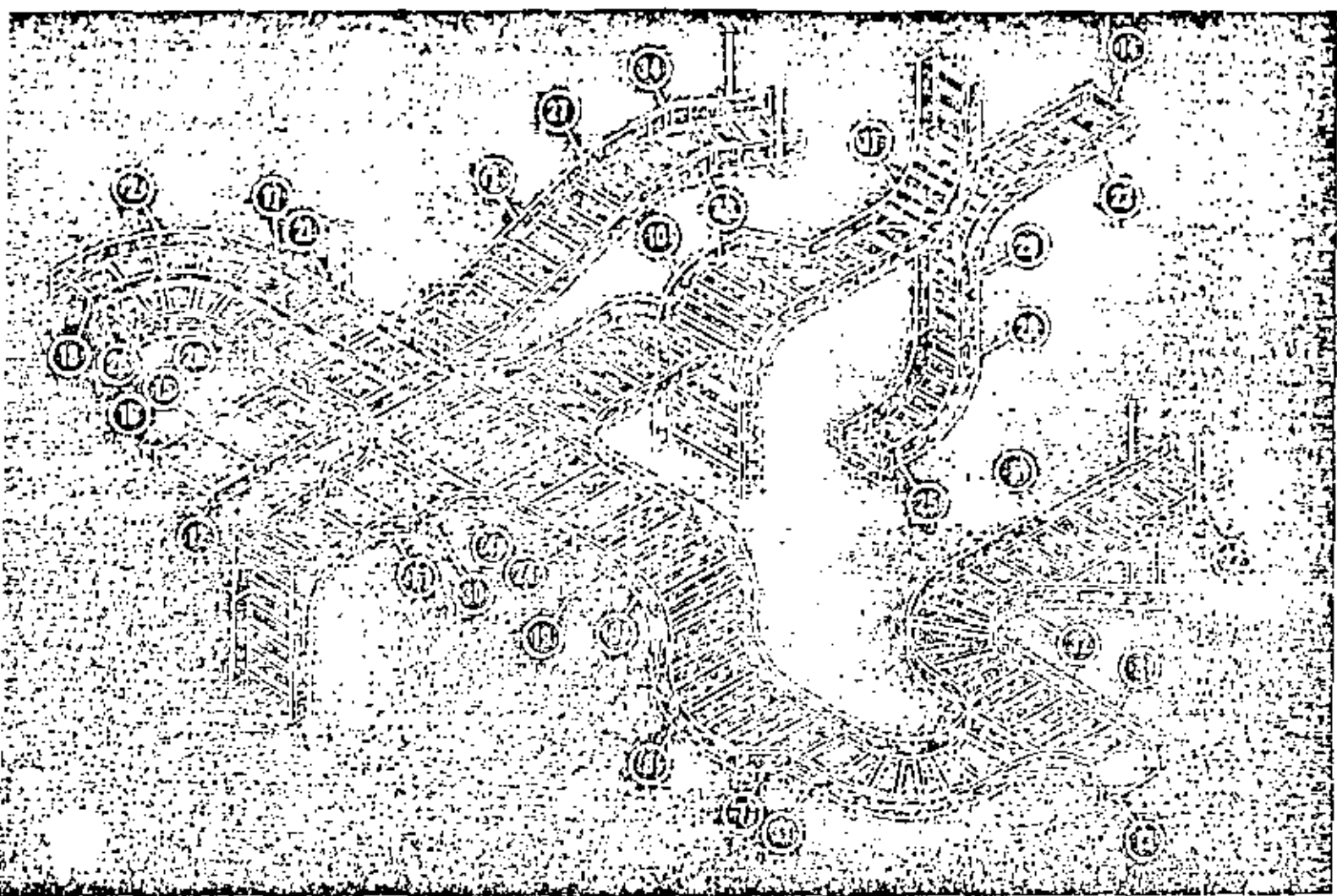
- 1-DUCTOS DE ASBESTO-CEMENTO o PVC RIGIDO DE 10 cm (4") DE DIAMETRO
- 2-CONCRETO DE BANCO DE DUCTOS DE 12-100 Kg/cm²
- AGREGADO MAXIMO DE 19 mm (3/4") ESPECIFICACION DCS.10-04
- 3-PENDIENTE MINIMA EN DUCTOS, DE 0.25% ESPECIFICACION DCS.3-09
- 4-RELLENO Y COMPACTADO (95% NOMIN) ESPECIFICACION DCS.10-04

DETALLE "B"



INSTALACION VISIBLE

DETALLE "T"



TRAY, FITTING AND ACCESSORY INDEX

(Keyed to Composite Illustration Above)

ITEM	DESCRIPTION	PAGE	ITEM	DESCRIPTION	PAGE
1	Straight Tray (ST)	4	28	Curved Fitting Barrier Strip	17
2	Horizontal Elbow (HE)	6 & 7	29	Bracket—Wall or Ceiling	18
3	Horizontal Tee (HT)	14	30	Horizontal Hold Down Clamp	26
4	Horizontal Cross (HX)	14	31	Vertical Hold Down Clamp	18
5	Horizontal Wye (HT-RwL)	15	32	Red Suspension Clamp	18
6	Straight Wye (SW)	16	33	Conduit Adapter Clamp	19
7	Offset Reducer (OT-RwL)	16	34	J Hook Hold Down	19
8	Inside Elbow (IE)	8 & 9	35	Tray to Box Connector (TB)	19
9	Outside Elbow (OE)	10 & 11	36	Barrier Strip Clip	20
10	Vertical Tee (VT)	15	37	Vertical Adjustable Splice Plate	5
11	Vertical Cross (VC)	15	38	2 Hole Splice Plate	5
12	Cable Reamer Elbow (CHE)	17	39	4 Hole Splice Plate—Flat	5
13	Drop Tee (DT)	19	40	4 Hole Half Dome Inside Splice Plate	5
14	Blind End (BE)	19	41	4 Hole Half Dome Outside Splice Plate	5
15	Cover Clamp (CC)	19	42	4 Hole Full Dome Inside Splice Plate	5
16	Straight Tray Cover (ST-C)	19	43	Horizontal Adjustable Splice Plate—Inside	5
17	Straight Tray Barrier Strip	17	44	Horizontal Adjustable Splice Plate—Outside	5

GENERAL INDEX

ITEM	PAGE
Features of KURLOK Tray System	3
Typical Installations of KURLOK Tray System	12 & 13
Attaching and Supporting KURLOK Trays	18
Attaching the KURLOK System to Structures	21
Sale Lead Data	22
Material Specifications	23
Specifying the KURLOK System	24
KURLOK trays are manufactured of galvanized steel or aluminum. For straight trays and fittings the identifying number is an abbreviated description of the tray or fitting. Accessories, except those with F part numbers, also have identifying code numbers. The 3" steel system is the basic line. The prefix A specifies aluminum. Figures 4 and 6 identify 4" and 6" inside depth.	
Typical examples are given below:	
ST 12-6—3" inside depth steel Straight Tray, 12" wide, 6" rung spacing	
AST 18-9—4" inside depth steel Straight Tray, 18" wide, 9" rung spacing	
6HL 6-0990—6" inside depth steel Horizontal Elbow, 6" x 6" 3" inside radius, 90° segment	
The same items (listed above) in aluminum would be AST 12-6 or 4AST 18-9; 6AHL 6-0990.	

The user is required to make changes in design, material, size and dimensions of any item without notice, and without obligation as to items manufactured prior to our withdrawal.

Tabla 1.3
Dimensiones de tubo conduit y área disponible para los conductores

Diámetro nominal		Diámetro interior	Área interior total	Área disponible para conductores (mm ²)	
mm	ulg.	(mm)	(mm ²)	40% (para 3 conductores o más)	30% (para 2 conductores)
13	1/2	13.81*	196	78	59
19	3/4	21.30*	356	142	107
25	1	26.50*	552	221	166
32	1 1/8	35.31*	979	392	294
38	1 1/2	41.16*	1 331	532	399
51	2	52.76*	2 186	874	656
63	2 1/2	62.71**	3 088	1 235	926
76	3	77.93**	4 769	1 900	1 431
89	3 1/2	90.12**	6 378	2 551	1 913
102	4	102.26**	8 213	3 285	2 464

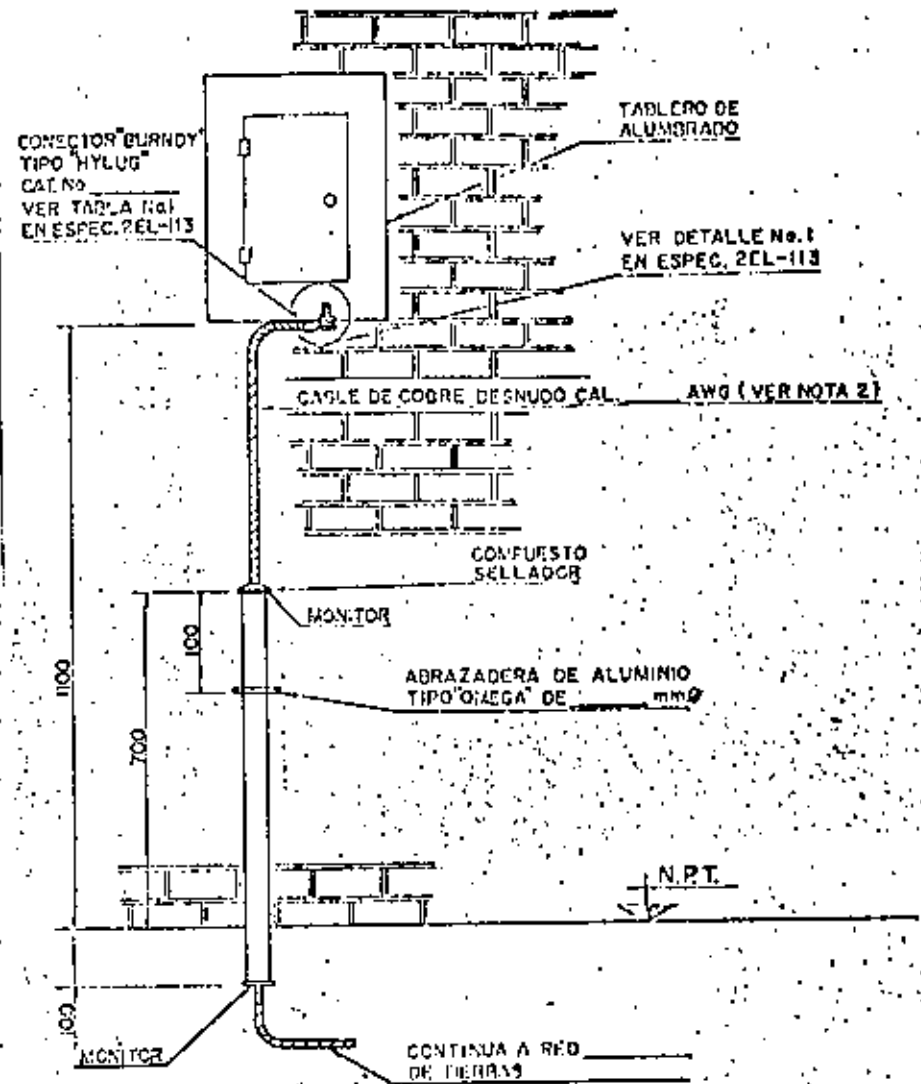
* Corresponde al tubo metálico tipo ligero.

** Corresponde al tubo metálico tipo pesado.

Los valores de esta tabla sirven de base para determinar el número máximo de conductores que pueden alojarse en un tubo conduit. Desde el punto de vista práctico estos valores pueden aplicarse en cualquier caso, aun cuando las dimensiones interiores de los distintos tipos de tubos conduit son ligeramente diferentes entre sí.

TABLA 3

RECOMENDADA POR LA SECRETARIA DE PATRIMONIO Y FOMENTO INDUSTRIAL
EN LAS NORMAS TECNICAS ACTUALES



NOTAS:

1.-ASOCIACIONES EN MILIMETROS

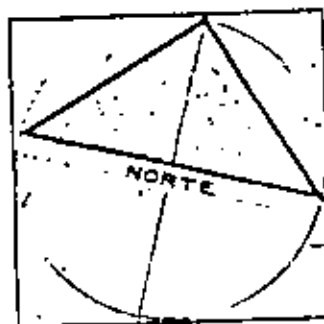
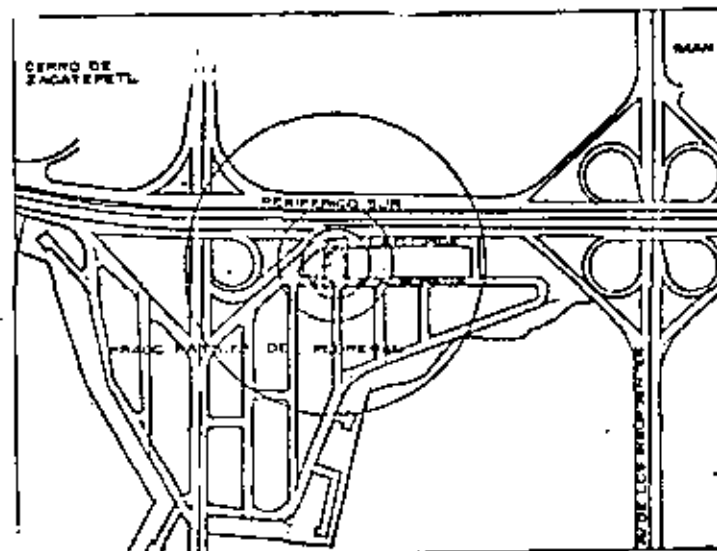
2.-EL CALIBRE MINIMO A USAR SERA No. 4 AWG.

CONEXION A TIERRA DE TABLERO DE ALUMBRADO

DETALLE "T"

SUBESTACIONES ELECTRICAS

- Croquis de localización de la industria
- Acometida eléctrica
- Localización y voltaje
- Requerimientos de la D.G.E., C.L. y F., y C.F.E.
- Tipos de subestaciones por utilizarse
- Arreglo de subestación
- Descripción y características del equipo
- Planta de emergencia
- Accesorios complementarios
- Tablero General
- Capacidad interruptiva
- Sistema de tierras
- Presentación de planos



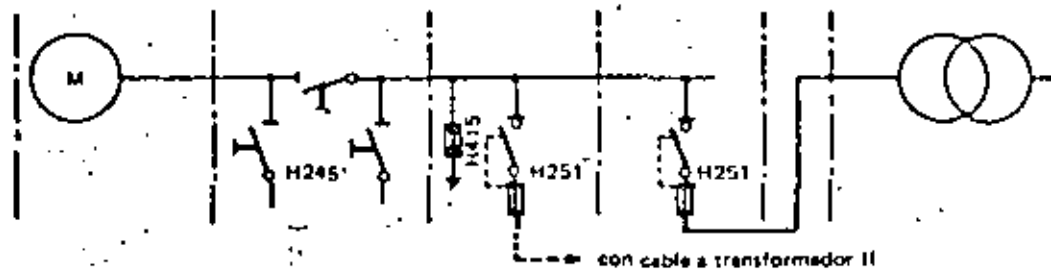
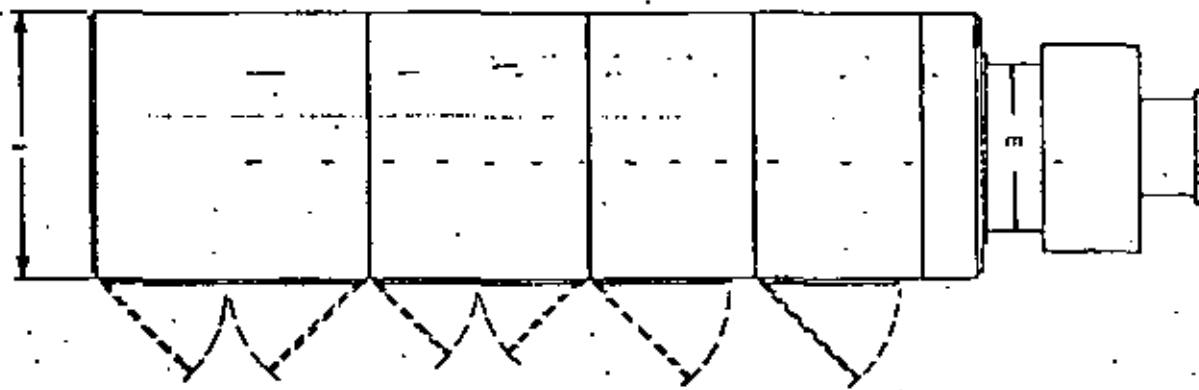
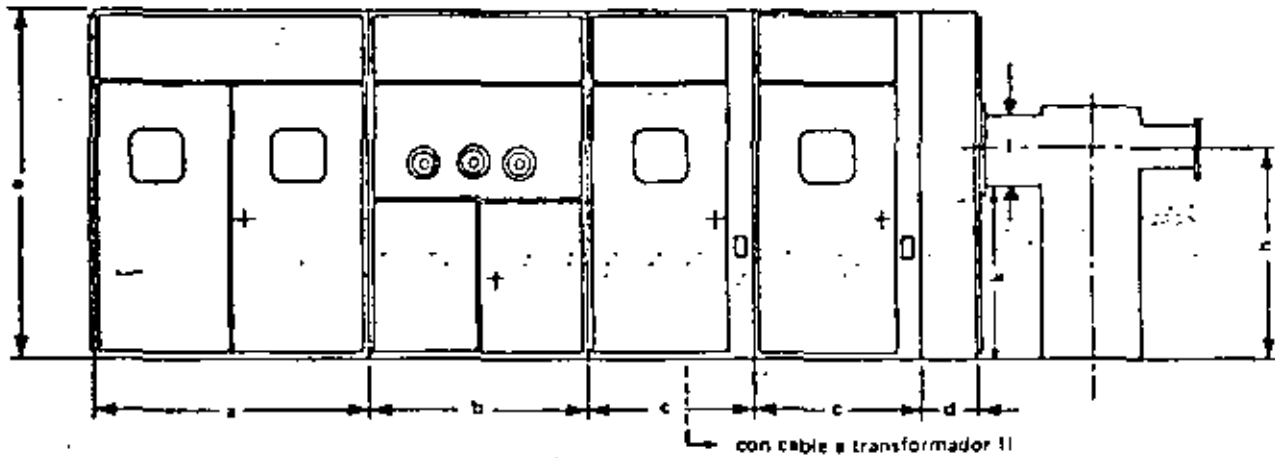
CROQUIS DE LOCALIZACION

Ejemplo 3

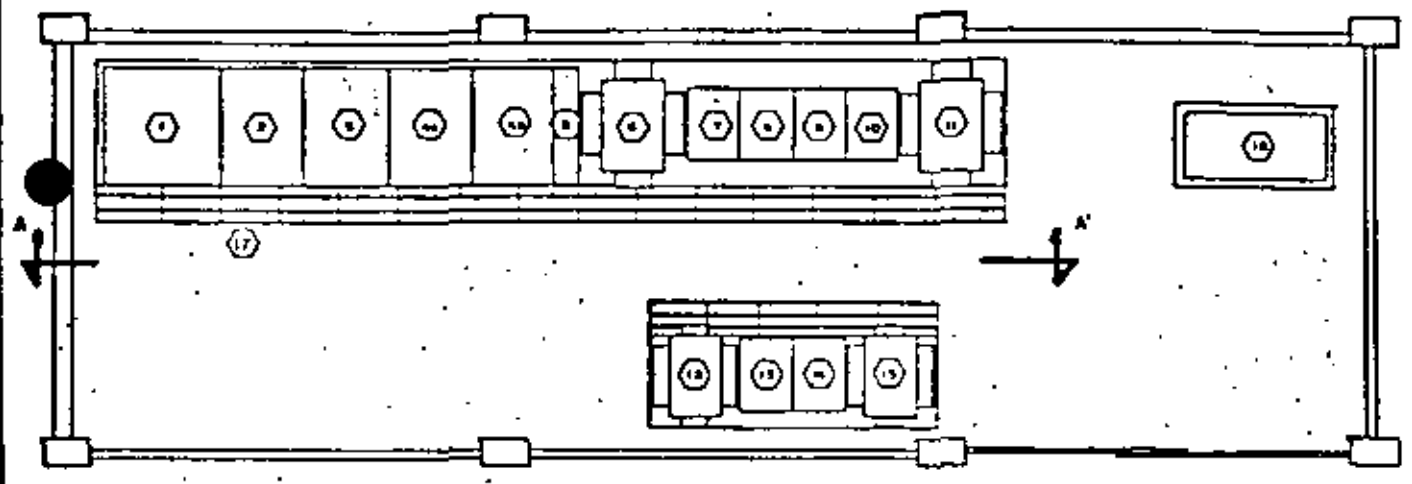
Subestación consistente de:

- 1 Celda de medición
- 1 Celda de cuchillas de prueba
- 2 Celdas de seccionador
- 1 Celda de acoplamiento
- 1 Transformador acoplado al lado derecho
- 1 Transformador alimentado con cable

Dimensiones, véase página 6.



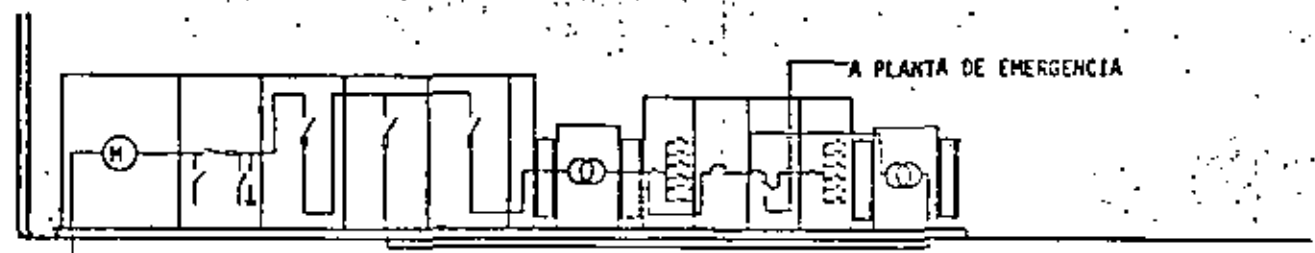
DETALLE "U"



LISTA DE EQUIPO

- 1.-Equipo de medición de la Cía. suministradora
- 2.-Cuchillas de prueba
- 3.-Interruptor general en aire A.T.
- 4.-Interruptor derivado en A.T.
- 5.-Sección de acoplamiento
- 6.-Transformador en aceite de 750 KVA de 13.2KV a 440/254 V
- 7.-Tablero general B.T.440V servicio normal
- 8.-Interruptor de amarre
- 9.-Interruptor de transferencia
- 10.-Tablero general B.T.440V servicio emergencia
- 11.-Transformador en aceite de 750 KVA de 13.2 KV a 440/254 V
- 12.-Transformador en aceite de 225 KVA de 440 a 220/127 V
- 13.-Tablero general B.T.220V servicio normal
- 14.-Tablero general B.T.220V servicio emergencia
- 15.-Transformador en aceite de 150 KVA de 440 a 220/127 V
- 16.-Base de concreto
- 17.-Tarima aislante
- 18.-Planta de emergencia

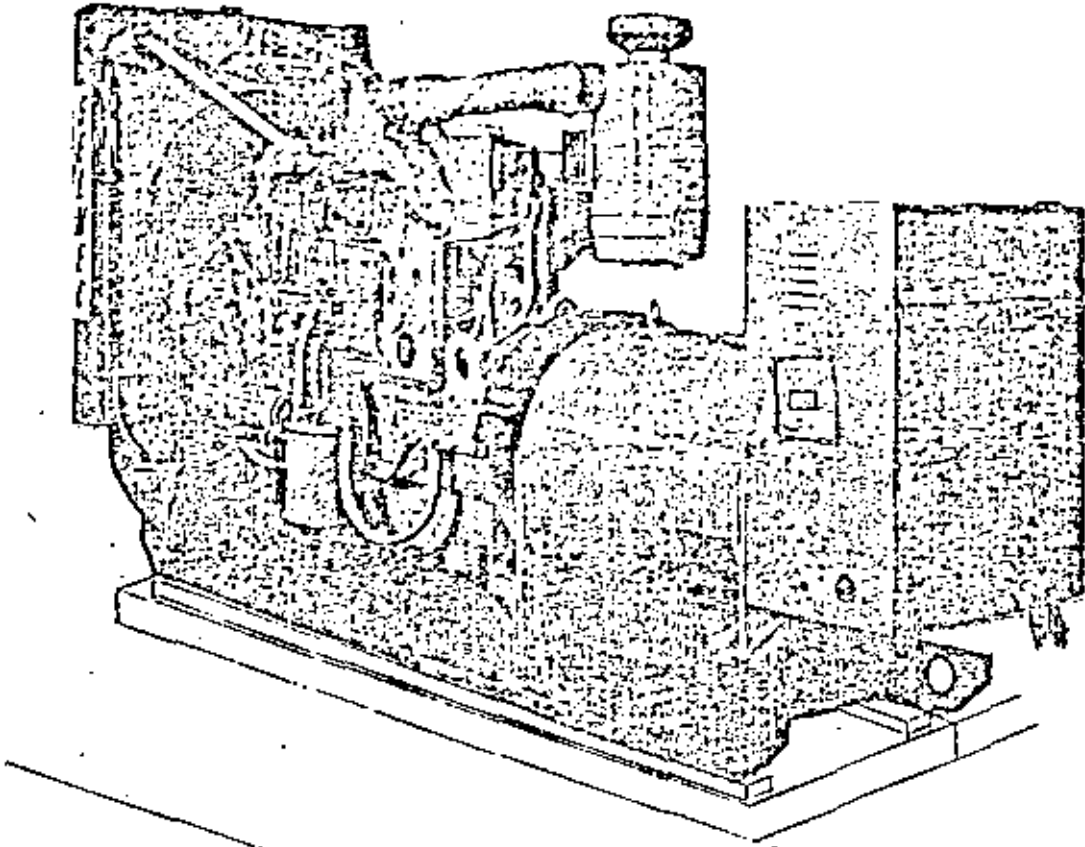
ACOMODO DE SUBESTACION



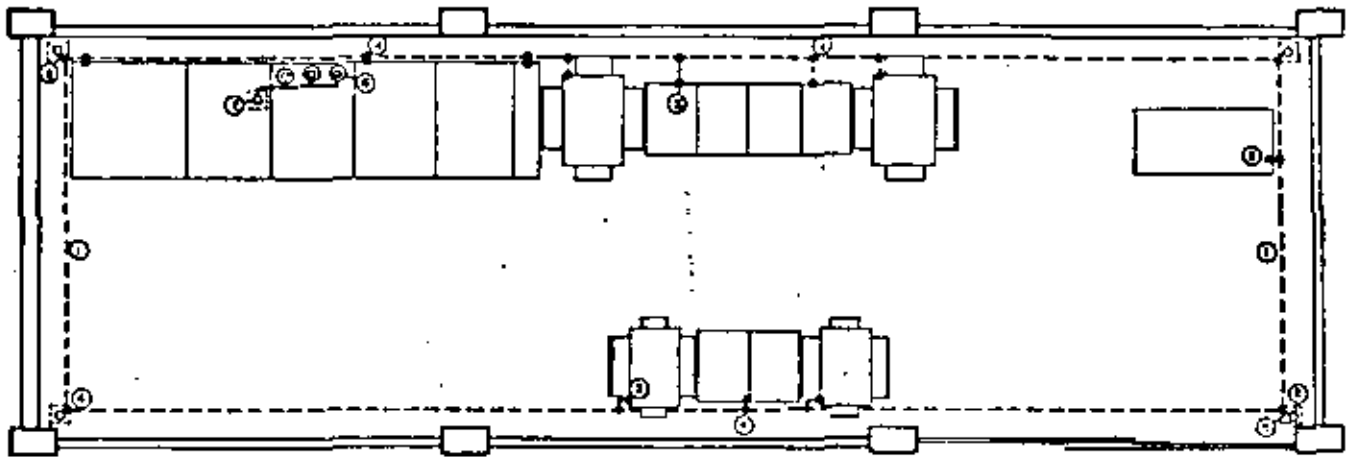
COMETIDA
C.F.E.

CORTE A A

ALZADO EQUIPOS DE SUBESTACION



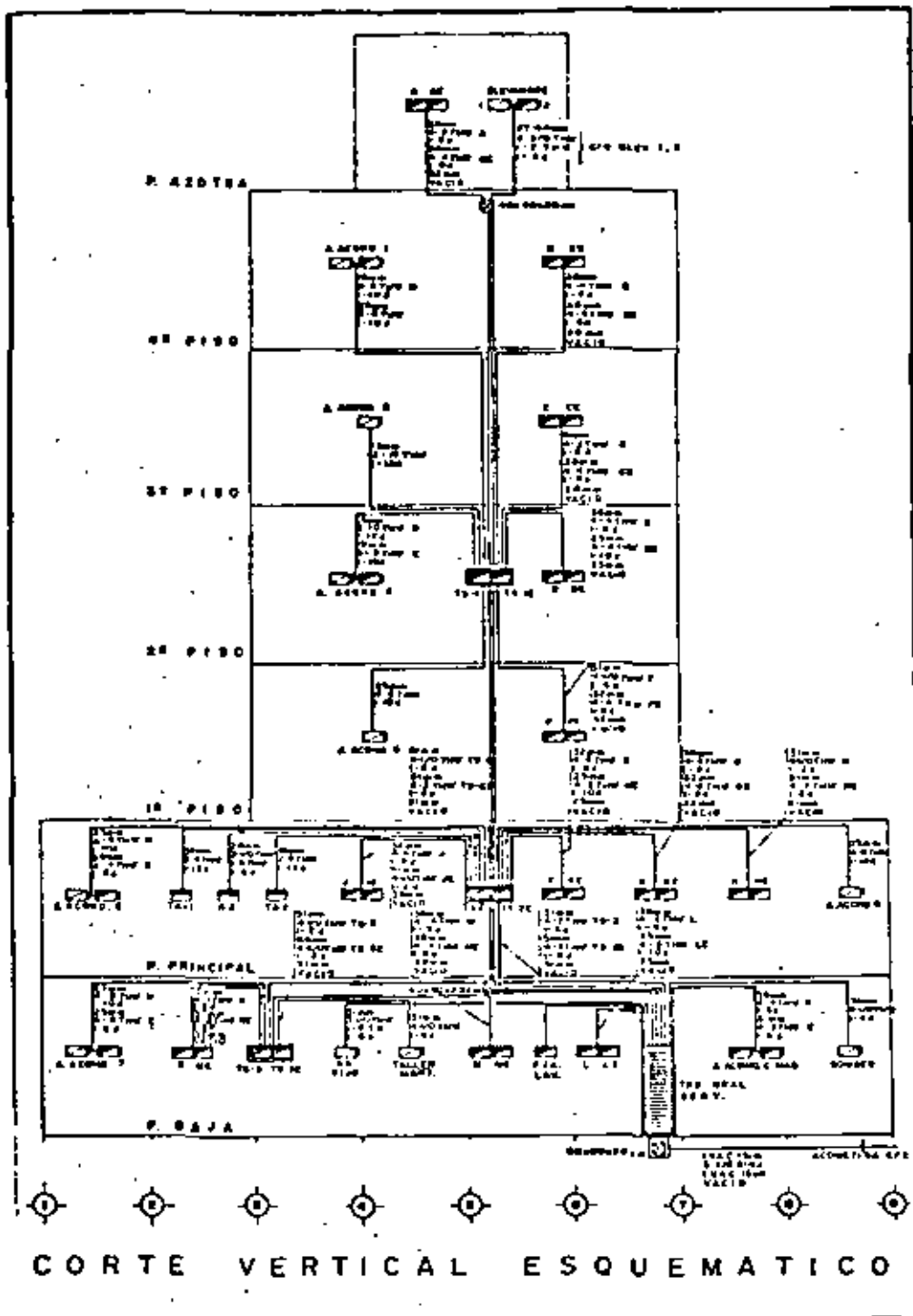
PLANTA DE EMERGENCIA



NOMENCLATURA

- 1.- Cable de cobre desnudo número 2/0 AWG
- 2.- Bayoneta copperweld
- 3.- Conector zapata
- 4.- Conector "T"
- 5.- Conector a bayoneta
- 6.- Apartarrayos autovalvulares

SISTEMA DE TIERRAS EN SUBESTACION ELECTRICA



-59- DIAGRAMA UNIFILAR

- Representación esquemática
- Datos
- Tablas complementarias
- Símbolos

Deberá presentarse en un plano independiente con la información siguiente:

- Los elementos que se encuentren comprendidos dentro de la subestación serán enmarcados con línea punteada. Además deberá llevar el título de Subestación Principal.
- Los elementos de A.T. deberán ser numerados progresivamente y su descripción irá en un cuadro que aparecerá en el mismo plano, como indica el diagrama anexo.
- Las secciones normales y de emergencia deberán enmarcarse separadamente con línea punteada.
- En el cuadro de descripción de equipos, deberán indicarse las características principales de todos los equipos.
- Cada uno de los tableros generales y subgenerales irán enmarcados y con su descripción.
- Todos los tableros subgenerales deberán unirse mediante su alimentador indicativo con una línea al interruptor

correspondiente en el tablero general, esta línea que representa el alimentador llevará la siguiente información:

- Diámetro de la canalización.
- Calibre de los conductores.
- Longitud.
- Caída de voltaje.

Los tableros de distribución e interruptores para fuerza se representarán como indica el cuadro de símbolos.

Estos tableros no llevarán diagrama pero sí aparecerán en el interruptor correspondiente del tablero subgeneral del que se estén alimentando.

Además deberá contener el plano, un cuadro con los siguientes datos para tableros de distribución.

- Identificación del tablero.
- Diámetro de canalización.
- Número y calibre de los conductores.
- Longitud.
- Caída de voltaje.

Transformadores Tipo Seco.- En caso de que los hubiere deberán dibujarse junto al tablero con los siguientes datos:

- Capacidad en KVA.
- Voltaje primario y voltaje secundario.
- Ampacidad y número de polos de los interruptores primarios y secundarios.

IMPORTANCIA DE LA MEMORIA DE CALCULO

La memoria de cálculo es el complemento necesario para el mejor entendimiento o comprensión de un proyecto.

A continuación daremos unos puntos que debe contener:

- NIVELES DE ILUMINACION

Esta información deberá ser de cada uno de los locales que integran el edificio, deberán mostrarse en hojas anotando el área al que corresponden.

Ejemplo de un local.

- Local -
- Largo - 5.60 m.
- Ancho - 3.60 m.
- Area - 20 m²
- Nivel - 500 luxes
- Índice de cuarto - H
- Coefficiente de utilización - 0.45
- Factor de mantenimiento - 0.60
- Lúmenes totales - 37037
- Número de lámparas - 6.7 de 2 x 40 W.

- CALCULO DE LOS ALIMENTADORES A ELEVADORES

Según los datos obtenidos por el fabricante se requiere lo siguiente:

Ejemplo:

- Elevador 1 (servicio emergencia)
- Alimentado del tablero general B.T. 440 V.
- Potencia 30 HP
- Corriente de régimen - 37 A
- Longitud - 76 mts.
- Caida de voltaje - 2%
- Diámetro de canalización - 51mm.
- Calibre de los conductores
 - 3 - 2 (calibre No. 2 mínimo que requiere el fabricante)
 - 1 - 2 (Neutro para alumbrado propio)
 - 1 - 10 d (tierra)
- Interruptor 3P.70A (uno para protección del alimentador en el tablero y otro para recibir la línea, localizado en caseta de elevadores)

MEMORIA DE CALCULO

- Descripción del proyecto
- Presentación técnica del proyecto
- Cálculos

CÁLCULO DE LOS ALIMENTADORES A CUARTOS DE EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO.

Deberá describirse el cálculo de cada cuarto de aire acondicionado informando lo siguiente:

Ejemplo:

Cuarto de aire acondicionado No. 1

Localizado en

Alimentado del tablero subgeneral TS-2

Normal 220 V

Relación de equipos por alimentarse

UMA 1 5 HP 13 A

UMA 2 7.5 HP 19.8 A

UMA 3 3 HP 8.7 A

41.8 A

$P = 41 \times 3 \times 220 = 15621 \text{ VA}$

$I_r = 1.25 (19.8) = 1 (4) = 19.8$

$I_r = 24.75 - 21.2 = 46$

$I_a = 40 - 21.2 = 61.2 \text{ A} \quad 3P.70A$

Longitud = 24 mts.

Caída de voltaje = 1.5 %

Diámetro de canalización = 1 1/2"

Calibre de los conductores

3 - 1/0 (fases)

1 - 10 (neutro para controles)

1 - 10 # (tierra)

CÁLCULO DEL ALIMENTADOR DE TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN.

Cada uno de los cálculos de los alimentadores de tableros de distribución tanto normal como emergencia deberán ser indicados en la memoria de cálculo.

Ejemplo:

Tablero A

Carga conectada = 19500 VA

Carga con reserva = $1.25 \times 19500 = 24375 \text{ VA}$

Corriente de régimen = 64 A

Longitud = 125 mts.

Caída de voltaje = 1%

Diámetro de canalización = 1 1/2"

Calibre de los conductores

Por caída de voltaje

3 - 300 MCM THW (fases)

1 - 300 MCM THW (neutro)

1 - 6 # (tierra)

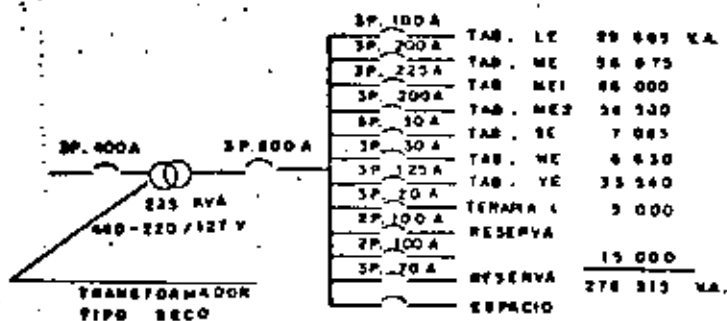
Interruptor = $1.25 \times 64 = 80 \text{ A}$

3P. 100A

CÁLCULO DEL ALIMENTADOR DE TABLEROS SUBGENERALES

Deberán presentarse de la siguiente forma:

Tablero subgeneral TSE-2



Tablero subgeneral TSE-2

Carga Cableros alumbrado y contactos 76940 VA

f.d. = 0.6 46164

Carga tableros 181375

f.d. = 0.8 163240

Carga equipo 15000

f.d. = 0.6 9000

Carga transformador 5000

f.d. = 0.8 4000

Suma de las cargas ya demandadas 222404 VA

Transformador

225 KVA (tamaño comercial)

$$I_p = \frac{225 \text{ KVA}}{3 \times 220} = 591 \text{ A}$$

$$I_{rt} = 1.25 \times 591 = 738 \text{ A} \quad 3P.800A$$

$$I_r = \frac{225 \text{ KVA}}{3 \times 220} = 296 \text{ A}$$

$$I_{rt} = 1.25 \times 296 = 369 \text{ A} \quad 3P.400A$$

Longitud = 36 mts. (440 V)

Longitud = 1 mt. (220 V)

Caída de voltaje = 1%

Calibre de los conductores

2 - 4/0 THW por fase

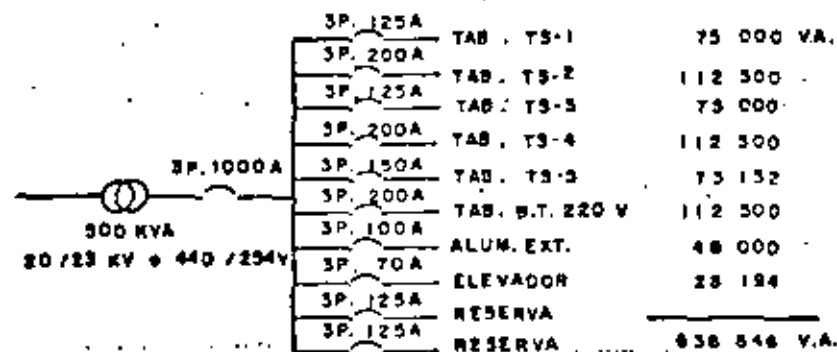
2T - 64 mm.

3 - 4/0 c/u

1 - 6 #

CÁLCULO DEL TABLERO GENERAL N.T. 440 V NORMAL

Se representará esquemáticamente como se indica a continuación y con los correspondientes datos:



Carga tableros subgenerales = 560652 VA
ya demandada 560652

Carga alumbrado exterior 48000
f.d.=1 48000

Carga elevador 28194
f.d.=1 28194

Suma de las cargas ya deman-
dadas 636846 VA

Factor de diversidad = 1.4

$$p = \frac{636846}{1.4} = 454890 \text{ VA}$$

Transformador 500 KVA
13.2 KV a 440/254 V

$$I = \frac{500 \text{ KVA}}{3 \times 440} = 656 \text{ A}$$

$$Int = 1.25 \times 656 = 820 \text{ A} \quad 3P.1000A$$

CALCULO DE LA PLANTA DE EMERGENCIA

Carga total en emergencia 312 KVA

Para determinar los KVA requeridos de arranque tenemos:

El motor mayor es de los enfriadores de aire acondicionado (173 KW corriente de arranque 400 A corriente a plena carga 270 A)

Potencia de arranque = $400 \times 3 \times 440 = 304800 \text{ VA}$

Potencia en marcha = $270 \times 3 \times 440 = 205740 \text{ VA}$

Diferencia = $304800 - 205740 = 99.06 \text{ KVA}$

Potencia al arranque = 312 100 412 KVA

Servicio continuo 280 KVA/224 KW

Servicio emergencia 312 KVA/250 KW

Potencia al arranque 412 KVA/330 KW

Longitud = 10 mts.

Voltaje de generación = 440 V

Alimentador por corriente

$$I = \frac{312 \text{ KVA}}{3 \times 440} = 409 \text{ A}$$

$$Int = 1.25 \times 409 = 512 \text{ A}$$

Diámetro de canalización Ducto Cuadrado de 10 x 10 cm.

Calibre de los conductores:

2 - 3/0 por fase

6 - 3/0 THW (fases)

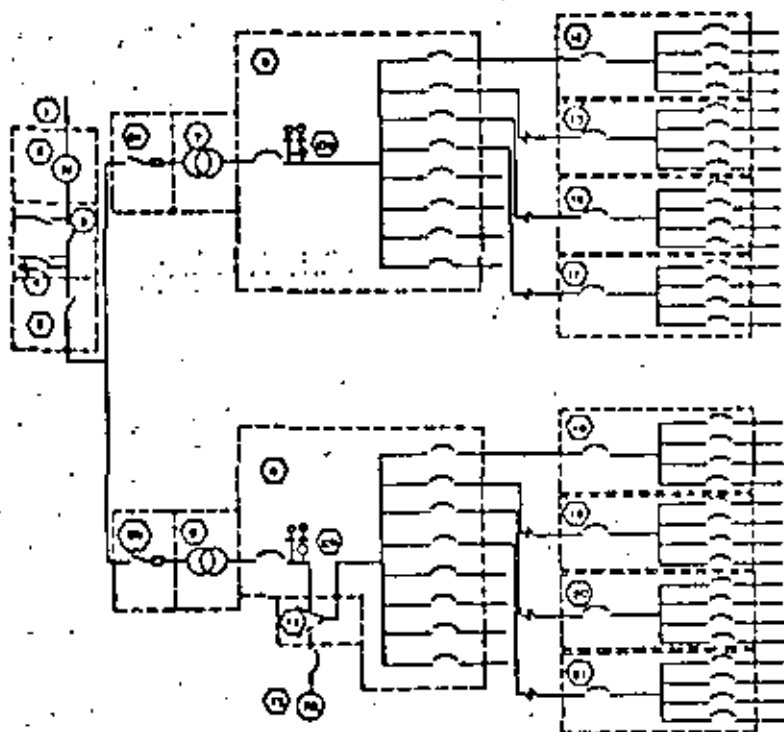
1 - 3/0 THW (neutro)

1 - 1/0 d (tierra)

La memoria de cálculo deberá contener además un diagrama unifilar esquemático donde muestre las partes que comprendan la instalación eléctrica, no es necesario detallar los tableros subgenerales y generales ya que en hojas anteriores deberán aparecer unifilares de dichos tableros.

Se pondrá una numeración progresiva a los elementos del diagrama unifilar anterior y en una lista anexo se indicarán las principales características de cada elemento.

Ejemplo:



SISTEMA DE PARARRAYOS

- Cálculos
- Conexión a tierra
- Mediciones en el terreno
- Dibujos

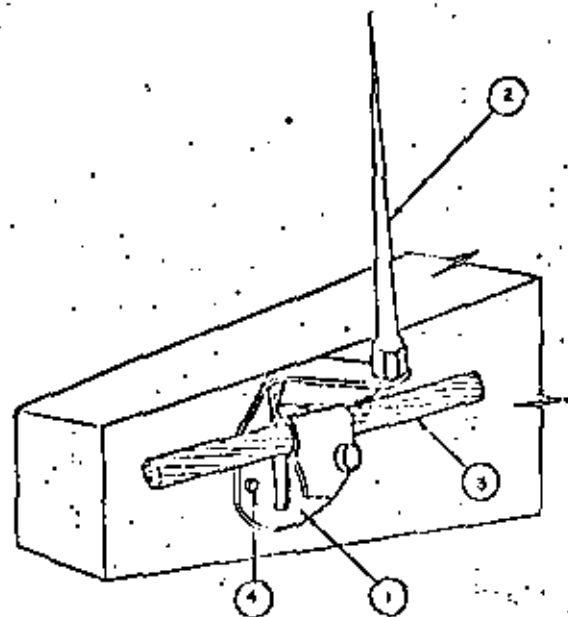
Lista de Equipo

- 1.- Acometida de la compañía suministradora.
- 2.- Equipo de medición de la compañía suministradora.
- 3.- Cuchillas de prueba para 13.2 ó 20/23 kV
- 4.- Apartarrayos autovalvulares
- 5.- Interruptor general en aire A.T.
- 6.- Interruptores derivados en aire A.T.
- 7.- Transformador autoenfriado en aceite de 1 capacidad de (trans formación de voltaje) 13.2 a 440/254 V, 60 cps, servicio normal.
- 8.- Transformador autoenfriado en aceite de 1 capacidad de (la misma relación del anterior) 60 cps, servicio emergencia.
- 9.- Tablero general B.T. 440 V servicio normal
- 10.- Equipos de medición en B.T.
- 11.- Tablero general B.T. 440 V servicio emergencia
- 12.- Interruptor de transferencia de 3P. 3 A
- 13.- Planta de emergencia de la siguiente capacidad:

Servicio Continuo
Servicio Emergencia
Potencia al Arranque

- 14.- Tablero general B.T. 220 V servicio normal
- 15.- Tablero subgeneral TS-1. servicio normal
- 16.- Tablero subgeneral TS-2. servicio normal
- 17.- Tablero subgeneral TS-3. servicio normal
- 18.- Tablero general B.T. 220 V servicio emergencia
- 19.- Tablero subgeneral TS-1. servicio emergencia
- 20.- Tablero subgeneral TS-2. servicio emergencia
- 21.- Tablero subgeneral TS-3. servicio emergencia

Deberán anexarse a la memoria, cuadros de carga (hojas de tableros) de todos los tableros de distribución.



PARARRAYOS DEL TIPO PUNTA MACIZA DE COBRE-NIQUEL INSTALACION LATERAL.

NOT.	CANT.	UNID.	DESCRIPCION	CAT. No.	MARCA	REG. O.C.D.G.E.
1			BASE PLANA PARA PUNTA	85-A	AMPASA	
2			INSTALACION PARARRAYOS DE 300mm. DE LONGITUD.	85-A	AMPASA	
3			CABLE DE COPRE NIQUEL DIAMETRO DE 12mm. Y CON 32HILOS	32-S	AMPASA	
4			PERNO DE 5mm. 1/2" x 1/8" O EQUIVALENTE DE 6x35mm(1/4" x 1/2") CON TUERCA DE PRESION Y TORNILLO DE PRESION Y TUERCA EXAGONAL.			

DETALLE "V"

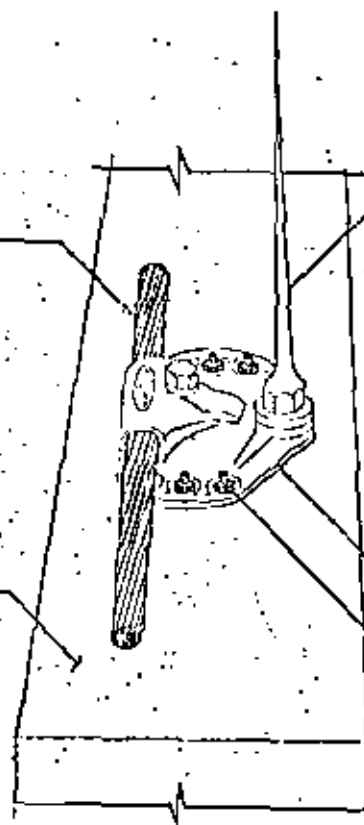
CABLE "AMPASA" DE COBRE. DIAMETRO DE 12mm DE D. CON 32HILOS CAL. No 32-S O EQUIVALENTE No 329 AWG.

PUNTA DE PARARRAYOS "AMPASA" DE 300mm. DE LONGITUD CAT. No. 85-A.

VARO O COLUMNA DE TARIQUE O CONCRETO.

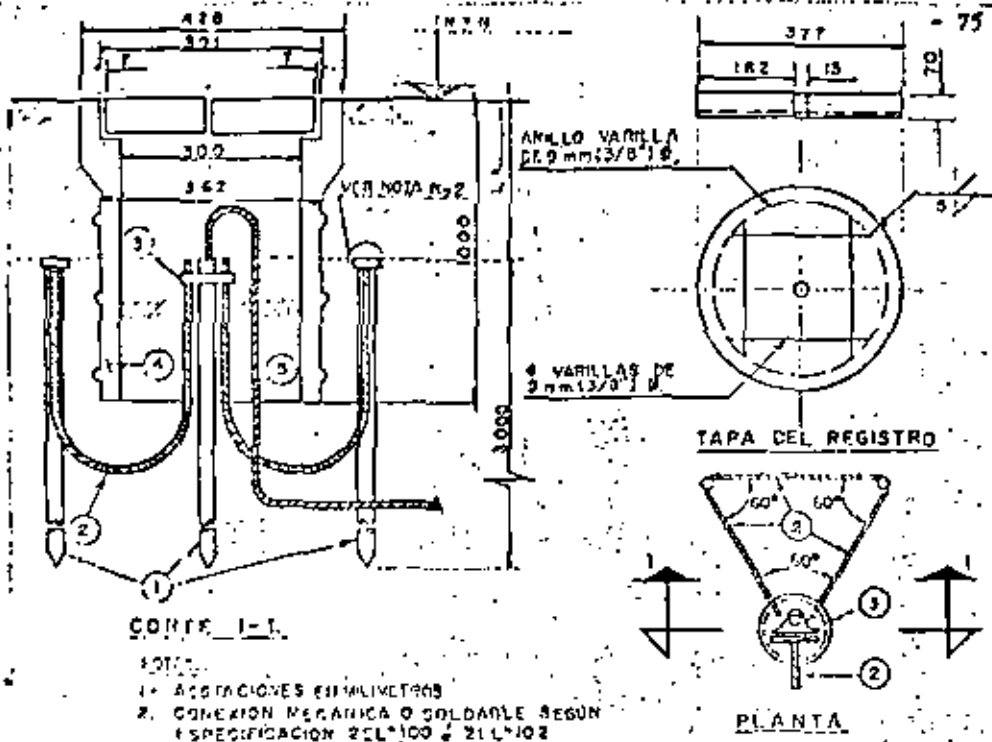
BASE PLANA "AMPASA" PARA PUNTA CAT. No. 85-A.

PERNO ROSCADO DE ALTA VELOCIDAD DE 5mm. (1/8") CON TUERCA EXAGONAL Y ROLDANA DE PRESION.



PARARRAYOS TIPO PUNTA MACIZA DE COBRE - NIQUEL INSTALACION NORMAL.

DETALLE "V"



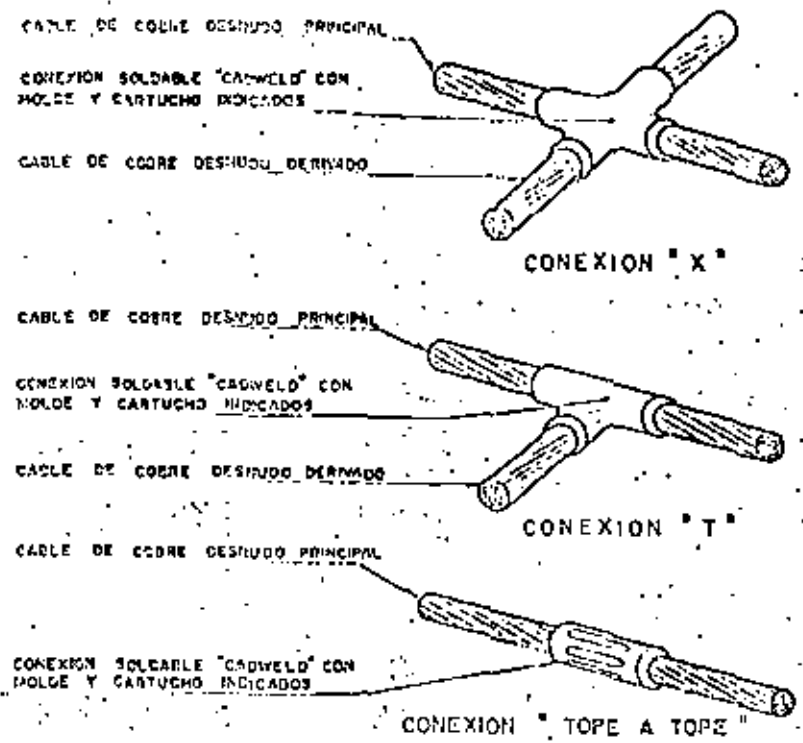
CORTE I-I

- LEYENDA:
- 1. ASOCIACIONES EN MILIMETROS
 - 2. CONEXION MECANICA O SOLDABLE SEGUN ESPECIFICACION 2EL100 y 2EL102

POZO DE DISPERSION PARA SISTEMA DE TIERRAS Y/O PARARRAYOS.

CANT.	CANT.	IND.	DESCRIPCION	CAT. No.	MARCA	REG. SAC. 002
1	3	17A	VARILLA COMPUESTA DE ... mm. ... 10 POR 3000 mm. ...			
2		17A	CABLE DE COBRE DESNUDO ... mm. ...			
3		17A	CONEXION MECANICA PARA LAS VARILLA Y 3 CABLES ...	(K 542)	HURNOS	
4	1	17A	TAPA DEL REGISTRO PARA EL POZO ... mm. ...			
5			MEZCLA DE arena y carbon con un 5% de arena ...			

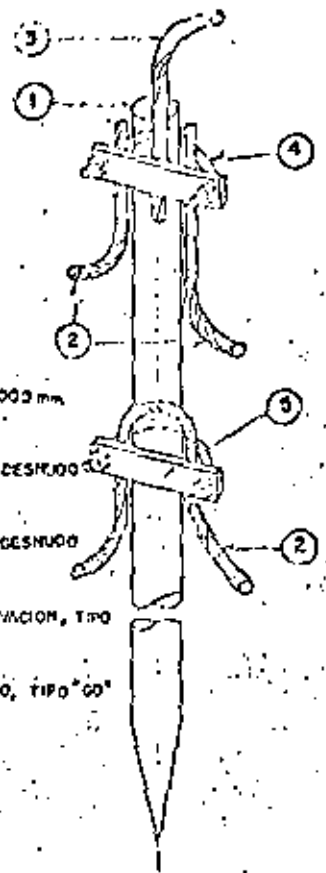
DETALLE "X"



CONEXION SOLDABLE TIPO	CABLE PRINCIPAL CAL. AWG.	CABLE DERIVADO CAL. AWG.	MOLDE CAT. No.	CARTUCHO TAMAÑO
X	1	2	YAC-IVIV	
X				
X				
T				
T				
T				
T				
TOPE A TOPE				
TOPE A TOPE				

CONEXIONES SOLDABLES HORIZONTALES DE CABLE A

DETALLE "T"



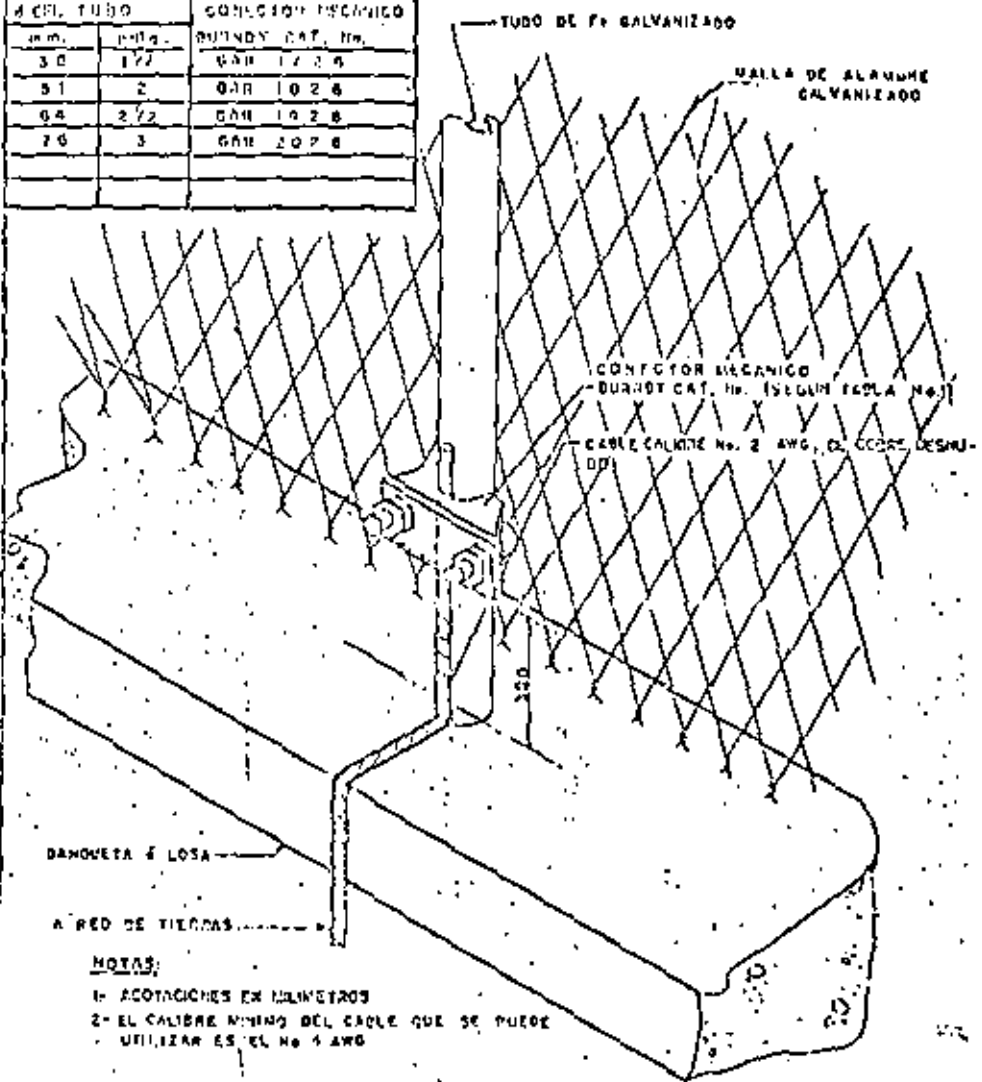
- ① VAPILLA COPPERWELD DE 3000 mm. DE LONGITUD.
- ② CABLE PRINCIPAL DE COBRE DESNUDO
- ③ CABLE DENTADO DE COBRE DESNUDO
- ④ CONECTOR MECANICO DE DERIVACION, TIPO "GG"
- ⑤ CONECTOR MECANICO DE PASO, TIPO "GO"

VAPILLA COPPERWELD	CABLE PRINCIPAL CAL. AWG.	CABLE DENTADO CAL. AWG.	CONECTOR DE DERIVACION "BURNBY" CAT. No.	CONECTOR DE PASO "BURNBY" CAT. No.

CONEXION MECANICA A ELECTRODO 0
VAPILLA DE TIERRA SIN REGISTRO

DETALLE "7"

ACIL. TUBO		CONECTOR MECANICO
mm.	in.	BURNBY CAT. No.
30	1 1/2	GAN 1226
51	2	GAN 1026
64	2 1/2	GAN 1028
76	3	GAN 1076



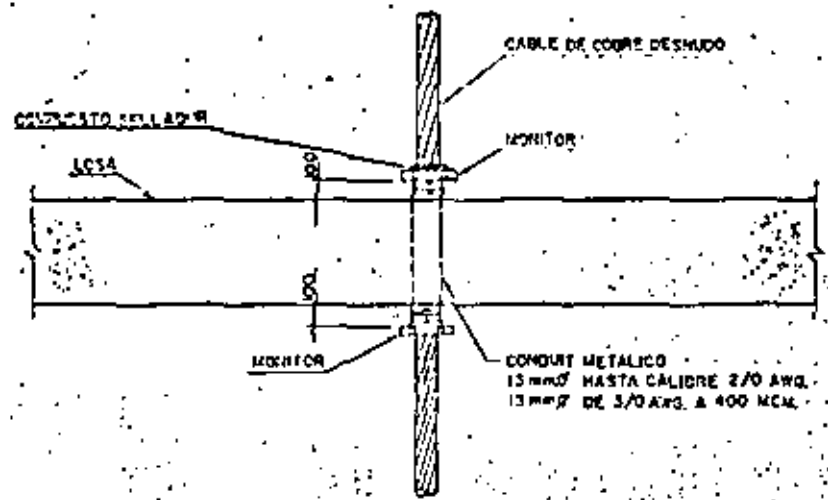
BANQUETA & LOSA

A RED DE TIERRAS

- NOTAS:
- 1- ACOTACIONES EN MILIMETROS
 - 2- EL CALIBRE MINIMO DEL CABLE QUE SE PUEDE UTILIZAR ES EL No 4 AWG

CONEXION A TIERRA DE CERCA DE ALAMBRE

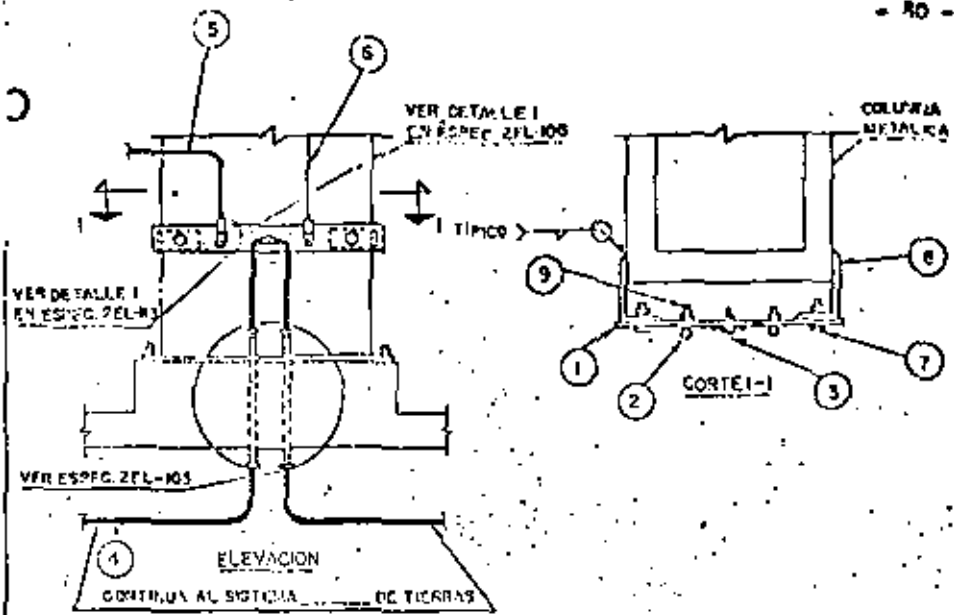
DETALLE "AA"



NOTA:
 1- MARCAR EL TUBO CONDUIT EN LA LOSA, ANTES DE COLAR.
 2- CUANDO SEA NECESARIO HASTA EL PASO POSTERIOR
 AL COLAR EN LA LOSA, SE DEBEA RELENAR
 Y CALIFATEAR CON MORTERO CEMENTO-ARENA.

PASO DE CABLE DE TIERRAS POR LOSA

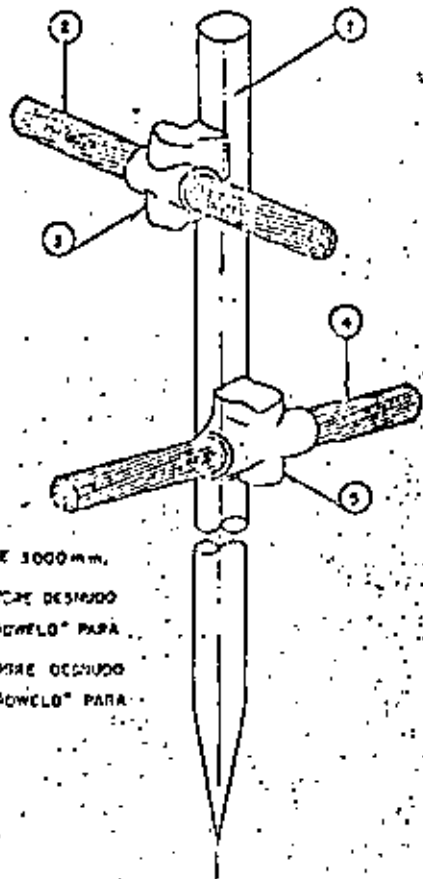
DETALLE "BB"



CENTRO DE TIERRAS

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION	CAT. No	MARCA	Obs
1	1 PZA	BARRA REDONDA DE COBRE DE \varnothing X X mm L X X 3 SEGUN NORMAS DE CALCULO DE CORTO CIRCUITO.			
2	1 PZA	CONECTOR MECANICO TIPO "HULLS" (EN ESPEC ZFL-103)		BURNOT	
3	1 PZA	CONECTOR MECANICO TIPO "HULLS" (EN ESPEC ZFL-103)		BURNOT	
4	1 MTS	CABLE DE COBRE DESNUDO CAL. AWG		CONDOR	
5	1 MTS	CABLE DE COBRE DESNUDO CAL. AWG		CONDOR	
6	1 MTS	CABLE DE COBRE DESNUDO CAL. AWG		CONDOR	
7	1 PZA	CONJUNTO DE X X mm L X EN TIERRA PASADIZA Y BORDANA DE PROTECCION			
8	1 PZA	CONJUNTO DE X X mm L X EN TIERRA PASADIZA Y BORDANA DE PROTECCION			
9	1 PZA	CONJUNTO DE X X mm L X EN TIERRA PASADIZA Y BORDANA DE PROTECCION			

DETALLE "CC"

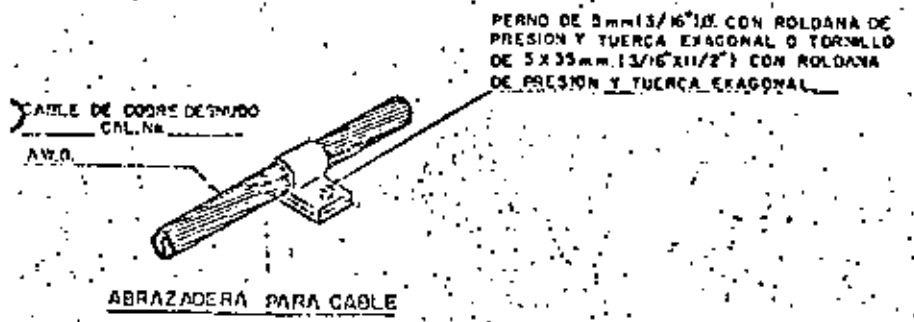
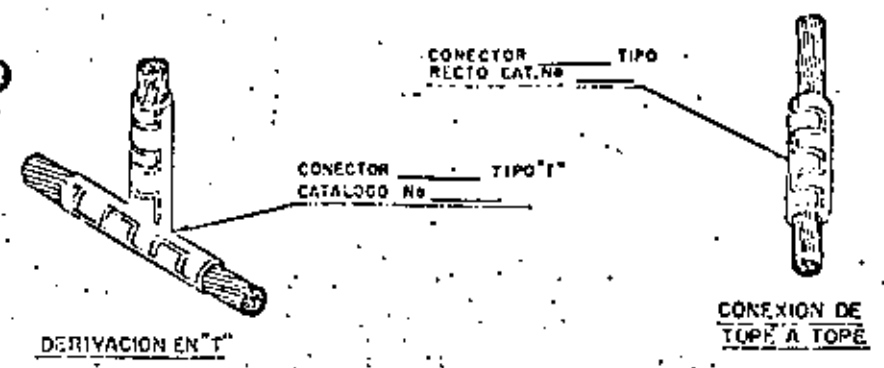


- ① - VARILLA COPPERWELD DE 3000 mm. DE LONGITUD.
- ② - CABLE DE CUPRO DE SECCION DESIADO
- ③ - CONEXION SOLDABLE "CROWFO" PARA CABLE LATERAL
- ④ - CABLE PRINCIPAL DE CUPRO DESEADO
- ⑤ - CONEXION SOLDABLE "CROWFO" PARA CABLE PRINCIPAL

VARILLA COPPERWELD Ø	CABLE PRINCIPAL CAL. LBS	INCH. DE CROWFO CAT. N°	CARTUCHO CROWFO TAMAÑO	Ø CABLE DE CUPRO CAL. LBS.	INCH. DE CROWFO CAT. N°	CARTUCHO CROWFO TAMAÑO

CONEXION SOLDABLE A ELECTRODO 6
VARILLA PARA TIERRA SIN REGISTRO

DETALLE "CC"



ACCESORIOS DEL SISTEMA DE PARARRAYOS

DETALLE "DD"

TELEFONOS - INTERCOMUNICACION

- Descripción de áreas
- Tipo de servicio
- Localización de registros y dimensiones de éstos
- Canalizaciones y diámetros en derivaciones
- Canalizaciones generales para alimentaciones
- Símbolos
- Dibujo

SONIDO

- Descripción de áreas
- Localización de salidas
- Controles
- Canalizaciones
- Localización de registros y dimensiones
- Alimentaciones
- Símbolos

TRAMITES OFICIALES

- Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial- Subdirección General de Electricidad
- Compañía de Luz y Fuerza del Centro en Liquidación
- Comisión Federal de Electricidad



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

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES

TEMA Nº 18 - ASPECTOS ADMINISTRATIVOS Y USO DE
MICROCOMPUTADORAS

ING. JOSE ANTONIO MARTINEZ MÉNDEZ

SEPTIEMBRE, 1982

RELACION DE OBSERVACIONES EN LA INDUSTRIA ELECTRICA DE LA CONSTRUCCION

ACTIVOS CORRIENTES: Total del disponible y realizables, que se refiere a las ventas de mercancías que constituyen actividades de la sociedad, menos algunas provisiones para créditos dudosos, anticipos por mercancías, stocks, menos algunas provisiones, títulos, obligaciones del Estado.

DEUDAS CORRIENTES: Total de todos los contratos con una unidad de vencimiento a partir de la fecha del balance, comprendidos los pagos corrientes de letras, hipotecas, efectos u otras deudas consolidadas. Bajo esta rúbrica se encuentran también las provisiones corrientes, tales como provisiones para los impuestos federales y del Estado, así como las reservadas para eventualidades, pero no comprenden las reservas por amortización.

ACTIVOS FIJOS: Es el total del costo o del valor estimado del terreno y de los valores contables no amortizados de construcciones, mejoras durante el arrendamiento, instalaciones, y equipos.

DEUDAS CONSOLIDADAS: Hipotecas, obligaciones, efectos, letras u otros contratos cuya fecha de vencimiento es mayor que un año a partir de la fecha del establecimiento del balance.

STOCK: es la suma de materias primas, de materias "en curso" y de productos terminados; no incluyendo los diversos suministros.

BENEFICIOS NETOS: Son los beneficios obtenidos después de: 1) amortización de los inmuebles, máquinas, equipos, suministros, mobiliarios, instalaciones y otros activos de naturaleza fija; 2) constitución de reservas para los impuestos sobre las rentas federales y de los Estados; 3) reducción del valor de los stocks a su costo o a su precio corriente, el que sea más bajo, tras la amortización de los créditos dudosos;

4) Diversos ajustes y provisiones; pero antes del reparto de dividendos.

VENTAS NETAS: Es el volumen en pesos de los negocios realizados durante el período después de la deducción de márgenes, primas y descuentos en los casos de ventas al por mayor.

		EMPRESA DE CONSTRUCCION ELECTRICA								
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	
ARO	1	2.63	3.21	5.43	4.16	5.61	16.1	90.0	44.0	30.4
ARO	2	2.54	1.73	12.54	4.35	6.08	14.8	79.6	46.3	23.1
ARO	3	2.48	2.07	13.80	4.37	5.36	16.2	77.3	58.1	23.6
ARO	4	2.43	3.69	23.99	5.05	7.48	13.8	116.3	57.9	29.2
ARO	5	2.80	1.94	10.47	4.91	5.43	19.9	68.4	44.3	24.3
MEDIA		2.58	2.33	13.85	4.57	5.99	16.2	86.1	49.7	26.1

- (1) Activo Corriente referido a la deuda corriente.
- (2) Beneficio neto referido a las ventas netas %.
- (3) Beneficio neto referido al valor neto %.
- (4) Ventas netas referidas al valor neto real.
- (5) Ventas netas referidas al activo neto corriente.
- (6) Activo fijo referido al valor neto real %.
- (7) Deudas totales referidas al valor neto real %.
- (8) Deudas corriente referidas al valor neto real %.
- (9) Deudas consolidadas al activo neto corriente %.

CARACTER Y OBJETO DE LA CONSULTORIA DE EMPRESAS

En su guía para miembros, el Instituto de Consultores de Empresas del Reino Unido define la consultoría 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 consultoría 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, lógicamente, en una situación en que se ha producido un cambio que constituye una mejora.

Ciertos rasgos particulares de la consultoría de empresas deb

En primer lugar, la consultoría 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 ejecutorias. Pero esto no debe considerarse una debilidad si el consultor se
be 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 haga, de modo que el éxito final se logre en virtud

del esfuerzo de ambos.

En segundo lugar, la consultoría 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 consultoría hay muchas variaciones y grados de "consejo") No sólo se trata de dar el consejo adecuado, sino de dárselo 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, que...

En tercer lugar, la consultoría 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. Claro 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 un vínculo entre la teoría y la práctica.

En cuarto lugar, la consultoría no proporciona soluciones milagrosas. Sería un error suponer que, una vez que se ha contratado un consultor, las dificultades desaparecen. La consultoría 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 reflejan a política de dirección en general, planificación, coordi-

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 al 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 influidos 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 dirigente puede saber exactamente lo que desea y cuál será su decisión, pero prefiere pedir un informe a un consultor para fundamentar su posición. Este 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 emplea sus servicios, incluso si en el curso de su tarea las razones iniciales cambian o se descubren otras completamente nuevas.

3.- Duración de la tarea.

Los servicios de consultoría no son baratos, y los consultores profesionales no tratan de aumentar sus ingresos prolongando su tarea más del tiempo necesario. Por ejemplo, no desearían 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 otro 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.

PRACTICAS COMERCIALES POR COMPUTADORA.

Para operar con efectividad, las empresas necesitan una tremenda cantidad y variedad de información. Las empresas con mejores sistemas de comunicación obtienen una distintiva ventaja sobre sus competidores. A medida que se acelera el paso de los negocios, es imperativo reducir al mínimo el tiempo que transcurre entre una transacción y su reflejo en un informe útil. Además de la velocidad para preparar informes, el arreglo de la información debe permitir observar rápidamente y con exactitud aquellos sectores que requieren atención inmediata.

No basta con presentar informes de transacciones pasadas. Cada día adquieren mayor importancia las nuevas técnicas que permiten usar los datos, cada vez más, como herramienta administrativa de la Gerencia para planear acciones, a medida que se intensifica la competencia.

Dentro de cada categoría de empresas, difícil encontrar dos organizaciones que manejen sus negocios exactamente en igual forma. Dado que toda empresa es una organización de personas, es poco probable encontrar una coincidencia perfecta en los métodos empleados por cada una.

SECTORES DE APLICACION GENERAL.

VENTAS

Las ventas son de vital importancia para cualquier empresa. Es esencial obtener informes concisos, útiles y oportunos. Algunos de estos informes son los siguientes:

- 1.- Volumen comparativo de ventas por conducto, cliente territorial y vendedor o por cualesquiera otras subdivi-

visiones. Las cifras adquieren significado cuando se hace comparación inmediata de las del mes con las del mismo mes del año anterior, por ejemplo.

- 2.- Informes de comisiones detallan lo devengado por el cuerpo de vendedores y forman parte del informe de gastos totales de ventas.
- 3.- Devoluciones por Producto, indican los productos defectuosos a los que se deben aplicar medidas correctivas.
- 4.- Costos de Ventas revelan el margen de utilidad de cada producto. Algunos de los informes requeridos por la contabilidad de ventas son:
 - a) Acumulativo de Ventas por Período --- ventas del año a la fecha por producto, cliente, vendedor, distrito, y así sucesivamente.
 - b) Informes de comisiones.
 - c) Otros gastos de ventas por --- anuncios y propaganda, reuniones, viajes y así sucesivamente.
 - d) Información sobre transacciones efectuadas --- órdenes o pedidos, ajustes, devoluciones, y así sucesivamente.
- 5.- Pronósticos de Ventas que afectan al calendario planeado de producción, el financiamiento y así sucesivamente.

FACTURACION

Una factura describe la mercancía o servicios vendidos, -- precios, número del artículo, información sobre el cliente, e importes; es la fuente de muchos asientos contables que se efectúan en la estructura de la contabilidad del negocio. Las partidas de la factura aparecen en informes de ventas subsiguientes; el importe de la factura se suma a las cuentas por cobrar los artículos son descontados o deducidos del inventario y los informes sobre impuestos son afectados por los cálculos de impuestos de la factura.

En cualquier empresa es constante la presión para que se preparen las facturas a tiempo, debido a que los pagos dependen generalmente de la cobranza de las facturas. Los registros de la Factura incluyen:

- 1.- Identificación del cliente y su índice de crédito.
- 2.- Información sobre los impuestos.
- 3.- Descripción de los artículos, claves, precios y descuentos.
- 4.- Tipo de servicio, estructura de las tarifas y fechas de expiración.
- 5.- Otros datos: Forma de embarque y forma de pago.

CUENTAS POR COBRAR

Las cuentas por cobrar representan el dinero que le deben a la empresa por mercancías o servicios prestados a sus clientes. La aplicación de cuentas por cobrar registra los cobrados y los pagos; la meta es acelerar el cobro para poder poner a trabajar de nuevo el dinero, más rápidamente.

Los registros iniciadores son las facturas o notas de débito y los datos de ajustes de ventas. Los registros son:

- 1.- Estadísticas del índice de crédito de los clientes.
- 2.- La acumulación de cuentas para mostrar los vencimientos de pago en mora, o subdivisiones por fechas de vencimiento.
- 3.- Registro de cobros efectuados.
- 4.- Memoranda de créditos.
- 5.- Registros o libros auxiliares de cuentas por cobrar.

Se practican una de las dos formas básicas contables siguientes:

Acumulación de saldos.- Los importes individuales de las facturas son acumulados periódicamente, resumidos y sumados a las cifras acumuladas para arrojar un saldo o balance de la suma total por cobrar.

Por Partida Abierta.- Cada entrada al archivo de cuentas por cobrar se mantiene por separado para permitir preparar los informes a clientes con el detalle de cada partida y no solamente una suma de todas las partidas anteriores a determinada fecha.

INVENTARIO Y CONTROL DE MATERIAL

La contabilidad de la cantidad y valor en dinero, de la materia prima y de los artículos terminados, es un factor esencial para el control de costos y la buena operación de una empresa.

El balance informativo sobre material o productos terminados, es efectuado en varias categorías: en existencia, en pedidos, requisado, devuelto y consignado. El efecto de cada transacción en los balances

se refleja en el informe del estado de existencias.

A través de un análisis de los informes se pueden descartar artículos anticuados o de poco movimiento, eliminándolos de las existencias; los materiales o materias primas son pedidos con suficiente antelación para evitar retardos en la producción ocasionados por faltantes; se toma en cuenta al hacer pedidos para abarrotarse de material, de las ventajas que ofrecen las reducciones de precios, para ordenar las cantidades que representen una economía; se asegura el uso más eficiente de las existencias. Los registros requeridos son:

- 1.- Balances efectuados en fecha determinada.
- 2.- Listados de claves de cada artículo, por número de artículo, tipo, clase, etc., dependiendo de la clase de análisis requerido.
- 3.- Transacciones que afectan a los balances.
- 4.- Balances de cambios del informe del estado de las existencias.

CUENTAS POR PAGAR

Las cuentas por pagar son dinero que debe la compañía a sus proveedores. El objetivo de los registros de cuentas por pagar es el de llevar una cuenta de los compromisos contraídos, pagar oportunamente aquellos que ofrecen un descuento por pronto pago u oportuno, y llevar una cuenta de gastos de cada sección o departamento de la empresa.

El índice de crédito de una empresa es establecido principalmente por la rapidez con que cubre los adeudos de las facturas que recibe. Un procedimiento de cuentas por pagar, que funcione correctamente, asegura el pago oportuno u también hace notar los gastos extraordinarios que

tal vez sea necesario revisar. Los registros requeridos son:

- 1.- Información sobre el proveedor: nombre, dirección, -- compras efectuadas al mismo, por artículos e importe.
- 2.- Un archivo de partidas con sus vencimientos de pago.
- 3.- Un resumen de distribución de cuentas por pagar para fácil codificación de su origen.
- 4.- Comprobantes de desembolsos y Comprobantes de Gastos, y otros similares.
- 5.- Registros de las facturas recibidas.

MINIMA DE SUELDOS Y MANO DE OBRA

Estas cuentas cubren la compensación a los empleados por servicios prestados y la distribución de costos de mano de obra. Los registros son:

- 1.- Cifras del total devengado de las nóminas y de impuestos del año a la fecha.
- 2.- Archivo maestro de empleados.
- 3.- Archivos de tarifas, aplicadas a trabajo a destajo.
- 4.- Tarjetas u hojas de registro de asistencias.
- 5.- Registros de nóminas.
- 6.- Estados y Cheques.
- 7.- Informes de distribución de nóminas.
- 8.- Informe de eficiencia.

CONTROL DE PRODUCCION

Este concepto de aplica constantemente para abarcar nuevas aplicaciones. El control de producción generalmente comprende los pronosti-

cos de carga de máquinas y mano de obra, calendario de fechas de producción mediante procesamiento o calendario de fechas de disponibilidad de máquinas para procesamiento, y el planeamiento completo para una eficiente producción.

El control de inventario está ligado con el de producción, ya que el total de partes y materia prima o material requerido debe conocerse en detalle por cada orden de material (si se requieren 2 soleras para una armazón y se pronostica fabricar 10,000 armazones, se necesitarán ----- 20,000 soleras). La fábrica está ligada también, por el pronóstico de la mano de obra que se necesitará. Las cuentas por pagar, los pronósticos y actividades de ventas, y la contabilidad de plantas y equipo se ligan igualmente al de fabricación en la aplicación del control de producción.

Algunos de los registros requeridos son:

- 1.- Órdenes de material; detallando un producto en sus -- partes componentes.
- 2.- Cifras de capacidad de las máquinas.
- 3.- Cifras del estado de las existencias.
- 4.- Fuerza de mano de obra existente.
- 5.- Pronóstico de mercados por producto.
- 6.- Informes del progreso de cada fase de la producción.
- 7.- Órdenes de taller.

EL CONCEPTO DE SISTEMAS TOTALES

Quando se analizó un sistema para conversión a procesamiento de datos automatizado, se establecieron a veces limitaciones lógicas entre las aplicaciones. Una sección, como la de fábrica, es analizada y sintetizada sin tomar en cuenta debidamente los efectos que causan las transacciones de dicha sección sobre otras fases del negocio. Al ser converti-

8

Otras aplicaciones, se dificulta más asociar los datos de cada una, en la forma más eficiente y significativa, para una representación total del estado de los negocios de una empresa.

Si se trata de establecer el sistema de procesamiento de datos más eficiente, desde un principio deben establecerse metas y aspiraciones de largo alcance. Una revisión concienzuda de los procedimientos en uso inevitablemente revela los puntos débiles de los mismos, la duplicación de esfuerzos, o un excesivo esfuerzo con muy poco rendimiento. El planeamiento se inicia sobre bases sólidas cuando se abarcan todos los hechos. Cuando se conocen las metas de largo alcance, se puede emprender la aplicación de conversión ligérola, in mente, al futuro. En este punto se podrá empezar la selección del equipo con una apreciación más inteligente acerca de la necesidades actuales y las del futuro.

ADMINISTRACION POR EXCEPCION

Los gerentes son personas ocupadas. Tienen poco tiempo disponible para rutinas. El conocimiento y buen juicio que justifican el título de gerente, son mal empleados en revisar actividades diarias. La característica de la mayoría de las personas que ocupan puestos de gerente, es una habilidad para saltarse detalles y llegar al núcleo de un problema. Un sistema de procesamiento de datos pueda ayudar a la gerencia, seleccionándole solamente las partidas que requieren revisión. Se eliminan muchos detalles, lo que permite aplicar el juicio en donde se requiere y sin pérdida de tiempo.

Para emplear con efectividad la administración por excepción, deben establecerse los límites que indiquen la separación entre los datos normales y los anormales, al diseñar el sistema de procesamiento de

datos. Por ejemplo, en una aplicación de cuentas por cobrar y facturación, el gerente de crédito fija para cada cliente un límite de crédito. Cuando se exceda ese límite, el sistema produce un aviso de atención para el gerente de crédito. Por lo tanto, la administración por excepción conserva las prerrogativas de los gerentes. Se podría programar en el sistema un medio automático para rechazar pedidos cuando se excedan el límite de crédito establecido, pero las consecuencias de normas rígidas de este tipo pueden resultar ruinosas.

ADMINISTRACION POR PROYECCION

Poco después de la presentación en el mercado de los grandes equipos de sistematización de datos (y en algunos casos antes), se pudo ver la posibilidad de aplicarlos más allá de lo convencional. Tal vez, una de las técnicas más conocidas son las de simulación.

Para simular algo en una computadora se requiere sea bien definida la cosa que se quiere simular. Sus características deseadas y conocidas son estipuladas con la mayor cantidad de detalles posibles. Entonces son introducidas las variantes y alteradas tan frecuentemente como sea necesario, para producir un resultado que se aproxime mucho o iguale exactamente al objetivo predeterminado. Esto es un método de tanteo a alta velocidad. Un buen ejemplo es la simulación del vuelo de un avióne y el efecto del diseño sobre sus características de vuelo. La posibilidad de probar miles de variantes en el diseño aún antes de que el avión despegue de tierra, ofrece ventajas obvias.

Los problemas de diseños de ingeniería son muy adecuados para los métodos de simulación porque las definiciones de los factores y de las variables es bastante exacto. Cuando son aplicados a problemas genera-

les de los negocios, sin embargo, la necesidad de definiciones claras y equilibrar correctamente los factores requiere la aplicación de los principios de la ciencia administrativa. Aquí es donde se adaptan los hombres de negocios que eran matemáticos.

Una compañía que planea abrir una sucursal en otra región geográfica, puede, mediante simulación probar muchas diversas ubicaciones para escoger la más ventajosa e internamente, una compañía planea un nuevo producto o un cambio de procedimientos cuyo efecto podrá probar antes de implantarlo. Está en crecimiento el potencial de aplicación de las técnicas de la ciencia administrativa.

Los cambios que se efectúan en el campo de sistematización de datos tienen implicaciones de mayor alcance. La primera, que la tendencia a descentralizar puede invertirse con la ciencia administrativa y equipo que iguala sus requerimientos, las operaciones de centralización y sus lógicas económicas, ya son de nuevo prácticas. Mucha de la descentralización de grandes organizaciones, en los últimos años, fue impuesta por una filosofía negativa originada por interrupciones de las comunicaciones.

Era difícil a la gerencia administrar, debido a la dificultad de obtener información por la magnitud y tamaño de las organizaciones. Si los grupos de investigación de operaciones y de ciencia administrativa pueden ampliar la ingeniosidad que ya han demostrado, se contará con una riqueza de datos útiles disponibles. Las responsabilidades de la gerencia tenderán a regresar al nivel alto, en tanto que bien informados gerentes ejecutivos internos (de sucursales o divisionales), absorben parte de esas responsabilidades. Es razonable suponer un amplio impacto en las estructuras de los negocios con el desarrollo de nuevas técnicas en el manejo de información y en el de sistematización de datos.

PORQUE HACER UN ESTUDIO DE SELECCIÓN DE EQUIPOS DE PROCESAMIENTO ELECTRONICO DE DATOS ?

¿Necesito un equipo de procesamiento electrónico de datos, o requiero cambiar el actual?

Si así es. ¿De qué características generales, tipo, rango y costo?

¿Cuál de todos los proveedores de equipos de procesamiento 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 acordes así al logro de los objetivos de la empresa, tomándo 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 costos 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 resultará más económico y menos riesgoso, el utilizar varias computadoras descentralizadas (proceso disperso y/o distribuido) que el mantener un solo equipo de procesamiento electrónico de datos central de mayor capacidad.

10

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 algunas PRINCIPIOS Y REGLAS BASICAS que la experiencia nos proporciona:

- 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 definen 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 electrónico 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.
- Preevaluación de propuestas y cotizaciones.
- Primeras negociaciones con los proveedores finalistas.
- Demonstración de los procesos de los principales Sistemas de Información utilizando éstos 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.

Desde las primeras computadoras electrónicas construidas a raíz de la segunda Guerra Mundial hasta las computadoras actuales, media una diferencia - tal, que más parece un abismo que el producto de una evolución. Las etapas - por las que ha pasado esta evolución fueron claras en el principio: del bulbo al transistor y luego al circuito integrado del funcionamiento casi seotífico reservado sólo a unos cuantos científicos iniciados, hasta los cursos por correspondencia. Sin embargo ésta clara evolución perdió toda su transparencia hace unos 15 años, en que hicieron su aparición los llamados microprocesadores.

La apariencia inicial de los microprocesadores era la de una buena solución a un problema estrictamente electrónico. Se trataba de incluir en un solo circuito integrado o chip buena parte del corazón de la computadora; el procesador.

Esto traería como consecuencia inmediata un incremento importante de la confiabilidad del equipo, simplificaría su mantenimiento al convertir una parte de él en "desechable" ya que cualquier falla dentro del chip microprocesador sólo se puede corregir mediante el reemplazo del mismo; permitiría equipos más pequeños y con menos probemas de ventilación y finalmente, se hacía posible una importante reducción en su costo.

Los primeros intentos, como podía esperarse, no lograron los objetivos planteados. Los microprocesadores de esa época eran tan lentos y hacían tan pocas operaciones diferentes, que más que computadoras, los equipos construidos con ellos parecían simples calculadoras.

Es aparente fracaso sólo fue pasajero. Pronto aparecieron dos microprocesadores que habrían de rescatar los objetivos originales: el 6800 de Motorola y el 8080 de Intel.

La comunidad de especialistas en computación recibió con frialdad --- estos dos microprocesadores, considerándolos más como juguetes que como un instrumento serio. Esto parecía confirmarse en la publicidad de las primeras microcomputadoras basadas en el 8080 y en el 8800 que nos ofrecían programas para jugar al gato y al backgamon contra la máquina.

Sin embargo, se trataba del lobo con piel de oveja. Unos cuantos entusiastas empezaron a trabajar en una serie de programas básicos y lenguajes de programación que hacían que las microcomputadoras se comportaran en forma muy parecida a sus hermanas mayores. Entre estos entusiastas destaca la compañía Digital Research de Estados Unidos que, con su CP/M, sentó las bases para utilizar las microcomputadoras en los negocios.

La evolución de las microcomputadoras se aceleró aún más con la aparición de la siguiente generación de microprocesadores: el 180 de Intel y el 6502 de MOS Technology.

El 180, descendiente del 8080, ya indicaba un cambio de concepto importante en el desarrollo de los microprocesadores: su mejora estaba más del lado del juego de instrucciones, que ahora facilitaban el trabajo del programador, que no del lado de la electrónica pura.

Este sutil cambio de concepto marca una de las vertientes actuales de desarrollo de los microprocesadores. Se trata de hacerlos tan poderosos y fáciles de usar como una computadora grande. La otra vertiente de desarrollo es la representada por la familia del 6502.

Esta familia comprende tres clases de chips. Los microprocesadores, en que hay varias versiones recortadas del 6502, para aplicaciones que por su especialización no requieren de todas las funciones en el primero. Hay también

en esta familia un juego de chips combinados que contienen memoria, enlaces con el exterior y programas de acuerdo con las necesidades de ciertas aplicaciones específicas. Esta ha hecho del 6502 y sus hermanos, el núcleo más popular en aplicaciones especializadas como los juegos de televisión. Quién creería a primera vista, que dentro de esa caja que mueve la pelotita de un lado a otro de la pantalla, hay una microcomputadora completa en un par de chips.

Mientras tanto, los grandes fabricantes de computadoras tampoco tomaban en serio las nuevas microcomputadoras. Seguirían empeñados en hacer computadoras cada vez más grandes basadas en la falacia de que si la organización es una, su información debe ser usada por todos y por lo tanto estar centralizada. Esta idea apenas empieza a descaer ante el "descubrimiento" de que son bien pocos los datos que se usan en toda la organización.

La IBM apenas reaccionó con todo esto y sacó una línea de computadoras pequeñas, las 5100, que si bien son equipos de buena calidad, su precio resulta inaccesible para la mayoría de los mortales.

La evolución está muy lejos de terminar con el 180 y el 6502.

Está ya en el mercado la siguiente generación. En ella destacan el 1800, el 88000 y el 8086, siguiendo en todos ellos la línea evolutiva del 180: mejorar el juego de instrucciones y su capacidad.

La capacidad de memoria que manejaban directamente el 180 y el 6502 (unos 64 000 caracteres o simplemente 64K) estaba muy por debajo de la capacidad de los equipos grandes. Actualmente, el 1800 y el 6800 pueden manejar tanta memoria como cualquiera de los grandes equipos modernos: ocho millones de caracteres. Desde este punto de vista no piden nada a las computadoras más modernas como la IBM 4141-11 y la X013N. Empero, todavía hay una diferencia --

may importante es la velocidad de proceso y en el juego de instrucciones.

En forma menos espectacular, pero más emprendedora, se están desarrollando los microprocesadores y minicomputadoras de propósito específico. Como un simple ejemplo tenemos el 28671, que en un solo chip contiene un microprocesador, cuatro dispositivos de enlace con el exterior, una pequeña memoria (144 caracteres) y un programa completo para una versión recortada del lenguaje BASIC.

De esta evolución se puede inferir, cuando menos, el futuro cercano de los microprocesadores.

La capacidad de memoria y la velocidad seguramente no crecerán mucho, pues han rebasado ya la capacidad del individuo que los maneja. Aún más los fabricantes de equipo grande están reconociendo este hecho y ofrecen a sus clientes el proceso distribuido (descentralizado, podríamos decir), basado en equipos pequeños y medianos conectados entre sí.

La facilidad de uso seguirá creciendo. La tendencia es hacia el uso de los "lenguajes naturales", como el español o el inglés, y las máquinas que "aprenden" mediante ejemplos.

Por otra parte vamos a surgir cada día más microcomputadoras de propósito específico en un solo chip, por ejemplo los auxiliares para las secretarías, como las máquinas de escribir que controlan encabezados, verifican la ortografía, permiten automáticamente escribir de nuevo un texto que requirió de correcciones, etcétera.

También se va a ver cada vez más en el control industrial, en máquinas herramienta de control numérico, equipo textil, etcétera.

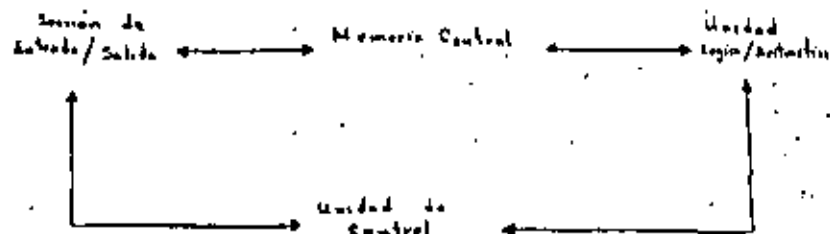
Esta evolución es prometedora para quienes están dispuestos a mantenerse al día continuamente, permitiendo que los que han estado alejados de este medio se incorporen a él con ideas innovadoras.

Para entender la estructura básica de una computadora, planteemos un problema y especulemos sobre cómo resolverlo: por ejemplo, obtener el promedio de cinco números. Para hacer esto manualmente se seguirían los pasos siguientes: 1) Escribir los cinco números en un papel y leerlos; 2) Sumar los cinco números para obtener su suma; 3) Dividir el resultado de la suma entre cinco, y 4) Escribir el resultado final.

Imaginemos cómo lo haría una computadora. Primero, tendríamos que proporcionarle los cinco números a la máquina en forma que esta pudiera entenderlos. Luego, la máquina leería estos números y los almacenaría temporalmente. Después, necesitaría una serie de instrucciones ordenadas diciéndole cómo obtener el promedio (pasos 1 a 4); a estas instrucciones se les llama programa. Tanto los datos (los cinco números), como el programa deberían ser previamente traducidos a un lenguaje que la máquina "entendería" pues ésta no comprende español ni inglés sino únicamente instrucciones que se traducen a señales eléctricas.

Podemos concluir que la computadora debe contar con dispositivos que le permitan "leer" los datos (dispositivos de entrada); elementos para "memorizar" o almacenar los datos mientras trabaja en ellos (memoria); y dispositivos para "escribir" los resultados (dispositivos de salida). Como la computadora requiera de un conjunto de instrucciones para efectuar el cálculo (programa), estas también deben almacenarse temporalmente en la memoria. Lo que es más importante, alguien tendrá que decirle cuándo y dónde leer los resultados que hace con ellos, cuándo y cómo escribirlos; esta se hace la llamada unidad de control. Los cálculos aritméticos se realizan habitualmente en la unidad lógica/aritmética (ALU), que entra en acción en el momento apropiado dirigida a la unidad de control, al igual que las demás fun-

- 2 -
Estructura de una Computadora



ciones. Aunque en este ejemplo la ALU sólo realizaría una función aritmética (sumar y dividir), en otros casos podría realizar funciones lógicas, como "comparar" dos cantidades y "seleccionar" la mejor. Al conjunto formado por la unidad de control y la ALU se le denomina unidad procesadora central (CPU).

Aunque existen gran variedad de dispositivos de entrada, de salida, de almacenaje y varios lenguajes, nos limitaremos aquí a describir someramente los más utilizados por las microcomputadoras actuales, concebidas para uso "personal" ya sea en el hogar o en empresas pequeñas.

Una computadora requiere de dispositivos para que se le "alimente" con la información que deseamos procesar, así como con las instrucciones que le indican cómo hacerlo. También se necesitan otros dispositivos que nos entreguen los resultados. Estas funciones y dispositivos se conocen como de entrada/salida. Entre los dispositivos de entrada se encuentran desde las lectoras de cinta de papel, casi fuera de uso y las lectoras de tarjetas perforadas (tarjetas IBM o Hollerith), hasta un teclado muy semejante al de una máquina de escribir con el que se le alimenta directamente con la información. Este último es el que se utiliza por excelencia en las computadoras personales.

- 3 -

Cuando la cantidad de información que ha de suministrarse es muy grande, el hacerlo a la velocidad con que podría una persona puede tomar varias horas, durante las cuales la computadora estaría ocupada recibiendo la información; para evitar esto por lo general se almacena previamente esta información, ya sea en cintas magnéticas (como las cassettes musicales que todos conocemos) o en discos o diskettes, también similares a los discos musicales, pero que operan con el mismo principio que la cinta magnética del cassette.

El medio más utilizado en las microcomputadoras para uso hogareño es el cassette, pudiéndose conectar el mismo tocacintas doméstico. Actualmente se emplea más el diskette o Floppy disk, mucho más eficiente y del cual es posible recuperar información grabada por ejemplo, a la mitad del disco, sin tener que recorrerlo desde el principio.

Una vez grabada toda esta información en la cinta o disco, puede alimentarse a la computadora en cuestión de segundos. En estos dispositivos es factible, asimismo, grabar los resultados que entregue la computadora una vez procesada la información, convirtiéndose entonces en dispositivos de salida. Así la información queda almacenada magnéticamente en las cintas o discos, y con ellas se forman "archivos" que cumplen la misma función que los archivos de papel convencionales sin ocupar el espacio de estos y de los que se recupera la información requerida en forma casi instantánea.

Otro tipo de dispositivo mediante el que la computadora proporciona resultados es la impresora (semejante a una máquina de escribir), que funciona a velocidades de hasta 3,000 caracteres por segundo, empleando un rollo de papel continuo. La impresora más usada en las computadoras personales es la telex o impresora, más pequeña que una máquina de escribir portátil.

Con todo, el dispositivo de salida más usado en la computación personal, ya sea por sí solo o en combinación con alguno de los mencionados, es el tubo de rayos catódicos (TAC), es decir, la conocida pantalla de TV. Incluso la televisión del hogar puede conectarse con la microcomputadora. Además de ofrecer los resultados en forma visual, la pantalla de televisión tiene la ventaja de mostrar los datos desde que se tecleó; esto permite verificar que sean correctos y observar su estado en cualquier etapa del proceso, sirviendo entonces como monitor del proceso de cómputo en su totalidad (como en la pantalla pequeña de las calculadoras manuales).

Entre los dispositivos de entrada/salida inventados más recientemente están los llamados "decodificadores" y "sintetizadores" de voz, los que permiten alimentar los datos en forma oral y que entregan los resultados "hablándoles" al usuario. Aunque estos dispositivos por voz se encuentran en los grandes sistemas de cómputo, los proveedores de microcomputadoras los están ofreciendo ya a precios accesibles. Otros dispositivos especiales que existen en el mercado son la tablilla gráfica, que hace posible alimentar imágenes o gráficas, y el graficador, que escribe resultados también en forma gráfica y en color.

Los parámetros utilizados para comparar los diversos dispositivos son generalmente la velocidad con que entregan la información (en caracteres por segundo) y su capacidad de almacenamiento de datos (en miles de bytes o Kilobytes).

Tanto los datos como las instrucciones del programa se almacenan en la memoria central en forma de hileras de números binarios (cero o uno), que representan cada carácter alfabético o numérico de los datos o del programa. Electrónicamente, los números binarios corresponden a un conjunto de

interruptores, unos prendidos (representando un uno) y otros apagados (un cero) en una secuencia determinada. El número mínimo de bits binarios empleando para representar un carácter alfabético (una sola letra) o numérico (un solo número) de nuestro sistema decimal, es de ocho. A este conjunto de ocho bits se le denomina byte o "palabra de computadora".

Esta memoria es similar a un conjunto de buzones de correo, cada uno con su dirección perfectamente definida, pero cuyos contenidos cambian continuamente. Las memorias de las microcomputadoras consisten en pequeños chips o microcircuitos integrados, de alrededor de dos o tres centímetros cuadrados en cuyo interior se encuentran cientos de dispositivos semiconductores (parecidos a los transistores) en una obra diminuta de silicio.

Existen básicamente dos tipos de memoria, la llamada ROM, cuyos contenidos se leen, pero no se borran, y la RAM, cuyos contenidos pueden leerse y también borrarse para volver a ser grabados. Estas serían análogas respectivamente, a los cassettes musicales grabados comercialmente y cuyo contenido es imborrable, y los llamados "virgenes" que pueden ser grabados, borrados y regrabados según se desee.

En la configuración típica, la computadora personal tendría una capacidad de entre 12 y 16 kb. (Kilobytes) en ROM, y hasta 128 kb en RAM.

La unidad de control y proceso (CPU) utilizada por la mayoría de las microcomputadoras es el microprocesador, generalmente contenido en un solo microcircuito que comprende los principales circuitos de "switches" e incluye la ALU. Anteriormente podría diferenciarse de la CPU, empleada en las computadoras grandes, por el hecho de estar contenida en un solo microcircuito y haber sido construida con técnicas VLSI (Integración a muy grande escala); estas diferencias son cada vez mayores.

Como siempre ha sucedido en la industria de la computación, el área del software es la más desahogada por los proveedores de microcomputadoras. Sus productos de software (paquetes de programas de aplicación y lenguajes)--- generalmente están atrasados uno o dos años respecto a sus productos hardware (las máquinas y accesorios en sí).

En el caso de las computadoras personales gran parte del software disponible es para aficionados (programas para jugar ajedrez, por ejemplo), puesto que los encargados de diseñarlo no son programadores profesionales. Estos últimos tienen dificultades para desarrollar software para las microcomputadoras, en parte, porque estando entrenados en los grandes sistemas, no han aprovechado las ventajas ni evitando las desventajas previstas por las nuevas máquinas; y en parte, porque es muy difícil controlar legalmente a una masa de aficionados capaces de copiar fácilmente los programas de estas compañías en su propia casa sin costo alguno.

Sin embargo, estas dificultades se están superando rápidamente y los paquetes de software para editar y procesar texto (word processors) - por ejemplo los producidos por Apple y Radio Shack-, se comparan favorablemente con los sistemas profesionales, mucho más costosos.

El lenguaje generalmente utilizado por las microcomputadoras se denomina basic o extended basic, aunque algunos proveedores ofrecen ya el lenguaje pascal y también el fortran. Más aún, hay compañías de software que conectan cualquier "micro" personal o de negocios con sus grandes computadoras mediante redes de comunicaciones privadas (cable) o públicas (teléfono). Esto permite tener acceso, por ejemplo, a los más de 2,000 programas y archivos de datos de todo tipo contenidos en estos grandes sistemas, además de poder escribir programas en cualquier lenguaje.

Los proveedores de "micros" cuentan, por supuesto, con los programas necesarios para manejar los dispositivos accesorios (periféricos) que ofrecen para sus máquinas, así como los programas que dirigen su funcionamiento (sistemas de operación), generalmente grabados en la memoria ROM, cuyos contenidos no se borran al apagar la computadora.

Así pues, la configuración típica de una computadora personal consiste en un teclado semejante al de las máquinas de escribir, una pantalla de televisión, una caja para el procesador (que pueda estar colocado dentro del teclado), una unidad de cassette o diskette y a veces, una impresora. Esta configuración incluírá, cada vez más el dispositivo llamado modem, que permita la comunicación entre computadoras o con el usuario por medio del teléfono.

No mucha gente entiende, en el fondo, a que se debe el éxito de las microcomputadoras. Podemos explicar esto mediante una analogía con los motores eléctricos. En un principio sólo era posible construirlos de gran tamaño, con un costo elevado, por lo que su empleo era físico y económicamente justificable en tareas de gran magnitud. Posteriormente su popularidad creció cuando se comprendió que, por medio de flechas y poleas, el mismo motor proporcionaría fuerza motriz a diez o veinte estaciones de trabajo individual en una fábrica, lo que justificaba su costo al aprovechar su potencia para realizar simultáneamente varias tareas de tamaño mediano. Sin embargo, la verdadera proliferación de los motores eléctricos ocurrió cuando surgieron los pequeños motores eléctricos de potencia fraccionaria (menores de un caballo de fuerza). Ahora, la potencia adecuada podría llevarse directamente a donde se requiriera. Uno no acostumbra pensar en la licuadora como un motor eléctrico y, sin embargo, lo es.

En el caso de las computadoras, se presenta una situación semejante. La primera computadora (ENIAC), que tenía más de 18,000 bulbos, se construyó para efectuar tareas gigantes. Luego, en la década de los sesenta fue posible conectar una de estas grandes máquinas con 20, 30 y hasta 40 terminales simultáneamente.

La microcomputadora de principios de la década de los setenta, se presentaría la computadora de potencia fraccionaria de nuestra analogía, --- pues lleva la fuerza "computacional" directamente a donde se necesita. Su costo es justificable aún para tareas pequeñas, inclusive para uso personal.

Esto fue posible gracias a la gran miniaturización de los circuitos electrónicos, logrados por el empleo de las técnicas denominadas LSI (Integración a gran escala), VLSI (Integración a muy grande escala) utilizadas por los fabricantes de microcircuitos; actualmente se emplea también la técnica llamada ULSI (Integración a ultra escala).

Para dar una idea de lo que esto significa, podríamos observar, por ejemplo, que el espacio que ocuparía todos los componentes de ENIAC en 1945, si se extendieran uno junto a otro, sería similar al del estado de Nueva York. Mientras que actualmente los componentes de una moderna computadora son del tamaño del cerebro humano.

Ahora existen en el mercado alrededor de 50 marcas distintas de microcomputadoras, cuyo precio no excede a los 50,000 pesos y que equivalen en potencia "computacional" a los sistemas de operación de los años 60, que costaban aproximadamente 1,000,000 de pesos. En ese entonces su peso era de una tonelada, comparada con los diez kilogramos que pesa como máximo una microcomputadora actual.

Las microcomputadoras, como las conocemos actualmente, aparecieron en el Valle de Santa Clara, California, cuando en 1972 la compañía Intel introdujo su microprocesador 8.008, diseñado por Robert Noyce. En 1975, la compañía MITS introdujo su Altair 8.800, que podría ensamblarse en un caso; este sistema se basaba en el microprocesador 8.080 de Intel y tenía un costo de 395 dólares.

El mercado de computadoras personal se creó, en realidad, cuando las compañías Commodore International, Apple Computer y Tandy Corp. (Radio Shack) introdujeron respectivamente la Pat 1,002 Apple II y T25-80; a diferencia de la Altair, no se requería ser un experto para operarlas y sus capacidades eran mucho mayores.

Debido a los grandes cambios ocurridos en este campo durante los últimos años, no existen definiciones generalizadas. Las diferencias estructurales esenciales que distinguían las microcomputadoras de las minicomputadoras tienden a desaparecer y son discutibles. Tratemos pues, de distinguirlos a partir de los siguientes tres parámetros: costo, modo de administración y tipo de aplicaciones a que se destinan.

Como se indica, la microcomputadora implica su posesión y manejo por un solo individuo; en consecuencia, un sistema de cómputo personal posee tres características: esencialmente accesible para el individuo común, operada por una sola persona y fácil de usar para alguien no especializado.

Podría pensarse que algunas calculadoras programables cumplen con estos requisitos, pero no es así. La diferencia fundamental consiste en que éstas sólo pueden manejar caracteres numéricos, pero no alfabéticos, como los "micro".

MICROCOMPUTADORAS

Recientemente salieron al mercado calculadoras programables que aceptan también caracteres alfabéticos, así como microcomputadoras de tamaño semejante al de aquellas, por lo que en el futuro dichas diferencias también desaparecerán. Actualmente, sin embargo, las diferencias de capacidades entre ambas son notables.

Quizá la característica más distinta de las computadoras personales es la comunicación tan directa que existe entre la máquina y el usuario. Este mismo es el operador y el beneficiario directo; el hecho de que para algunas aplicaciones se tenga que esperar solo unos segundos o escasos minutos para obtener la respuesta, no guarda punto de comparación con el tiempo que es necesario esperar operando con un gran sistema.

18

DISTRIBUIDOR	MODELO	CONFIGURACION BASICA	PRECIO
Apple Computer	Apple III	Microprocesador 6502 de 8 bit 96-128 K RAM, 280 KB memoria; diskettes de 5 1/4, video de 12" y 24 líneas.	\$ 4,190.00
Atari Computer	Atari 800	Microprocesador 6502 de 8 bit, 48 KB memorias; diskettes de 5 1/4, video de 24 líneas.	*1,800.00
Commodore	Commodore CMX 8032	Microprocesador MOS 6502 de 8 bit, 32 K RAM, 680 KB memoria diskette de 5 1/4", pantalla de 12", video de 25 líneas	3,290.00
Hewlett-Packard	Hewlett-Packard HP 83	Microprocesador HP MHC8 de 8 bits 32 K RAM, 2.2 MB memoria diskette doble lado y doble densidad de 5 1/4" (1.1 MB cada diskette) con pantalla de 5" y 16 líneas de video-memoria de 195-210 KB.	**3,250.00
	HP 83	16 K RAM 540 KB diskette almacenaje con pantalla de 5", 16 líneas, capacidad gráfica.	**2,250.00
IBM	IBM	Microprocesador Intel 8088 de 16 bits, 64-256 K RAM, 320 K memoria - diskette de 5 1/4" con pantalla de 11 1/2 y 25 líneas.	4,510.00 ***5,100.00
Moth Star Computers	Horizon	Microprocesador Zilog o Mostek 2-80A de 8 bit, 32-64 K RAM, 1.4 MB memoria utilizando diskettes de 5 1/4" de 180 KB c/u, 6 18 MB memoria diskette con pantalla de 11", y 24 líneas.	4,700.00
Ohio Scientific	Challenger 2 Series 2	Microprocesador MOS, Synertek o Rockwell 6502 de 8 bits, 48 K RAM, 160 KB memoria, utiliza minidiskettes de 5 1/4", o 8 discos con 32 KB cada uno, video con pantalla de 12 y 16 líneas.	5,100.00
Radio Shack	TRS-80 Model II	Microprocesador ZILOG 8004, de 8 bits, 32 K RAM, 313KB memoria utiliza su diskettes de 5 1/4 video con pantalla de 12" y 16 líneas.	5,100.00
Xerox Corp.	Xerox 820	Microprocesador Zilog 280, de 8 bits 64 K RAM, 5 1/4, diskette con 92 KB o disco de 8" con 250 KB video de 24 líneas	3,000.00

FABRICANTES DE MINICOMPUTADORAS*

Los precios no incluyen impresoras

- * Sin video
- ** No incluye disco flexible
- *** Sin disco
- **** Con 256 KB de memoria

APF Electronic, Inc.
 444 Madison Avenue
 New York, N.Y. 10023

Radio Shack TRS-80
 1100 One Tandy Center
 Fort Worth, TX 76101

Apple Computer, Inc.
 10260 Bandley Drive
 Cupertino, CA 95014

Texas Instruments, Inc.
 P.O. Box 51
 Attn: TI-99/4
 Lubbock, TX 79048

Atari, Inc.
 Consumer DIVISION
 1256 Borregas Avenue
 P.O. Box 427
 Sunnyvale, CA 94086

Comodore, Inc.
 901 California Avenue
 Palo Alto CA 94304

CompuColor Corp.
 P.O. Box 569
 North Cross, CA 30071

EXIBY Sorcera, Inc.
 Data Systems Division
 Sunnyvale, CA 94086

Heath Company
 Benton Harbor, MI 49022

Interact Electronics
 Box 8140
 Ann Arbor, MI 48017

Mattel Electronics
 5150 Rosecrans Avenue
 Hawthorne, CA 90250

Ohio Scientific, Inc.
 1313 S. Chillicothe Road
 Aurora, OH, 44202

* Datos obtenidos de Personal Computers 1982



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

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES

TEMA Nº15- PRUEBAS ELECTRICAS DE CAMPO A EQUIPOS
Y MATERIALES

ING.GENARO GARCIA CASTRO

SEPTIEMBRE, 1982

PRUEBAS ELECTRICAS DE CAMPO A EQUIPOS Y MATERIALES.

EN INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES.

ING. OSMAR GARCIA CASTRO.

1982.

I. INTRODUCCION

II. TEORIA Y EQUIPOS DE PRUEBA

II. 1.0 Probador de resistencia de aislamiento

1.1 Resistencia de aislamiento

1.2 Absorción dieléctrica

1.3 Índices de absorción y polarización

1.4 Factores que afectan la resistencia de aislamiento (contaminación)

1.5 Efecto de la humedad

1.6 Efecto de la temperatura

1.7 Potencial de prueba aplicado

1.8 Duración del voltaje aplicado de prueba

1.9 Utilización de la conexión de guarda

1.10 Instrucciones para utilizar el megger

1.11 Métodos de medición de resistencia de aislamiento

II. 2.0 Probador de resistencia de tierras

II. 3.0 Probador de resistencia de contactos "Ductor"

II. 4.0 Factor de potencia de los aislamientos

II. 5.0 Relación de transformación

II. 6.0 Rigidez dieléctrica del aceite

II. 7.0 Tiempos de apertura y cierre de interruptores

III.- G. Guía de aplicaciones y pruebas

III. 1. Pruebas a subestaciones de distribución

III. 2. Pruebas a circuitos de baja tensión

III. 3. Pruebas a equipo eléctrico

3.1 Baterías y cargadores

3.2 Interruptores

3.3 Transformadores

- 3.4 Cables de potencia
- 3.5 Cuchillos desconectadores
- 3.6 Transformadores de instrumento
- 3.7 Pararrayos
- 3.8 Relevadores
- 3.9 Instrumentos de medición
- 3.10 Motores y máquinas rotatorias
- 3.11 Interruptores termomagnéticos
- 3.12 Tableros de distribución

IV. Recomendaciones técnicas para pruebas.

- IV. 1.0 Pruebas a subestaciones compactas
- IV. 2.0 Pruebas a transformadores
- IV. 3.0 Pruebas a interruptores
- IV. 4.0 Pruebas a máquinas rotatorias
- IV. 5.0 Pruebas a capacitores.

V. Bibliografía.

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.

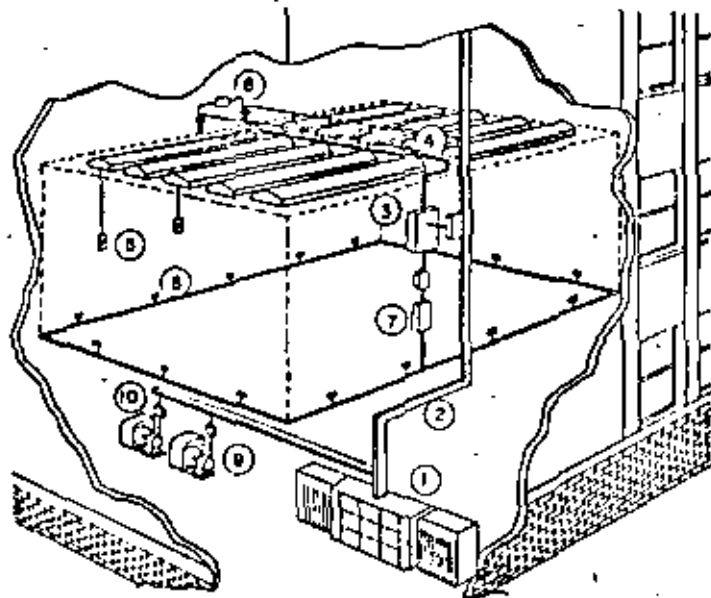
Se da suponer que todo equipo eléctrico es probado en fábrica, lo cual da una garantía al comprador., pero muchas veces es necesario de llevar parte del equipo para su transporte al lugar de su instalación y las condiciones de los aislamientos cambian a los prestables en fábrica por lo cual, todo equipo 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 esté listo para entrar en servicio, una vez conectado al sistema donde va a funcionar se le realizan pruebas (de puesta en servicio) 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 servicio, son registrados y entregados al departamento de Mantenimiento para que periódicamente al realizar sus pruebas, compare las condiciones 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 mantenimiento cien por ciento correctivo, por no conocer las pruebas necesarias a cada equipo ó componentes eléctricos ó cuales 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. N° 1

Para poder realizar un mantenimiento eléctrico predictivo y preventivo, es necesario realizar las pruebas más completas, con el equipo adecuado a cada uno 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) Amperímetro de gancho
- c) Megger
- d) Ductar
- 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 mayor 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 queda 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 presenta 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 es sometido a un gradiente de potencial, el efecto principal de éstas pérdidas es que se transforma en calor y emborrona 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 aplicac---

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	6%
5.- EQUIPOS MISCELANEOS, DERIVADORES DE VOLTAJE, TABLEROS, APARTARRAYOS, TRAMPAS DE ONDA.	13%
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 humedad 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 POLARIZACION

1
1.5
1.5 a 2
2 a 3
3 a 4
> 4

CLASIFICACION

Peligroso
Pobre
Dudoso
Aceptable
Bueno
Excelente

II.1.4 FACTORES QUE AFECTAN LA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.

La contaminación.- Tales como partículas de carbón, polvo o aceite depositadas 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.- Incluye 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 nasazuros, 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 aislamiento.

Los potenciales de prueba más utilizados son tensiones de 500 a 5000 V. C. D.

Las lecturas de resistencia de aislamiento, disminuyen al utilizar potenciales más altos, sin embargo para aislamientos en buenas condiciones y perfectamente secos, se obtendrán valores muy próximos para diferentes tensiones de prueba, siempre que no sobrepasen el valor nominal de operación del equipo que se está probando.

C. D.	C. A.
Voltaje de Prueba del Mexker	Voltaje del equipo a Probar
100 y 250 V.	Hasta 100 V. incluyendo algunos tipos de equipo de señalización y control.

500 V.	De 100 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, apertarrayos 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 equipados con una terminal de guarda. El propósito de esta terminal, es el contar con un medio para efectuar mediciones en mallas de tres terminales, en tal forma que pueda 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	M/A REGLA IM/A/KVx75	M/A SEGUN FABRICANTE	M/A PRUEBAS Y C. DE CALIDAD
220	11	8	37
6	266	182	300
23	1104	621	1000
88	4080	2295	3100
230	11040	6210	8600
400	19200	10800	18000
	K = 48	K = 27	K = 37.5

II.1.10. INSTRUCCIONES PARA UTILIZAR EL MEGOHMETRO.

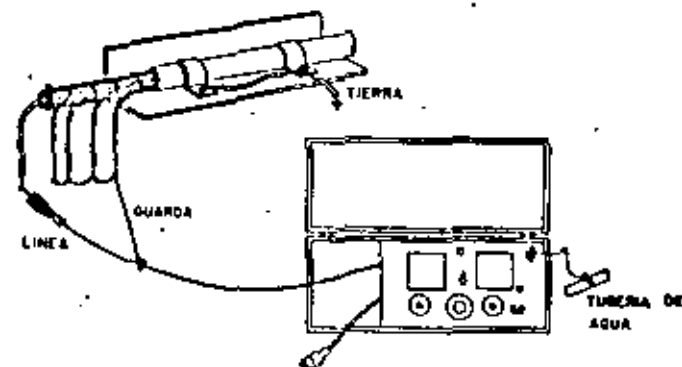
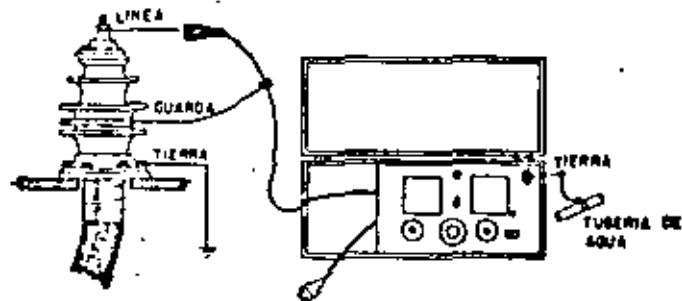
- 1.- Coloque el aparato en una base bien nivelada.
- 2.- Seleccione y ajuste el voltaje de prueba a utilizar.
- 3.- Verifique el infinito del aparato operándolo en Vacío o ajustándolo con el tornillo de ajuste.
- 4.- Corte circuito las terminales línea y tierra para verificar dos cosas:
 - a). Que los cables no estén abiertos.
 - b). Ajuste del cero en su aparato (con el potenciómetro de ajuste).
- 5.- En caso de haber desenergizado el equipo a probar, se deberá aterrizar y dejar por lo menos 10 minutos para eliminar 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 -descarga de toda corriente capacitiva y de absorción después de la prueba y antes de remover las terminales de prueba.

II.1.11. Métodos de Medición de Resistencia de Aislamiento.

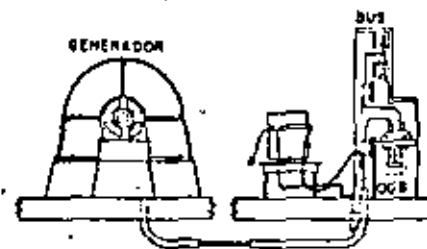
Existen 3 métodos prácticos para medir la resistencia de aislamiento mediante un Megohmetro (MEGGER):

- 1). Método de Tiempo Corto. - Este método es bueno para la prueba de rutina rápida, para fines de normalización recomiende aplicar voltaje de prueba durante 60 segundos, con objeto de efectuar comparaciones bajo la misma base con los datos 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 TÍPICAS A CABLES



COLOCACION DE ARREGLO PARA GENERADORES C.A.

absorción como son los interruptores, cables, apartarrayos

2). Método Tierra-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.

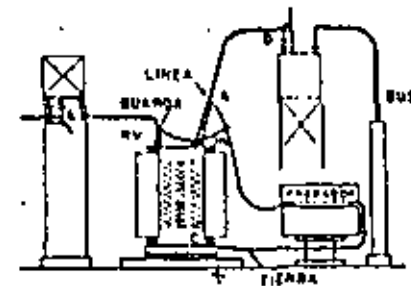
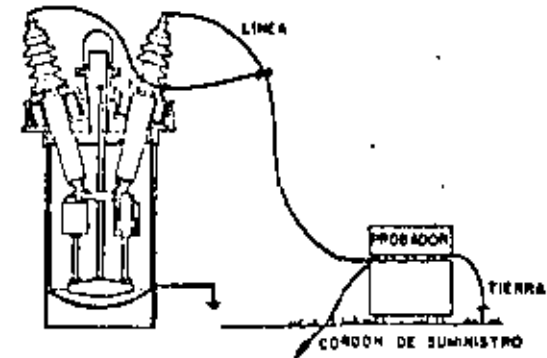
3). Método de Voltajes Múltiples.

Este método tiene su principal aplicación en la evaluación de aislamiento de las máquinas rotatorias y en menor grado para el de los transformadores.

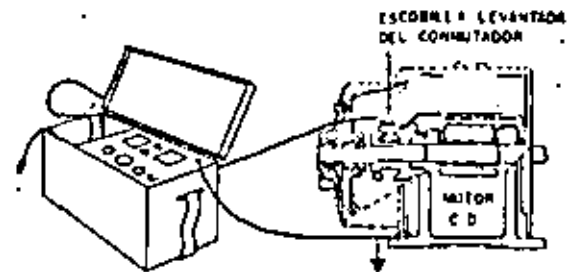
Su aplicación requiere el uso de un instrumento con varios voltajes para poder aplicar dos o más voltajes en pasos por ejemplo 500 volts y después con 1000 V.

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 resistencia



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 - 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 PRONADOR DE RESISTENCIA DE TIERRA "WEGGER DE TIERRAS".

Las instalaciones deben contar medios efectivos para conectar a tierra todas aquellas partes metálicas del equipo eléctrico u otros elementos, que normalmente no conduzcan corriente y que están 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.

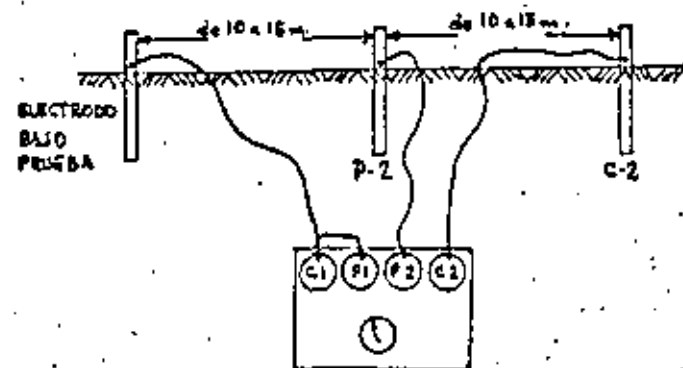
Los sistemas de tubería metálica continua y subterránea para la conducción de agua, tienen en general, una resistencia a tierra menor de 1 ohms. La estructura de edificios tienen en general una resistencia a tierra considerablemente menor de 25 ohms. Se recomienda probar la resistencia a tierra de los electrodos al instalarse y repetir la prueba periódicamente. En sub-estaciones, 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 Wegger 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.

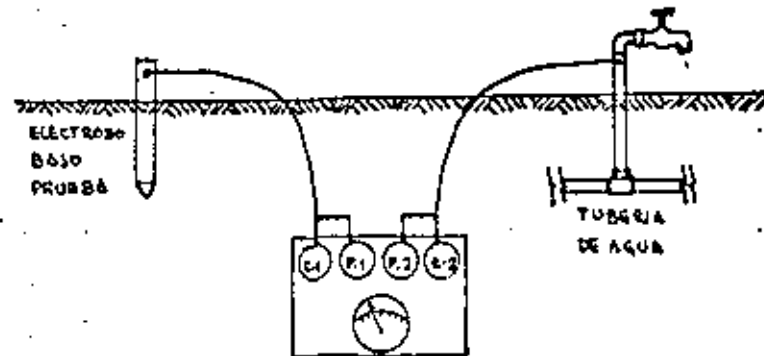
Principio General. - El probador contiene un generador de C. A. impulsado a mano, el cual hace circular una corriente a través de la resistencia bajo prueba conectada entre las terminales C.1 y C.2.

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 contrarresta 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), conectándose 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 sueltas". 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 esta última es despreciable, entonces las lecturas se toman como la de resistencia a tierra del electrodo.

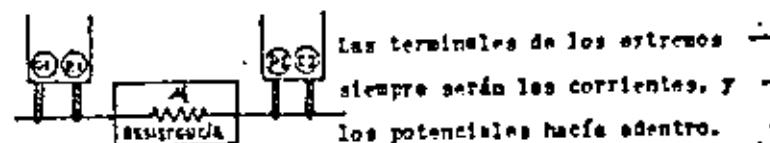


Si la tubería está muy cerca del electrodo de prueba, los resultados no son buenos, por lo cual es más conveniente el método anterior.

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 desconectadoras., tiene cinco rangos para medición desde 20 ohms hasta 1 microhm.

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:



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 desconectados de la fuente de alimentación o de cualquier otro aparato.
- 2). Colocar el ducter sobre una base nivelada, impidiendo que el instrumento quede cerca de campos magnéticos fuertes.
- 3). Checar que las terminales duplex estén 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, seleccionar 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, tomando la lectura obtenida y anotarla en su reporte.

Circuitos Inductivos. - Cuando se trabaja con circuitos inductivos 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 aislamientos, pudiéndose afirmar que por estas características, es más reveladora que la prueba de resistencia de aislamiento.

El propósito de esta prueba, es detectar fallas peligrosas en aislamientos por el método no destructivo, antes de que la falla ocurra, lo cual de esta manera previene pérdidas de la continuidad de servicio y permite el reacondicionamiento oportuno de dicho aislamiento.

El principio básico de esta 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 Volt-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 modo 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.

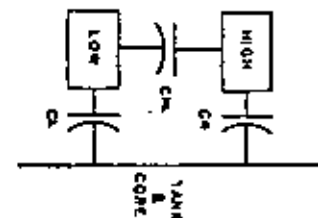
Antes de operar el interruptor general, debe verificarse que el reostato para elevar tensión esté en cero, el selector en la posición check, los rangos en los más altos para MVA y MW el selector de baja tensión en la posición tierra (GROUND) y el interruptor reversible en la posición "ON" dentro.

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	GUARDING	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.

Al 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 dividirlos 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 núcleos de los transformadores a probar deben ser normales y todo el núcleo 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.

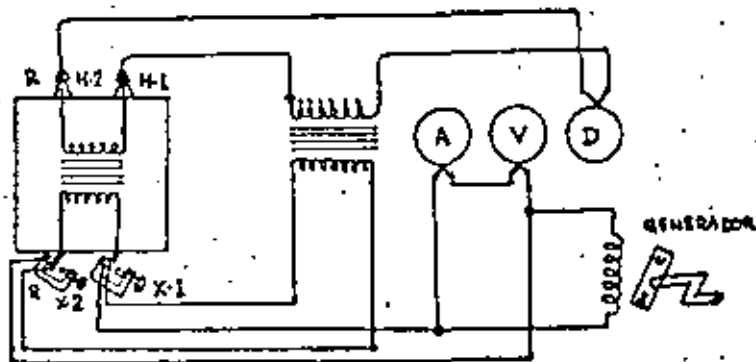
Por su facilidad de transportación el TTR por ser de poco peso y compacto, se facilita su uso en los lugares de utilización - como plantas generadoras, subestaciones, industrias, etc. Cuando el devanado de baja tensión no se pueda usar como primario durante la prueba, debido a aquella corriente magnetizante es muy alta, y la tensión de excitación indicada en el voltmetro no alcanza la nominal (24 volts) porque de hacerlo el ampermetro rebasaría su escala, en estos casos devanado de alta tensión puede conectarse como, primario.

Si el TTR se utiliza de ésta manera, la lectura será inversa - de la relación de vueltas, hasta con tres cifras decimales de aproximación.

También 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 Y-2 y la pinza R-2 (Marcadas con rojo) tienen la misma polaridad instantánea. En transformadores que tienen polaridad subtractiva, 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 flexionar bruscamente hacia la izquierda indicando que la polaridad -- es subtractiva, 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 necesario intercambiar las conexiones H1 por H2, manteniendo los conmutadores 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 aguja del detector deflexiona hacia la derecha. Regrese el conmutador a la posición más alta en donde la aguja deflexiona a la izquierda.
- 6). De la misma manera incrementa la relación sucesivamente en los conmutadores segundo y tercero.
- 7). Incrementa la relación en el cuarto conmutador, ajustando hasta alcanzar un equilibrio en cero en el detector, mientras la vela

cidad se eleva y se mantiene a un valor tal que se obtengan -- aproximadamente 8 volts de excitación.

- 9). La relación de vueltas del transformador bajo prueba se lee directamente en las mirillas que indican la posición de cada conmutador.

VI.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, bobinas, -- 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 multiple función aislante eléctrico. Como agente que transfiera 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 aceites marca BAPF 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-977 y 1916 en la cual se basa la norma nacional CONNVE 9.4.1.

II.7 TIEMPOS DE APERTURA Y CIERRE DE INTERRUPTORES.

El objetivo de esta 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.

Tiempo 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 arco 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 arco 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 arco en los interruptores. - 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.

Vaflnoruro de Azufre.

Soplo Magnético, etc.

NORMA	FORMA Y DIMENSION DE ELECTRODOS (en milímetros)	SEPARACION ENTRE ELECTROS (en milímetros)	ELEVACION DE TENSION KV/seg.	REPOSO ENTRE LLENADO Y PRUEBA	NUMERO DE PRUEBAS EFECTUADAS	REPOSO ENTRE PRUEBA Y PRUEBA	TENSION DE RUPTURA DIELECTICA	TEMPERATURA MINIMA DE LA MUESTRA
ASTM 877	TIPO DISCO DE 1" DE DIAMETRO	2.54 mm. (0.0992)	3KV ± 20%	3 MINUTOS	5	1 MINUTO	30KV MIN.	20°C. 68°F.
ASTM 1816	STUIFFERICEZ 25 mm RADIO	2.04 mm. (0.0811) 1.02 mm. (0.04)	0.9KV ± 20%	3 MINUTOS	6 LA IR NO CUENTA	1 MINUTO	30KV MIN. 20KV MIN.	20°C. 68°F.
COMITE N. R. 1.	CONTENEA	LAS DOS NORMAS ANTERIORES						

RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE.

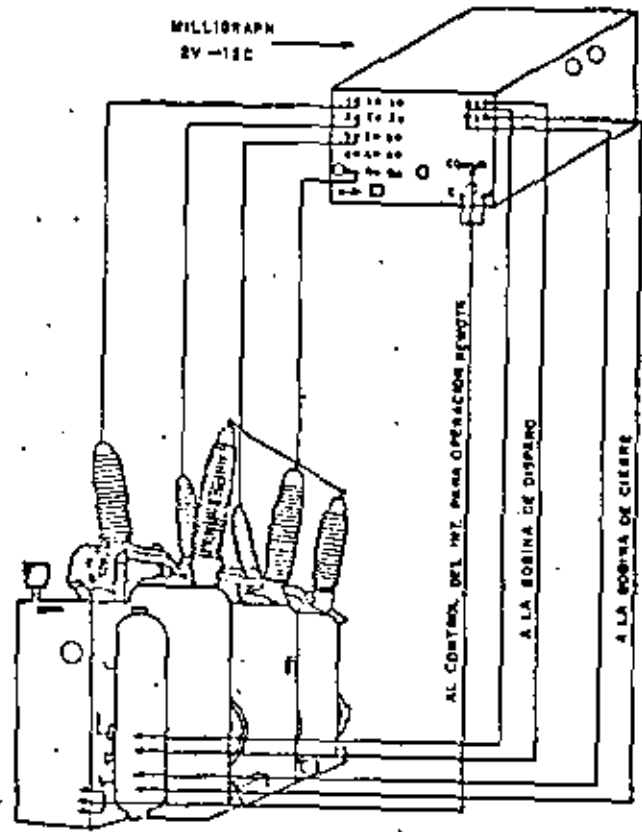


DIAGRAMA DE CONEXIONES DE UN EQUIPO MILIGRAPH A UN INTERRUPTOR DE GRAN VOLUMEN DE ACEITE.

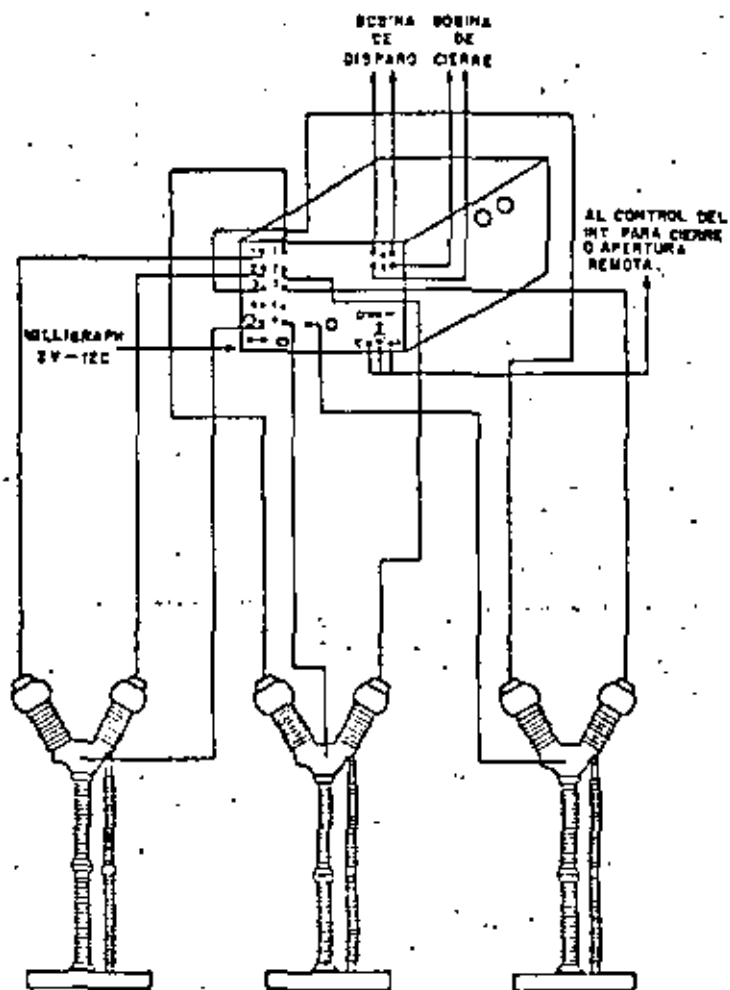


DIAGRAMA DE CONEXIONES DE UN EQUIPO MILLIGRAPH
A UNA FASE DE UN INTERRUPTOR MULTICAMARA.

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 desconectadores 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 grabadas en papel metálico en el caso de milligraph y en papel encerado en el 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, 9, 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	PRUEBA DE AISLAMIENTO	PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO	PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO	PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO	PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO	PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO	PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO	PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO	PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO	PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO
9 INTERRUPTOR 230 KV.	*	*	-	*	*	*	*	*	*	*
12 CUCHILLAS 230 KV.	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-
34 TRANSF CORRIENTE 230 KV.	*	*	*	-	-	-	-	*	-	-
18 TRANSF. POTENCIAL	*	*	*	-	-	-	-	*	-	-
2 CONDENSADOR DE ACOR 230KV.	*	*	-	-	-	-	-	-	-	-
2 TRAMPA DE ONDA	*	-	-	-	-	-	-	*	-	-
12 APARTARRAYOS DE 230KV.	*	-	-	-	-	*	-	-	-	-
6 BUSHINGS 230 KV.	*	-	-	-	-	*	-	-	-	-
7 TRANSF DE POTENCIA 50 MW 230/23 KV.	*	*	*	*	-	*	*	-	-	-
8 BUSHINGS 23 KV.	*	-	-	-	-	*	-	-	-	-
14 INTERRUPTORES 23 KV.	*	*	-	*	*	*	*	*	*	*
20 CUCHILLAS 23 KV	*	-	-	-	*	-	-	-	-	-
4 CUCHILLAS FUSIBLE 23 KV	*	-	-	-	*	-	-	-	-	-
64 TRANSF CORRIENTE 23KV.	*	*	*	-	-	-	-	*	-	-
6 TRANSF DE POTENCIAL	*	*	*	-	-	-	-	*	-	-
2 TRANSF DE DISTRIBUCION	*	*	*	*	-	-	-	*	-	-
8 APARTARRAYOS DE 23 KV	*	-	-	-	-	*	-	-	-	-
2 REACTORES	*	-	-	-	-	-	-	*	-	-
2 BANCO DE CAPACITORES	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9 PRUEBAS EFECTUADAS										
EQUIPO UTILIZADO	WELLS METER METER	WELLS METER	WELLS METER	WELLS METER	WELLS METER	WELLS METER	WELLS METER	WELLS METER	WELLS METER	WELLS METER

EX-2. PRUEBAS A CIRCUITOS DE BAJA TENSION.

La Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial, ha editado el nuevo Reglamento **FORMAS TYPICAS PARA INSTALACIONES ELECTRICAS** en la cual especifica las reglas y requisitos que deberán cumplir las instalaciones eléctricas.

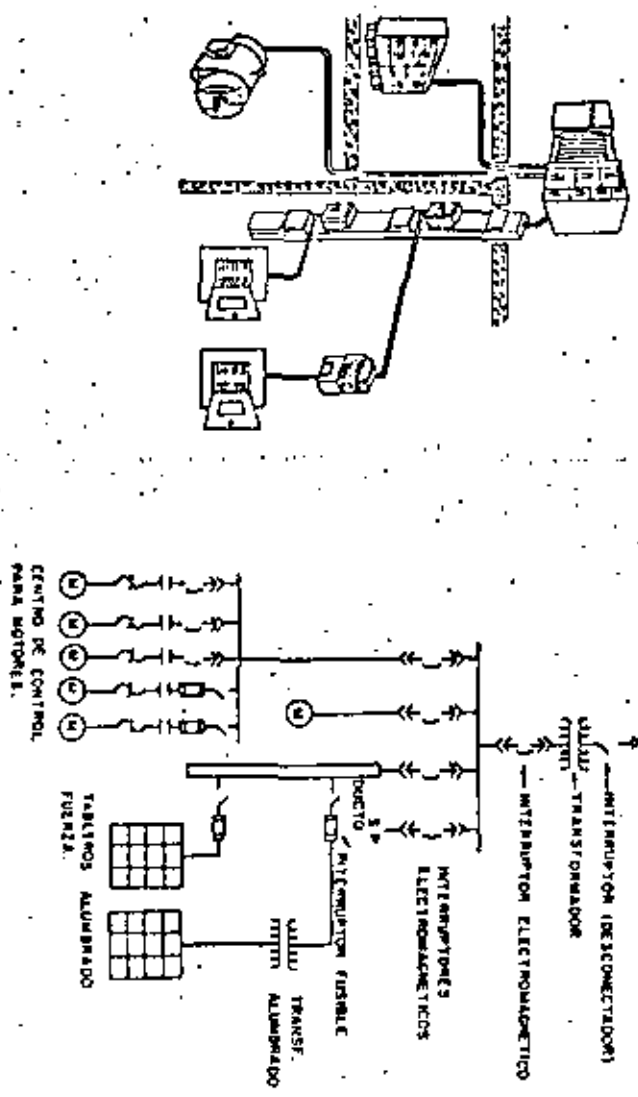
La siguiente tabla 1.5 nos da **LOS VALORES MINIMOS DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO RECOMENDADOS PARA INSTALACIONES DE 1000 VOLTS O MENOS.**

INSTALACION	RESISTENCIA DE AISLAMIENTO EN (CMS)
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 1.- 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 ELÉCTRICO.

A continuación daremos un listado de las principales pruebas que se efectúan a cada uno de los elementos o equipos eléctricos.

III.3.1.- BATERÍAS 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 óhmica 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). Paseo 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.- CERRILLAS 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 MEDICIÓN.

- 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 aprietos.
- 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 bloques (Diagramas).
- c). Prueba de medición de resistencia de aislamiento, abriendo los interruptores o fusibles del control d instrumentación, probag do 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:

- Equipo de Medición de la Cfa. Suministradora.
- Cuchillas desconectoras operadas en grupo para intercalar el equipo de Medición.
- Pararrayos autovalvulares o interruptor en pequeño volumen de aceite.

Las tres secciones están interconectadas por medio un bus de barras de cobre montadas 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 sufrirán daños chequeando:

- 1.a). Al bus.** - Con Megger se chequea 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 chequear 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 PARARRAYOS.** - 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).

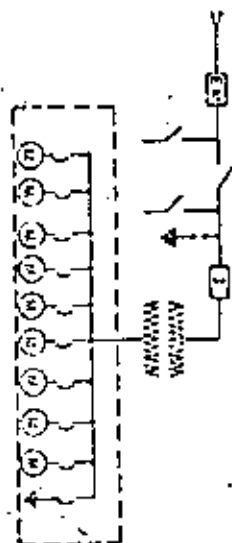
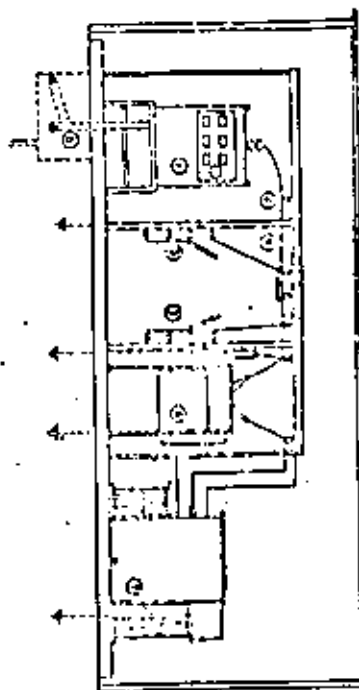


DIAGRAMA UNIFILAR



SUBESTACION COMPACTA

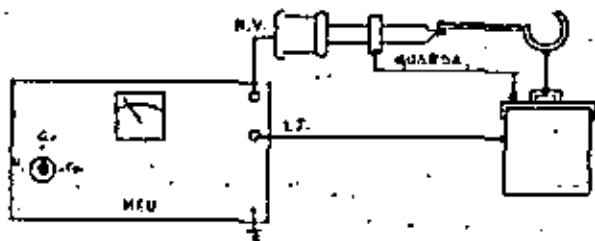
- PATERIA Y EQUIPO
- 1.- EQUIPO DE MEDICION DE CFA. DE LUI.
 - 2.- AISLADOR SOPORTE
 - 3.- CUCHILLAS DESCONECTORAS
 - 4.- BARRAS DE TOLERA DE CU
 - 5.- PARARRAYOS AUTOVALVULAR 23KV
 - 6.- INTERRUPTOR 23 KV.
 - 7.- TRANSFORMADOR 23KV / 220-127 V
 - 8.- ESCUFINA SUBTERANEA

Facerle hacer en la posición cerrado de cada fase contra tierra (estructura ó tanque) si hay problemas, discriminar polo - por polo.

Facer 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 estrados 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 $\epsilon_p = 0.05\%$ 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

- 45 -

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 $\frac{1}{3}$ del valor obtenido sin aceite.

FACTORES DE CORRECCION POR TEMPERATURA PARA LECTURAS DE MEGGER

TEMPERATURA	MÁQUINAS ROTATIVAS	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	1.40	1.25	1.3
30	2.20	1.50	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	3.90	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

- 46 -

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 MÍNIMA DE AISLAMIENTO A TRANSFORMADORES EN CELULOSA A 20°C

CLASE DE AISLAMIENTO KV.	MEGOMS	CLASE DE AISLAMIENTO KV.	MEGOMS
1.2	32	92	2490
2.5	64	115	3170
5.0	135	137	3720
7.7	230	161	4350
15.	410	196	5370
25.	670	230	6200
34.5	930	287	7750
46.	1240	345	9300
69.	1760	407	10800

La resistencia de aislamiento de un transformador sin aceite pero con aislamientos sólidos 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 sólidos 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.

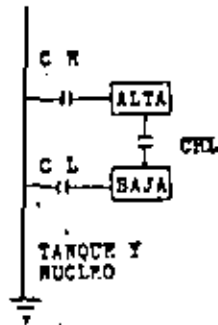
FACTORES DE CORRECCION POR TEMPERATURA DEL FACTOR DE POTENCIA DE LOS AISLAMIENTOS.

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	2.15
25	1.12	60	2.42
30	1.25	65	2.70
35	1.40	70	3.0
40	1.55		

Las conexiones utilizadas para la prueba de factor de potencia son:

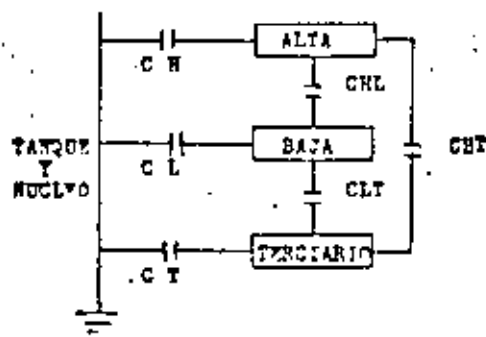
a) Transformadores de dos devanados.

DEVANADO ENCONIZADO	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 SOLICITADO	DEVANADO ATERRIZADO	DEVANADO GUARDADO	AISLAMIENTO MEDIDO
ALTA	BAJA	TERCIARIO	-
ALTA	---	BAJA Y TERCIARIO	C _H
BAJA	TERCIARIO	ALTA	-
BAJA	---	ALTA Y TERCIARIO	C _L
TERCIARIO	ALTA	BAJA	-
TERCIARIO	---	ALTA Y BAJA	C _T
TODOS	---	---	C _H + C _L + C _T



También se deberá determinar el factor de potencia de los Bushing antes de montarlos y una vez probados cerciorandose que no se encuentren húmedos, 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 principales:

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 degradamiento y contaminación con humedad, carbón ó algunas otras partículas conductoras.

IV.2.4 RELACION DE TRANSFORMACION.

Se deberá medir la relación de transformación, en todas las posiciones del cambiador de derivaciones y en todas las posibilidades de conexión de los devanados.

La relación medida, deberá estar dentro de los límites con respecto a la relación teórica con un margen de ± 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 tolerancia admита en la relación medida es de ± una vuelta.

IV.3.0 PRUEBAS A INTERRUPTORES.

En los interruptores se esta comprobando lo siguiente:

- La resistencia de aislamiento y el factor de potencia.
- Que el aceite esté en buen estado.
- Los tiempos de operación de cierre y apertura.
- La resistencia de contactos.
- La operación simultanea de los contactos.
- 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 esta 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 V^2 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 MÁQUINAS 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 dado, 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 conectándose directamente a las escobillas.

El arrancador y el interruptor por separado cada uno probando contra tierra.

CABLES TRIFÁSICOS.

Se efectúan 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 después 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 bornas que no sobrepasa 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.

$$C = \frac{I}{2\pi \cdot f \cdot V} \quad \text{KVAR} = 2\pi f C (KV)^2 \times 10^{-3}$$

- c). Resistencia entre bornas.- La resistencia entre bornas 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 bornas y al tanque.- Es importante medir esta magnitud, para comprobar el 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 moner de manifiesto la fuga. Es conveniente colocar el capacitor sobre un papel limpio y tendido horizontalmente del lado donde se sospecha que existe la fuga.
- f). Factor de Disipación.- El factor de disipación medio 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 chequear 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.

7.- BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Procedimiento para pruebas de Resistencia de Aislamiento en equipo eléctrico "MEGGER... C. F. K.
- 2.- Inspection and test of. Electrical Equipment. Westinghouse Electric Service Division.
- 3.- Installation & Maintenance of. Power transformers Westinghouse Electric Co.
- 4.- Annual Book of. ASTM Standards. D-1116 y D-977 Electrical Insulating Materials.
- 5.- Normas técnicas para instalaciones eléctricas. Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial. Dirección General de Normas.
- 6.- National Electrical Code. 1979. National Fire Protection 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. M&U. Doble Electrical Equipment.
10. Installation and Maintenance Instructions. AV-Line. SWITCHBOARDS GENERAL ELECTRIC.
11. Capacitores de Potencia Balmec 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

CALCULO DE FALLAS

ING. LUIS MUROW ITQUIN

ING. ANDRES D. CHAVEZ SAÑUDO

SEPTIEMBRE 1982

4.- CALCULO DE FALLAS

4.1.- FUENTES DE CORRIENTE DE FALLA Y REACTANCIA DE MAQUINAS ROTATORIAS.

LAS FUENTES DE LA CORRIENTE DE C. C., PUEDEN CLASIFICARSE EN 4 CATEGORIAS :

- a) GENERADORES SINCRONOS
- b) MOTORES Y CONDENSADORES SINCRONOS
- c) MOTORES DE INDUCCION
- d) COMPAÑIA SUMINISTRADORA

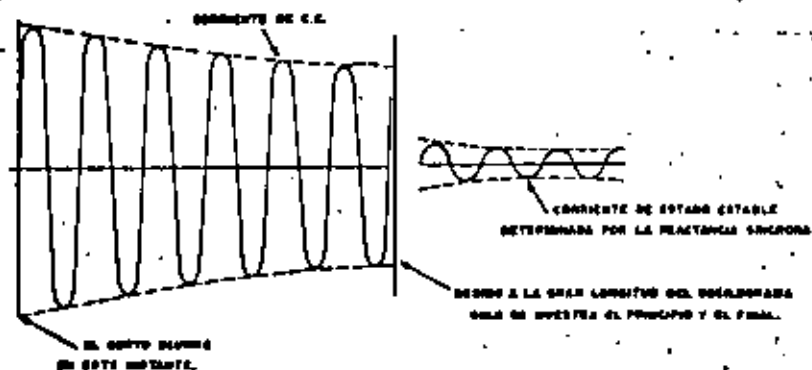
LAS CORRIENTES DE ESTAS FUENTES, QUE ALIMENTAN A LA FALLA, SON LIMITADAS POR LAS IMPEDANCIAS DEL SISTEMA LOS CUALES EN CABLES Y TRANSFORMADORES SON DE UN VALOR FIJO Y EN MOTORES Y GENERADORES SON VARIABLES CON EL TIEMPO.

(X⁰).- REACTANCIA SUBTRANSITORIA.- ES LA REACTANCIA APARENTE DEL ESTATOR EN EL INSTANTE EN QUE SE PRODUCE EL CORTO CIRCUITO Y DETERMINA EL FLUJO DE CORRIENTE DURANTE LOS PRIMEROS CICLOS.

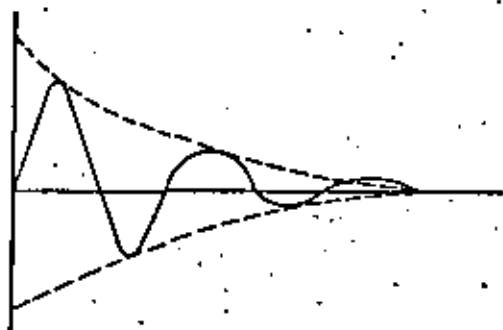
(X¹).- REACTANCIA TRANSITORIA.- ES LA REACTANCIA INICIAL APARENTE DEL ESTATOR, SI SE DESPRECIAN LOS EFECTOS DE TODOS LOS ARROLLAMIENTOS AMORTIGUADORES Y SE CONSIDERA SOLAMENTE LOS EFECTOS DEL ARROLLAMIENTO DEL CAMPO INDUCTOR, ESTA REACTANCIA DETERMINA LA CORRIENTE QUE CIRCULA DURANTE EL PERIODO SIGUIENTE CUANDO LA X⁰ ACTUA.

(X^d).- REACTANCIA SINCRONA.- ES LA REACTANCIA QUE DETERMINA EL FLUJO DE CORRIENTE CUANDO LAS CONDICIONES SE HAN ESTACIONADO Y ES EFECTIVA HASTA ALGUNOS SEGUNDOS DESPUES DE OCURRIR EL C. C.

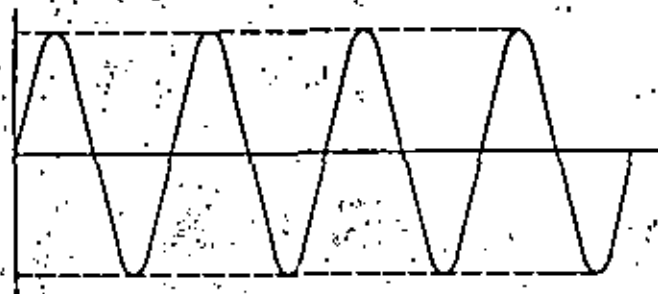
EN LOS GENERADORES Y MOTORES SINCRONOS SE PRESENTAN LOS 3 TIPOS DE REACTANCIAS ANTERIORES, EN EL MOTOR DE INDUCCION SOLAMENTE LA SUBTRANSITORIA Y EN LA COMPAÑIA SUMINISTRADORA QUE CONTRIBUYE EN FORMA CONSTANTE AL CORTO CIRCUITO SE REPRESENTA SIN IMPEDANCIA POR UN VALOR UNICO REFERIDO AL PUNTO DE ACOMETIDA.



TRAZO DE UN OSCILOGRAMA DE CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO PRODUCIDA POR UN GENERADOR.

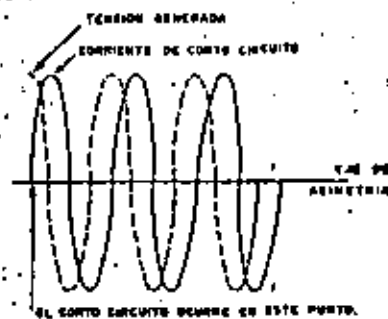


CORRIENTE DE C.C. PROPORCIONADA POR UN MOTOR DE INDUCCION



CORRIENTE DE C.C. QUE PROPORCIONA LA COMPAÑIA SUMINISTRADORA DE ENERGIA ELECTRICA.

4.2.- SINETRIA Y ASINETRIA DE LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO.



ONDA DE TENSION Y CORRIENTE SIMETRICAS EN UN CIRCUITO DE P.P.=0

EL FACTOR DE POTENCIA DE C. C. SE DETERMINA POR LA RELACION ENTRE RESISTENCIA Y REACTANCIA EXISTENTE EN LA TRAYECTORIA DEL C. C.

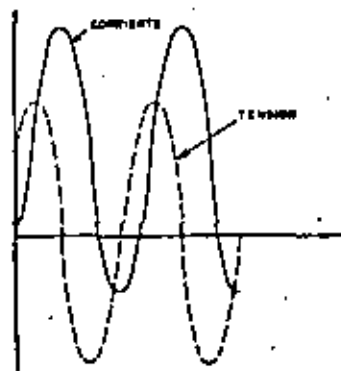
EN LA FIGURA EL C. C. OCURRE EN EL INSTANTE DEL VALOR MAXIMO DE LA ONDA DE TENSION Y LA CORRIENTE DE C. C. INICIA DE CERO, DAJDO ORIGEN A UNA ONDA TOTALMENTE SIMETRICA.

SI EL C. C. OCURRE CUANDO LA ONDA DE TENSION ESTA EN CERO, SE PRESEN-
TA LA MAXIMA ASIMETRIA EN LA ONDA DE CORRIENTE LA CUAL SE ATRASA 90° RES-
PECTO A LA DEL VOLTAJE.

SI EL C. C. OCURRE EN CUALQUIER OTRO PUNTO (ESTO ES LO MAS COMUN),
EXCEPTO EN LOS ANALIZADOS, HABRA UN DESPLAZAMIENTO DE LA ONDA DE CORRIENTE
QUE DEPENDERA DEL PUNTO EN QUE OCURRA LA FALLA EN LA ONDA DE TENSION.



ONDA DE TENSION Y CORRIENTE
ASIMETRICAS EN UN CIRCUITO DE
 $R \ll X \gg R$

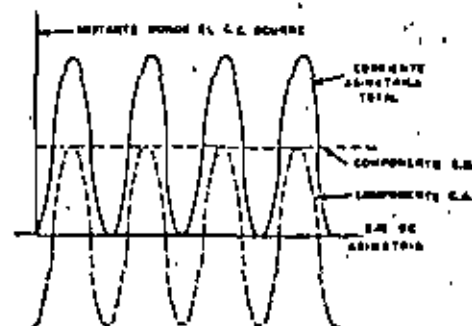


EL CORTO CIRCUITO OCURRE EN ALGUN PUNTO ENTRE EL VALOR CERO
Y EL MAXIMO DE LA ONDA DE TENSION $R \ll X \gg R$

4.2.1.- COMPONENTE DE C. D. DE LAS CORRIENTES DE C. C. ASIMETRICAS

LA DIFICULTAD PARA ANALIZARLAS, HA LLEVADO A DESCOMPONERLAS EN DOS
COMPONENTES SIMPLES :

- COMPONENTE DE C. A. SIMETRICA
- COMPONENTE DE C. D.

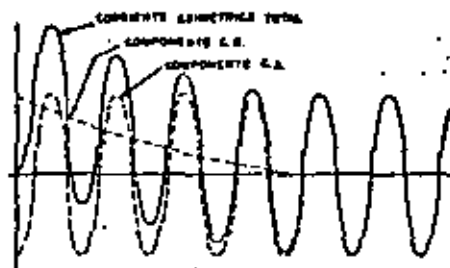


COMPONENTES DE LA CORRIENTE MOSTRADA EN LA FIGURA 8.

LA MAGNITUD INICIAL DE LA COMPONENTE DE C. D., VARIA DESDE CERO A -
UN MAXIMO VALOR IGUAL AL PICO DE LA COMPONENTE SIMETRICA DE C. A., DEPEN-
DIENDO DEL INSTANTE EN QUE OCURRE EL C. C.

4.2.2.- RELACION $\frac{X}{R}$ - ESTA RELACION, MEDIDA A LO LARGO DE LA TRAYEC-
TORIA DEL C. C., AFECTA EL COMPORTAMIENTO DE LA COMPONENTE DE C. D., SI -
 $\frac{X}{R} = \infty$, LA COMPONENTE DE C. D. NUNCA DECAERIA, SI $\frac{X}{R} = 0$, ENTONCES LA CAI-
DA ES INSTANTANEA. CUALQUIER OTRO VALOR PUEDE PRESENTARSE COMO SE OBSERVA
EN LA FIG. 9.

LA MAYORIA DE LOS SISTEMAS TIENEN UNA CONSTANTE DE TIEMPO Y ES EL TIEMPO REQUERIDO POR LA COMPONENTE DE C. D. PARA REDUCIRSE APROXIMADAMENTE A UN 37 % DE SU VALOR ORIGINAL.



OSCILORAMA MOSTRANDO EL DECAIMIENTO DE LA COMPONENTE DE C.D. Y SU EFECTO EN LA ASIMETRÍA DE CORRIENTE.

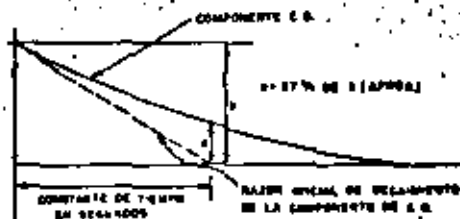
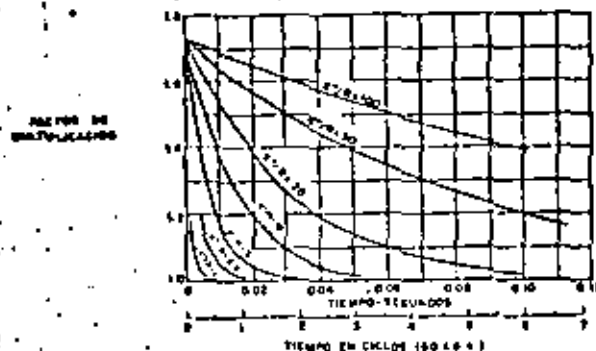


ILUSTRACIÓN GRÁFICA DE LA CONSTANTE DE TIEMPO.

4.2.3.- FACTORES DE MULTIPLICACION

PARA CALCULAR LA COMPONENTE DE C. D., SE HAN DESARROLLADO MÉTODOS SIMPLIFICADOS MEDIANTE EL USO DE FACTORES DE MULTIPLICACION QUE CONVIERTEN EL VALOR RMS DE CORRIENTE ALTERNA SIMÉTRICA A VALORES RMS DE UNA ONDA ASIMÉTRICA QUE INCLUYE LA COMPONENTE DE C. D.

LOS FACTORES DE MULTIPLICACION PUEDEN TOMARSE DE LA SIGUIENTE GRÁFICA, OBSERVESE QUE EL MÁXIMO VALOR QUE PUEDE ALCANZAR LA COMPONENTE DE C. D. ES 1.732 VECES EL VALOR RMS DE LA COMPONENTE DE C. A.



FACTORES DE MULTIPLICACION PARA EL DECAIMIENTO DE LA COMPONENTE DE C. D.

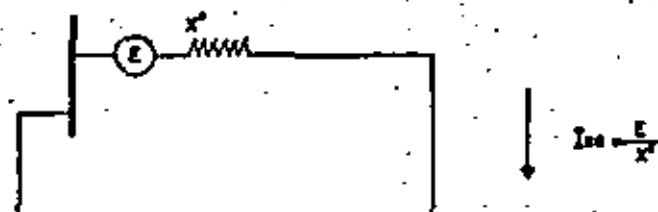
TABLA 1 REACTANCIAS DE MÁQUINAS Y FACTORES DE MULTIPLICACION USADOS EN CALCULOS SIMPLIFICADOS DE LA CAPACIDAD NORMAL DE CORTO CIRCUITO EN EQUIPO.

TIPO DE OPERACION NORMAL DE CORTO CIRCUITO Y CLASE DE EQUIPO	REACTANCIAS DE MÁQUINA O MOTOR			FACTORES DE MULTIPLICACION Y SEÑALES DE ALERTE AL MÁQUIN EN TIEMPO DE CALCULO	
	SUBTRANSICION	MOTOR TRANSICION	MOTOR TRANSICION	CASO GENERAL	CASO ESPECIAL
CAPACIDAD INTERNA PARA MOTOR EN TIEMPO DE CORTO CIRCUITO CON UNO O VARIOS CILINDROS EN OPERACION	SUBTRANSICION	TRANSICION	MOTOR	1.7	1.1
CAPACIDAD INTERNA PARA MOTOR EN TIEMPO DE CORTO CIRCUITO CON UNO O VARIOS CILINDROS EN OPERACION	SUBTRANSICION	TRANSICION	MOTOR	1.1	1.0
	SUBTRANSICION	TRANSICION	MOTOR	1.0	1.0
	SUBTRANSICION	TRANSICION	MOTOR	1.0	1.0
CAPACIDAD INTERNA PARA MOTOR EN TIEMPO DE CORTO CIRCUITO CON UNO O VARIOS CILINDROS EN OPERACION	SUBTRANSICION	SUBTRANSICION	SUBTRANSICION	CASO GENERAL 1.0	CASO ESPECIAL 1.5
CAPACIDAD INTERNA PARA MOTOR EN TIEMPO DE CORTO CIRCUITO CON UNO O VARIOS CILINDROS EN OPERACION	SUBTRANSICION	SUBTRANSICION	SUBTRANSICION	1.0	1.0
CAPACIDAD INTERNA PARA MOTOR EN TIEMPO DE CORTO CIRCUITO CON UNO O VARIOS CILINDROS EN OPERACION	SUBTRANSICION	SUBTRANSICION	SUBTRANSICION	CASO GENERAL 1.0	CASO ESPECIAL 1.5
CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA FUENTE DE ENERGIA EXTERNA EN TIEMPO DE CORTO CIRCUITO CON UNO O VARIOS CILINDROS EN OPERACION	SUBTRANSICION	SUBTRANSICION	SUBTRANSICION	1.0	1.0
CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA FUENTE DE ENERGIA EXTERNA EN TIEMPO DE CORTO CIRCUITO CON UNO O VARIOS CILINDROS EN OPERACION	SUBTRANSICION	SUBTRANSICION	SUBTRANSICION	1.0	1.0

NOTA: EL VALOR DE CORRIENTE SIMÉTRICA AL QUE SE APLICA EL FACTOR DE MULTIPLICACION DEBE SER RMS
 1. VER LA COLUMNA CASO ESPECIAL COMO EL VALOR SIMÉTRICO DEBE SER 500 MVA Y NO EL EQUIPO EN SI
 2. VER LA COLUMNA CASO ESPECIAL Y LA CATEGORÍA DE OPERACIONES COMO 1.0 MVA Y 1.0 MVA
 3. VER LA COLUMNA CASO ESPECIAL Y LA CATEGORÍA DE OPERACIONES COMO 1.0 MVA Y 1.0 MVA
 4. VER LA COLUMNA CASO ESPECIAL Y LA CATEGORÍA DE OPERACIONES COMO 1.0 MVA Y 1.0 MVA

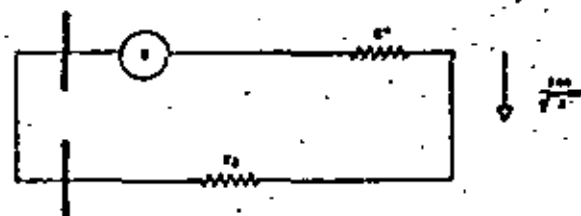
4.3.- TIPOS DE FALLAS

4.3.1.- FALLA TRIFÁSICA



CORRIENTE DE PRIMER CICLO.

4.3.2.- FALLA DE LÍNEA A LÍNEA



FALLA DE LÍNEA A LÍNEA.

$$I_{sc} = \sqrt{2} \frac{E}{X'' + X_2}$$

Como $X'' = X_2$

$$I_{sc} = \sqrt{2} \frac{E}{2X''}$$

$$I_{sc} = 0.866 \frac{E}{X''}$$

Como resulta de lo anterior, la falla de línea a línea es el 86.6% de la falla trifásica.

4.3.3.- FALLA DE LÍNEA A TIERRA.



DIAGRAMA DE IMPEDANCIAS, FALLA DE LÍNEA A TIERRA.

$$I_{sc} = \frac{3E}{X'' + X_1 + X_2 + X_0 + 3Z_n}$$

$$I_{sc} = \frac{3E}{2X'' + X_0 + 3Z_n}$$

EN SISTEMAS ATERRIZADOS A TRAVÉS DE UNA RESISTENCIA, EL VALOR I_{cc} , ES DECIR, 3 VECES LA RESISTENCIA A TRAVÉS DE LA CUAL SE ATERRIZA EL SISTEMA, EXCEDE CON MUCHO AL DEL RESTO DE LAS COMPONENTES EN MAGNITUD, POR LO QUE APROXIMADAMENTE SE PUEDE CONSIDERAR QUE EL VALOR DE LA CORRIENTE DE FALLA ES :

$$I_{cc} = \frac{E}{R_n}$$

4.4.- FALLAS DE ARQUEO A TIERRA.- EN ESTE TIPO DE FALLAS SE LIBERA UNA GRAN CANTIDAD DE ENERGIA CUYO EFECTO ES ALTAMENTE DESTRUCTIVO EN EL EQUIPO Y ESTA EXPRESADA COMO SIGUE :

$$\text{ENERGIA DEL ARCO EN KW - CICLOS} = \frac{I_f \times E_f \times t}{1000} \quad \text{donde :}$$

I_f = CORRIENTE DE LA FALLA A TIERRA EN AMPERES.

E_f = TENSION DEL ARCO.

t = TIEMPO DE DURACION DE LA FALLA EN CICLOS.

ES PRACTICA DE INGENIERIA, CONSIDERAR LA CORRIENTE DE FALLAS DE ARQUEO EN APROXIMADAMENTE AL 30 % DE LA FALLA SOLIDA A TIERRA Y AUN OTRAS RECOMENDACIONES PROPONEN DE UN 20 AL 30 % DE LA FALLA FRANCA. EL VOLTAJE DE ARCO ESTARA DE ENTRE 70 Y 130 VOLTS.

EN ESTUDIOS DE LABORATORIO SE HA DEMOSTRADO QUE LA FALLA DE ARQUEO PUEDE VARIAR DESDE 7.6 A 89 % DE LA FALLA SOLIDA A TIERRA Y EL VOLTAJE DE ARCO DE 91 A 336 VOLTS.

EL ASPECTO MAS IMPORTANTE A PREDECIR EN LAS FALLAS DE ARQUEOS, ES ESTIMAR EL NIVEL DE DAÑOS QUE ELLO PUEDA CAUSAR, POR LO CUAL ; UN PROCEDIMIENTO PRACTICO NOS DICE QUE ESTE LARGO NO REBASARA EL LIMITE DE 250 VECES I_n POR LO QUE :

$$250 I_n = (I_{arc})^{1.5} t \quad ; \quad I_n = \text{CORRIENTE NOMINAL DEL DESCONECTOR}$$

t = TIEMPO QUE SE LIBERA LA FALLA

LA PERDIDA DE MATERIAL EN LOS BUSES Y ENVOLVENTE METALICO SIGUEN APROXIMADAMENTE LAS SIGUIENTES FORMULAS EMPIRICAS.

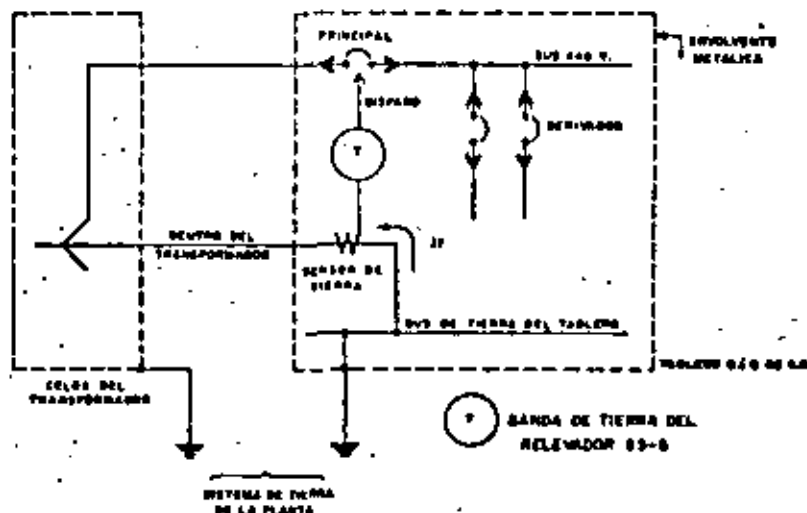
$$Y = 0.6564 \times 10^{-6} (I_{arc})^{1.5} t \quad (\text{INVOLVENTE})$$

$$Y = 0.7230 \times 10^{-6} (I_{arc})^{1.5} t \quad (\text{BUSA DE COBRE})$$

$$Y = 1.319 \times 10^{-6} (I_{arc})^{1.5} t \quad (\text{BUSES DE ALUMINIO})$$

ESTANDO LOS RESULTADOS EN PULGADAS CUBICAS - SEGUNDOS

LA SIGUIENTE FIGURA, MUESTRA EL ANGELO ELECTRICO DE LA PROTECCION CONTRA FALLAS DE ARQUEO A TIERRA EN UN TABLERO DE DISTRIBUCION.

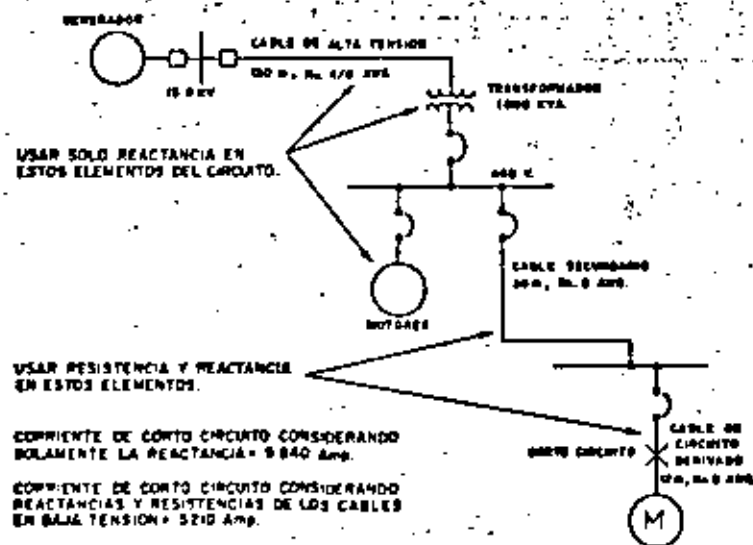


4.5.- PROCEDIMIENTO EN EL CALCULO DE CORRIENTES DE C. C.

EL CALCULO DE CORRIENTES DE C. C. EN PROBLEMAS DE APLICACION DIFÍCIL, SE HAN SIMPLIFICADO CON RELACION AL PROCEDIMIENTO EXACTO.

BASICAMENTE SE CALCULAN LAS CORRIENTES DE C. C. SIMÉTRICAS Y SE LES APLICA UN FACTOR DE ASIMETRÍA EXISTENTE EN TABLAS.

COMO SE VIO ANTERIORMENTE ES IMPORTANTE LA RELACION $\frac{X}{R}$ Y DE ACUERDO A DATOS PRÁCTICOS, LOS GENERADORES, TRANSFORMADORES, LINEAS DE TRANSMISION, BUSES DE ALTA Y MEDIANA TENSION TIENEN UNA RELACION $\frac{X}{R} > 4$, ELLO IMPLICA QUE SE PUEDE DESPRECIAR EL VALOR DE LA RESISTENCIA Y EMPLEAR SOLAMENTE REACTANCIA, ESTO NO SUCEDE EN SISTEMAS DE 600 V O MENOS.



COMPARACION ENTRE EL CALCULO DE CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO SI SE INCLUYE O SE DESPRECIAN LAS RESISTENCIAS DE LOS CABLES EN BAJA TENSION.

4.5.2.- CALCULO DE CORRIENTES DE C. C., PASO A PASO.

CONOCIENDO LAS IMPEDANCIAS DE LOS DISPOSITIVOS O EQUIPO QUE SE ENCUENTRA EN EL SISTEMA, SE PROCEDE DE LA SIGUIENTE FORMA :

- ELABORAR EL DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA.
- ELABORAR EL DIAGRAMA DE IMPEDANCIAS CON TODOS LOS DATOS NECESARIOS.
- SELECCIONAR LOS PUNTOS CRITICOS DE FALLA EN EL DIAGRAMA UNIFILAR.
- PARA CADA PUNTO DE FALLA, RESOLVER LA RED DE IMPEDANCIAS Y CALCULAR LA CORRIENTE SIMÉTRICA A PARTIR DE LA RELACION $\frac{E}{Z}$
- APLICAR LOS FACTORES DE MULTIPLICACION APROPIADOS PARA SER ÚTILES EN LA SELECCION DEL EQUIPO DE INTERRUPCION DEL C. C.
- HACER CUALQUIER CALCULO SUPLEMENTARIO PARA CONOCER OTROS VALORES DE CORRIENTES DE C. C., TALES COMO VALOR INSTANTANEO, DE TIEMPO CORTO Y LARGO PARA SELECCION DE EQUIPO Y PROTECCIONES.

LOS DATOS DE IMPEDANCIA DE LOS GENERADORES, MOTORES Y TRANSFORMADORES SON DADOS POR EL FABRICANTE.

LA IMPEDANCIA DE CABLES POR LA TABLA No. 2.

LA IMPEDANCIA DEL SISTEMA QUEDA FIJADO POR LA CIA. SUMINISTRADORA O BIEN POR LA CAPACIDAD INTERRUPTIVA DEL INTERRUPTOR QUE ALIMENTA AL CIRCUITO ANALIZADO.

LA IMPEDANCIA DE LOS MOTORES QUE PUEDEN CONTRIBUIR A ALIMENTAR LA FALLA, CONSIDERANDOSE DE LA SIGUIENTE FORMA :

GENERALMENTE PARA MOTORES DE INDUCCION MENORES DE 50 H. P. Y QUE ES - IMPRACTICO ELABORAR EL DIAGRAMA DE REACTANCIAS CON TODOS ELLOS, SE CALCULA RA LOS H. P. DE UN MOTOR EQUIVALENTE TOMANDO EL VALOR DE REACTANCIA DE LA SIGUIENTE TABLA :

REACTANCIAS TÍPICAS DE MOTORES DE INDUCCION EN P. U., BASE KVA DE LA MAQUINA

	X''	X'
ARRIBA DE 600 V	0.17	-----
600 V O MENOS	0.25 *	-----

* EL VALOR DE X'' PARA MOTORES DE 600 V O MENOS HA SIDO INCREMENTADO LIGERAMENTE PARA COMPENSAR EL RAPIDO DECREMENTO DE LA CORRIENTE DE C. C. EN ESTOS PEQUEÑOS MOTORES.

(TOMADA DEL LIBRO ROJO IEEE. PAG. 103 EDIC. 1969)

EJEMPLOS :

SISTEMAS DE 240 V. 480 V. O 600 V.

DIAGRAMA UNIFILAR

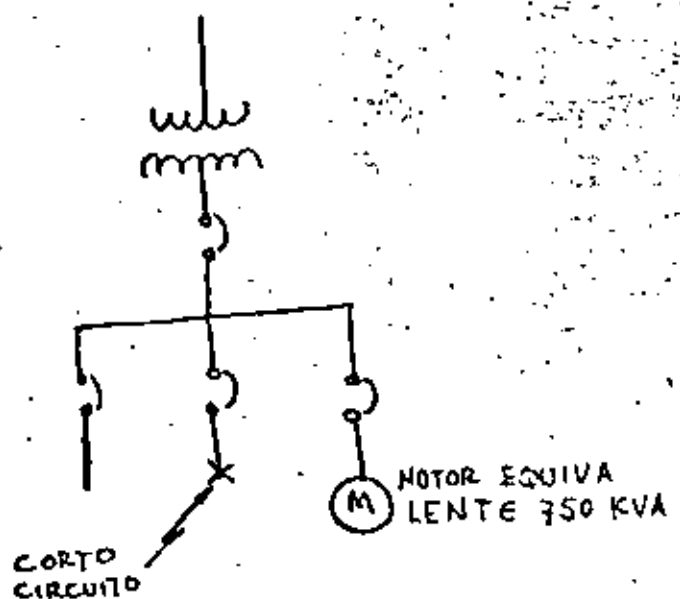
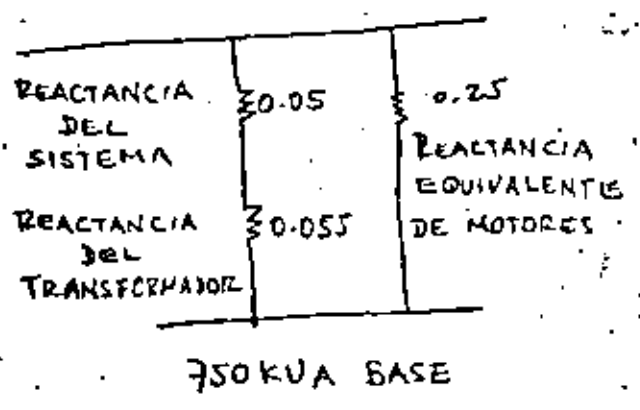


DIAGRAMA DE IMPEDANCIAS



TOMADA DEL LIBRO INDUSTRIAL POWER SYSTEMS HANDBOOK DE DONALD BEEMAN

PAG. 98.

TABLA 2 RESISTENCIA APROXIMADA REACTANCIA
E IMPEDANCIA DE CABLES DE 600 VOLTS EN DUCTOS
MAGNETICOS PARA 100 PIES

TAMAÑO DE CABLE	TRES CONDUCTORES SENCILLOS POR DUCTO, OHMS POR 100 PIES		
	R*	X	Z
No. 14 AWG.	0.31350	0.00783	0.31350
No. 12 AWG.	0.1972	0.00710	0.1972
No. 10 AWG.	0.1240	0.00647	0.1240
No. 8 AWG.	0.0779	0.00638	0.0782
No. 6 AWG.	0.0498	0.00598	0.0500
No. 4 AWG.	0.0318	0.00551	0.0322
No. 2 AWG.	0.0203	0.00513	0.0209
No. 1 AWG.	0.0163	0.00500	0.0171
No. 1/0 AWG.	0.0131	0.00493	0.0140
No. 3/0 AWG.	0.0106	0.00490	0.0117
No. 4/0 AWG.	0.00860	0.00488	0.00988
No. 4/0 AWG.	0.00700	0.00482	0.00850
250 MCM.	0.00608	0.00480	0.00778
300 MCM.	0.00520	0.00474	0.00704
350 MCM.	0.00461	0.00469	0.00638
400 MCM.	0.00419	0.00462	0.00623
500 MCM.	0.00359	0.00450	0.00575
750 MCM.	0.00280	0.00438	0.00520

* BASADA EN 75°C

TABLA 3
FACTORES DE CORRECCION PARA DUCTOS NO MAGNETICOS

FACTORES DE CORRECCION DE REACTANCIAS TODOS LOS TIPOS DE CABLE	FACTOR DE CORRECCION DE RESISTENCIAS				
	No. 14 a No. 8 AWG.	No. 6 a No. 0 AWG.	No. 00 a 250 MCM.	300 a 1500 MCM.	750 MCM.
	0.8	1.0	0.96	0.93	0.53-0.72

4.5.3.- VALORES POR UNIDAD

$$\text{POR UNIDAD} = \frac{\text{UN NUMERO}}{\text{NUMERO BASE}}$$

UN NUMERO BASE ES TAMBIEN LLAMADO VALOR UNIDAD, FRECUENTEMENTE EN EL SISTEMA POR UNIDAD TIENE UN VALOR DE 1 ó UNITARIO, POR LO TANTO EL VOLTAJE - BASE PUEDE SER DENOMINADO VOLTAJE UNIDAD.

SÍMBOLO : TAL COMO EN UN SISTEMA CUYOS VALORES SE EXPRESAN EN PORCIENTO Y TIENE EL SÍMBOLO (%), TAMBIEN EN LOS SISTEMAS POR UNIDAD SE EMPLEA EL SÍMBOLO (o/1) PARA REPRESENTAR SUS VALORES.

SELECCION DEL NUMERO BASE.- EN UN SISTEMA EN POR UNIDAD, USADO PARA EXPRESAR PARAMETROS DE VOLTAJE, CORRIENTE E IMPEDANCIA, ES NECESARIO SELECCIONAR UN NUMERO ARBITRARIO PARA :

VOLTS BASE

AMPERES BASE

CON LO ANTERIOR, QUEDAN FIJADOS LOS SIGUIENTES TERMINOS :

$$\text{OHMS BASE} = \frac{\text{VOLTS BASE}}{\text{AMPERES BASE}}$$

$$\text{VOLTS (o/1)} = \frac{\text{VOLTS}}{\text{VOLTS BASE}}$$

$$\text{AMPERES (o/1)} = \frac{\text{AMPERES}}{\text{AMPERES BASE}}$$

$$\text{OHMS (o/1)} = \frac{\text{OHMS}}{\text{OHMS BASE}}$$

EN LA PRACTICA ES MAS CONVENIENTE SELECCIONAR

- VOLTS BASE

- KVA BASE

CON ELLO AUTOMATICAMENTE QUEDAN FIJOS LOS SIGUIENTES VALORES :

PARA SISTEMAS MONOFASICOS

$$\text{AMPERES BASE} = \frac{\text{KVA BASE} \times 1000}{\text{VOLTS BASE}} = \frac{\text{KVA BASE}}{\text{KV BASE}}$$

$$\text{OHMS BASE} = \frac{\text{VOLTS BASE}}{\text{AMPERES BASE}} = \frac{(\text{VOLTS}_B)^2}{\text{KVA}_B \times 1000} = \frac{(\text{KVB})^2 \times 1000}{\text{KVA}_B}$$

$$\text{OHMS (o/1)} = \frac{\text{OHMS} \times \text{KVA}_B \times 1000}{(\text{VOLTS}_B)^2} = \frac{\text{OHMS} \times \text{KVA}_B}{(\text{KV}_B)^2 \times 1000}$$

DONDE LOS KVA BASE Y VOLTS BASE SON MONOFASICOS

ES DECIR KVA_B SON DE 1 SOLA FASE Y VOLTS_B DE LINEA A NEUTRO.

PARA SISTEMAS TRIFASICOS SE TIENE :

$$\text{I BASE} = \frac{\text{KVA}_B \times 1000}{3 \times \text{VOLTS}} = \frac{\text{KVA}_B}{3 \text{ KV}}$$

$$\text{OHMS}_B = \frac{\text{VOLTS}_B}{3 \text{ I}_B}$$

$$\text{OHMS } (0/1) = \frac{\text{OHMS} \times \text{KVA}_B \times 1000}{(\text{VOLTS } B)^2} = \frac{\text{OHMS} \times \text{KVA}_B}{(\text{KV}_B)^2 \times 1000}$$

DONDE LOS KVA_B SON TRIFASICOS, LOS VOLTS B DE LINEA A LINEA Y LOS OHMS SON POR FASE.

FRECUENTEMENTE LA IMPEDANCIA DE UN CIRCUITO PUEDE ESTAR EXPRESADA EN TERMINOS DE LOS KVA_B PARTICULAR Y ES DESEABLE EXPRESARLOS EN TERMINOS DE KVA_B DIFERENTE QUE SEA COMUN ENTONCES.

$$\text{OHMS } (0/1) \text{ DE KVA}_{B2} = \frac{\text{KVA}_{B2}}{\text{KVA}_{B1}} \times \text{OHMS } (0/1) \text{ DE KVA}_{B1}$$

$$\frac{\text{OHMS } (0/1) \text{ SOBRE VOLTS } B_2}{\text{OHMS } (0/1) \text{ SOBRE VOLTS } B_1} = \frac{(\text{VOLTS } B_1)^2}{(\text{VOLTS } B_2)^2}$$

$$\text{OHMS } (0/1) \text{ SOBRE VOLTS } B_2 = \text{OHMS } (0/1) \text{ SOBRE VOLTS } B_1 \times \frac{(\text{VOLTS } B_1)^2}{(\text{VOLTS } B_2)^2}$$

$$\text{OHMS } (0/1)_{B2} = \text{OHMS } (0/1)_{B1} \times \frac{\text{KV}_{B1}}{\text{KV}_{B2}} \times \frac{\text{KVA}_{B2}}{\text{KVA}_{B1}}$$

4.6.- EFECTOS DE LAS CORRIENTES DE FALLA EN EQUIPOS Y CAPACIDAD INTERRUPTIVA (C. I.) EN DISPOSITIVOS DE DESCONEXION Y CONDUCTORES.

CAPACIDAD INTERRUPTIVA.- (C.I.) ES LA CAPACIDAD DE UN EQUIPO PARA LIBRAR O INTERRUPTIR UNA CORRIENTE DEBIDA A UNA FALLA EN UN LAPSO DE TIEMPO DE TERMINADO Y SIN QUE EL EQUIPO SEA DAÑADO, POR ELLO, UNA SELECCION INADECUADA

EN LA PROTECCION DE UN SISTEMA, PUEDE CAUSAR DAÑOS SEVEROS EN LAS INSTALACIONES Y AL PERSONAL MISMO.

LOS CORTOS CIRCUITOS NO CONTROLADOS, PUEDEN CAUSAR QUE EL SISTEMA QUEDE FUERA DE SERVICIO, QUE LA PRODUCCION DE UNA FACTORIA SE VEA AFECTADA SERIAMENTE, SE PUEDEN INTERRUPTIR SERVICIOS VITALES Y PROBABLEMENTE DEGENEREN EN INCENDIOS OCASIONANDO FRECUENTEMENTE MUERTES DEL PERSONAL.

EN PRIMERA INTENCION PODRIA CONSIDERARSE EXAGERADO EL PLANTEAMIENTO ANTERIOR, PERO SI SE ANALIZAN TODOS LOS ASPECTOS AL OCURRIR UN C. C. EN CUALQUIER PUNTO DEL SISTEMA, SE VERA QUE SI NO ES LIBRADO OPORTUNAMENTE, SUCIENDE QUE :

- a).- SE CAE EL VOLTAJE EN CIERTA PROPORCION EN TODO EL SISTEMA.
- b).- SE INICIA PROCESO DE COMBUSTION CON TODAS SUS CONSECUENCIAS.
- c).- TODOS LOS COMPONENTES QUE SE VEN AFECTADOS POR EL C. C., QUEDAN SUJETOS A ESFUERZOS TERMO MECANICOS.
- d).- TODAS LAS MAQUINAS ROTATIVAS SE COMPORTAN COMO GENERADORES Y ALIMENTAN A LA FALLA.

POR LO ANTERIOR, ES CLARO QUE SE DEBEN DISPONER EQUIPOS PARA INTERRUPTIR ESTE TIPO DE CORRIENTES MUY RAPIDAMENTE, ANTES DE QUE SE DESCONTROLE EL SISTEMA.

LOS EQUIPOS MAS COMUNMENTE EMPLEADOS PARA ELLO SON LOS INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS Y ELECTROMAGNETICOS DE LOS CUALES EL FABRICANTE PROPORCIONA SUS CARACTERISTICAS Y ENTRE ELLA SU C.I. QUE DEBE SER IGUAL O MAYOR AL C. C. DISPONIBLE EN LOS DIFERENTES PUNTOS DEL SISTEMA PREVIAMENTE SELECCIONADOS.

TABLA No. 1 CAPACIDAD INTERRUPTIVA DE INTERRUPTORES
ELECTROMAGNETICOS MARCA P. P. E.

TIPO	MARCO (AMPERES)	VOLTAJE * DEL SISTEMA (VOLTS)	CORTO CIRCUITO TRIFASICO RA SIMETRICOS	
			INSTANTANEO	TIEMPO CORTO
25H-2	600	240	42	22
30H-2	800	240	42	30
50H-2	1600	240	65	50
65H-2	2000	240	65	50
75H-2	3000	240	85	65
100H-2	4000	240	130	85

* EXISTEN PARA 600 Y 480 V.

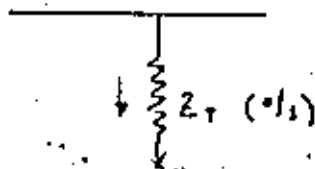
TABLA No. 2 CAPACIDAD INTERRUPTIVA DE INTS. TERMOMAGNETICOS
DIFERENTES MARCAS

FABRICANTE	MARCO Y TIPO DE INTERRUPTOR	No. DE POLOS	CAPACIDAD INTERRUPTIVA		
			240 V C.A.*		250 V C.D.
			KA SIM	KA ASIM	
O.E.	TLP-15-100 A	2	18	20	10
	THLP-15-100 A		65	75		20
O.E.	TLF-15-100 A	3	18	20	
	THLF-15-100 A		65	75	
P.P.E.	HEP-15-100 A	2	18	20	10
	HLP-15-100 A		65	75		10
P.P.E.	HEP-15-100 A	3	18	20	
	HLP-15-100 A		65	75	
W.H.	FD-15-150 A	2	18	20	10
W.H.	FD-15-150 A	3	18	20	
O.E.	TFK-70-225 A	3	25	30	
T.P.	NFJ-70-225 A	3	25	30	
W.H.	LB-175-225 A	3	25	30	

* PUEDEN EMPLEARSE PARA 480 V.C.A. Y LOS HAY PARA 600 V.C.A.

ASPECTOS PRACTICOS EN EL CALCULO DE CORTO CIRCUITO

LA MANERA MAS RAPIDA DE SABER EL ORDEN DE LAS CORRIENTES DE C. C. ES CONSIDERANDO AL SISTEMA EN "T." COMO "BUS INFINITO" Y APLICANDO LA IMPEDANCIA DEL TRANSFORMADOR.



EJEMPLO. SEA UN TRANSFORMADOR DE 500 KVA CON UNA IMPEDANCIA DEL 5% Y TENSIONES DE 13,800/480 V. ¿CUAL ES LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO ?

$$I_{\text{NOMINAL}} = \frac{\text{KVA}}{\sqrt{3} \times V_L} = \frac{500}{1.732 \times 0.48}$$

$$= 601 \text{ A.}$$

$$I_{\text{c.c.}} = \frac{I}{Z_T} \times I_{\text{NOMINAL}}$$

$$= \frac{1}{0.05} \times 601$$

$$I_{\text{c.c.}} = 12,020 \text{ A.}$$

(VALOR RMS PARA UN C.C. TRIFASICO, VALOR SIMETRICO)

EN BAJA TENSION EL FACTOR DE ASIMETRIA PUEDE CONSIDERARSE 1.

SI SE QUIERE TENER UNA IDEA SOBRE LA DEGRADACION DE LA CORRIENTE DE C. C. CON LA DISTANCIA DE LOS CABLES, PUEDEN CONSULTARSE LAS TABLAS ANEXAS.

LA REDUCCION DE LA MAGNITUD DEL C. C. ES PARTICULARMENTE IMPORTANTE PARA SABER LA CAPACIDAD INTERRUPTIVA DE LOS TABLEROS SECUNDARIOS DE DISTRIBUCION DE FUERZA Y ALUMBRADO.

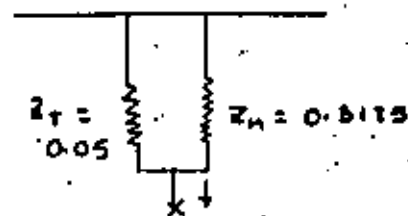
EN EL CASO DE QUE EXISTA CONTRIBUCION DE MOTORES, SE PUEDE SUMAR LA CAPACIDAD TOTAL EN H.P. DE ELLOS Y HACERLA EQUIVALENTE A VALORES EN KVA. (APROX.) LUEGO SE CONSIDERA EL 25% DE LA IMPEDANCIA EQUIVALENTE.

POR EJEMPLO, REFERIDO AL EJEMPLO ANTERIOR, SUPONGAMOS UNA CARGA DE 400 HP TOTALES. LA REACTANCIA (Y EN FORMA PRACTICA, LA IMPEDANCIA) SERIA :

$$Z_{\text{mot}} = \frac{500}{400} \times 0.25$$

$$= 0.3125 \text{ P.u.}$$

POR LO QUE EL DIAGRAMA QUEDARIA :



Y LA CORRIENTE DE FALLA SERIA :

$$I_{3\phi} = \frac{1}{0.05} + \frac{1}{0.3125} \times I_{\text{NOMINAL}}$$

$$I_{3\phi} = (23.2) \times (601)$$

$I_{3\phi} = 13,943.0 \text{ A}$

RECUERDE QUE EL CORTO CIRCUITO EN UN SISTEMA AUMENTA CONFORME -
LA CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR CRECE. NO SE OLVIDE QUE EL EQUIPO PARA
ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA ES MUCHO MAS COSTOSO.

SI OPERA LOS TRANSFORMADORES EN PARALELO, CUIDE LA MAGNITUD DEL
CORTO CIRCUITO RESULTANTE. DE PREFERENCIA, NO OPERE TRANSFORMADORES EN
PARALELO.



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

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES

PROTECCION CONTRA SOBRETENSIONES

ING. ENRIQUE OROZCO LOPEZ

SEPTIEMBRE 1982

9.1.- 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.

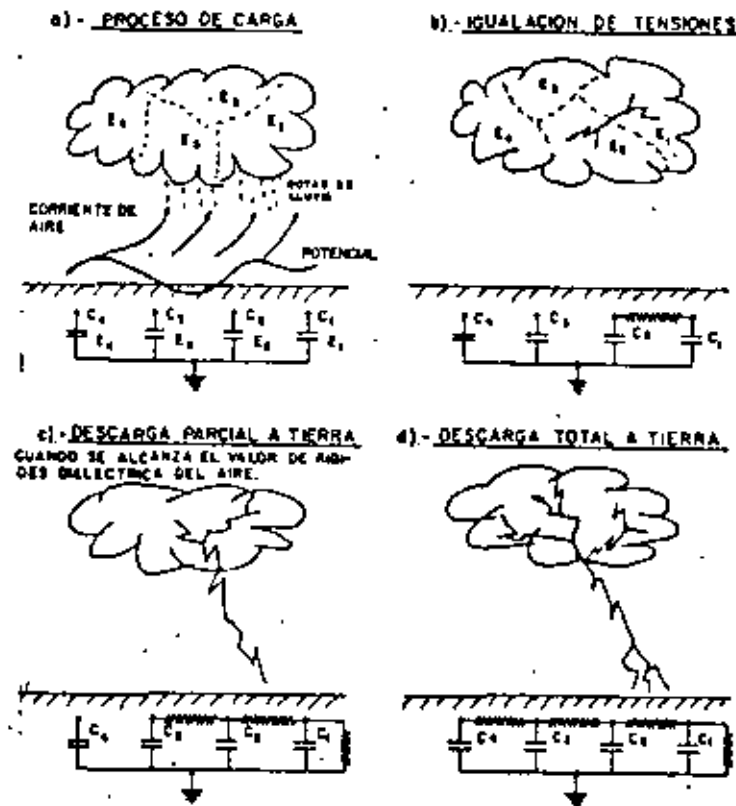
Durante el proceso de carga de una nube las partículas que la componen están separadas y por lo tanto aisladas entre ellas, así que podemos subdividir las nubes en varias regiones irregulares, cada una de ellas con un potencial y una capacitancia a tierra diferentes, estas regiones no son estables, cambian 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.

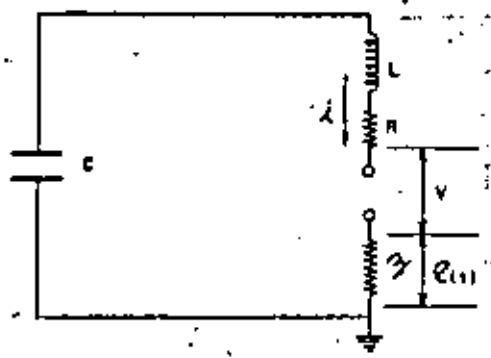
El hecho de que algunas zonas de la nube descarguen a tierra, trae como consecuencia que se altere la carga total de la nube y que la intensidad de campo eléctrico entre regiones de la nube pueda alcanzar el valor crítico de ruptura entre ellas y transfiera sus car-

gas de una región 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 fenómeno.



El circuito de descarga nube tierra simplificado lo podemos presentar 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(t)- 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:

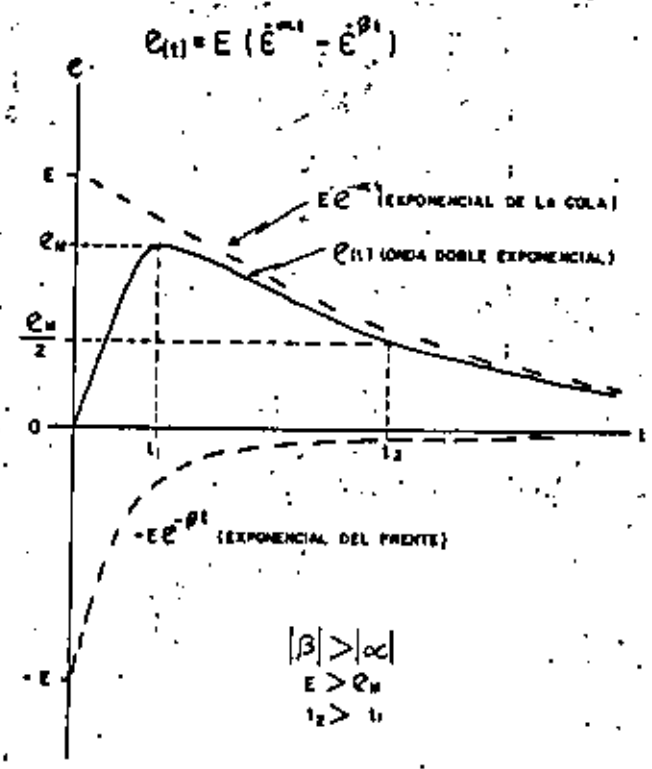
$$e_{(s)} = \frac{VZ}{L} \frac{1}{s^2 + \frac{R+Z}{L}s + \frac{1}{LC}}$$

Cuya solución en el dominio del tiempo nos da como resultado una onda doble exponencial.

$$e_{(t)} = \frac{VZ}{L(m_1 - m_2)} (e^{-m_1 t} - e^{-m_2 t})$$

$$m_{1,2} = -\frac{R+Z}{2L} \pm \sqrt{\left(\frac{R+Z}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC}}$$

$$E = \frac{VZ}{L(m_1 - m_2)}$$



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 (μ S)

t_2 - Tiempo para alcanzar el 50 % de E_m en la cola en (μ S)

La parte de la onda comprendida entre 0 y t_1 μ 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 (R_{L+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.

PROBABILIDAD %	LA DESCARGA EXCEDE EL VALOR DE
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 I_p y sabiendo que el nivel isocorúntico 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.

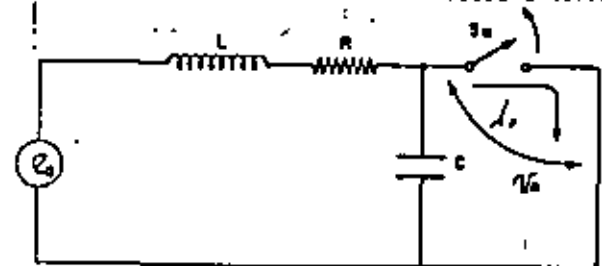
Estas sobretensiones se producen dentro de un sistema eléctrico

cuando se cambia abruptamente 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 parámetros 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:

$$E_g = E \sin \omega t \quad \text{Tensión de Generación.}$$

$$I_p = \frac{E}{j\omega L + R} \sin \omega t \quad \text{Corriente de Falla.}$$

L - Inductancia de la línea de transmisión.

R - Resistencia de la línea de transmisión.

C - Capacitancia a tierra de la línea de transmisión.

S_w - Interruptor.

V_g - Sobretensión de restablecimiento al abrir el interruptor.

El problema se plantea en el dominio de Laplace despreciando la resistencia como sigue:

$$V_{R(1)} = I_{R(1)} \cdot Z_{R(1)}$$

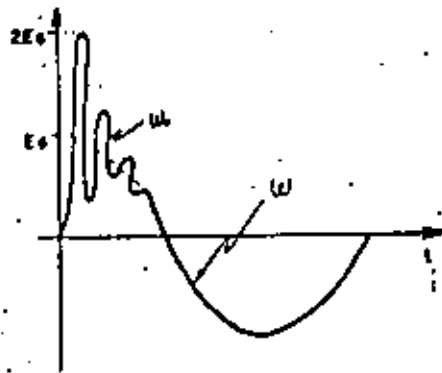
$$I_{R(1)} = \frac{E_0}{\omega L} = \frac{U}{s^2 + \omega^2}$$

$$Z_{R(1)} = \frac{sL + \frac{1}{sC}}{sL + \frac{1}{sC}} = \frac{s}{s^2 + \frac{1}{LC}}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ (frecuencia natural de resonancia del circuito).}$$

La solución de la ecuación en el dominio del tiempo es:

$$V_{R(1)} = \frac{E_0}{1 - (\frac{\omega_0}{\omega})^2} = (\cos \omega t - \cos \omega_0 t)$$



La tensión de restablecimiento se duplica $2p, \mu$ 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 B 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.

SOBRETENSIONES	FORMA	ORIGEN
Frente de Onda	Rampa. Tiempo de duración menor a $1.5 \mu s$.	Descarga atmosférica de gran magnitud, -- cortada en el frente
Onda Cortada	Trapezoid. Tiempo de duración 1.2 a $3 \mu s$.	Descarga atmosférica de mediana magnitud cortada en la cola.
Impulso de Rayo (B'L)	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 250/250	Sobretensión 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.

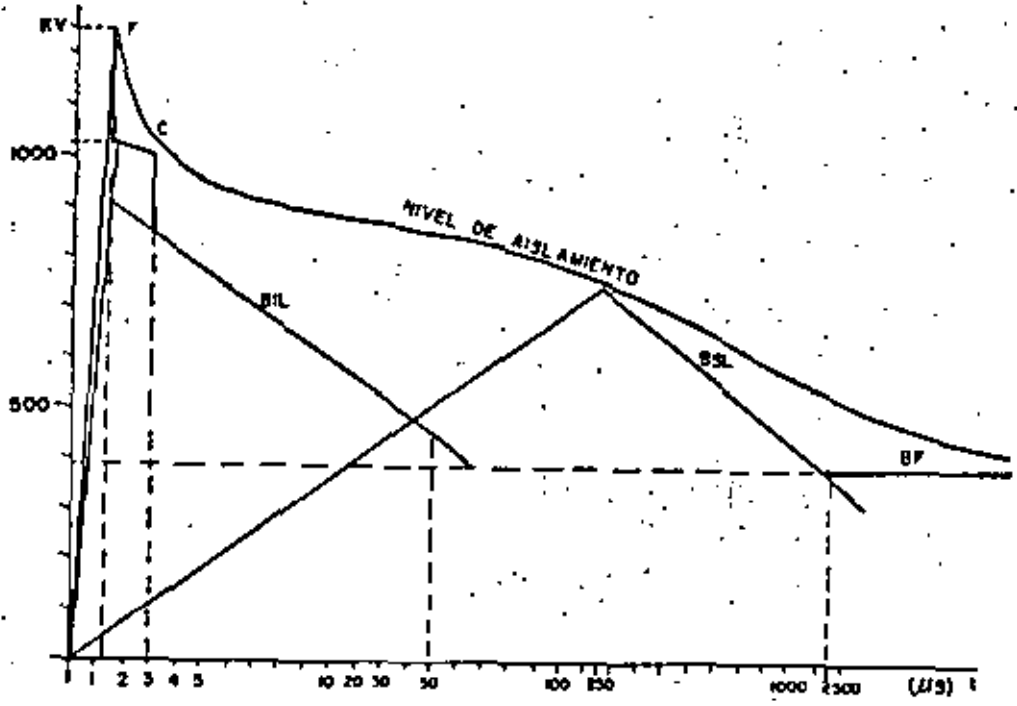
- (F) Frente de onda 1240 KV cortada en $1.2 \mu s$.
- (C) Onda cortada 1035 KV cortada en $3 \mu s$.
- (BIL) Onda completa (BIL) 900/1.2/50
- (BSL) Onda maniobra (BSL) 750/250/2500
- (BF) Baja frecuencia 395 KV a 60 Hz 1 minuto.

VOLTAGE CLASE (KV)	60 Hz, 1 MINUTO PRUEBA DE POTENCIAL APLICADO (KV)		1.2 X SOAK'S PRUEBA DE IMPULSO (KV CRESTA, ONDA COMPLETA)	
	TRANSF. DE POTENCIA EN ACEITE	TRANSF. DE DISTRIBUCION EN ACEITE	TRANSF. TIPO SECO	TRANSF. DE DISTRIBUCION EN ACEITE
1.2	14.4	14.4	5.66	45
2.4				30
2.5	21.2	21.2	14.4	60
4.16				45
4.8				25
5.0	26.9	26.9	16.9	75
7.2				60
8.32				35(65, 75)*
8.7	36.8	36.8	26.9	95
13.8				75
14.4				51
15.0	48.1	48.1	43.9	110
25.0	70.8	70.8		150
34.5	99	99		200

ANSI C37.44-1955 (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

El perfil de las sobretensiones de aguante representan el nivel de aislamiento de los devanados del transformador antes mencionado. Y graficamente se veria 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.

9.3- 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.

A.- Cuernos de Arqueo.

Consisten en dos electrodos, uno vivo y el otro aterrizado, aislados y separados entre sí 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 al 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 algún otro equipo próximo.

La distancia entre los electrodos de los cuernos de arqueo se puede estimar como sigue:

$$d = \frac{BIL}{K} = \frac{273+1}{0.3926}$$

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.

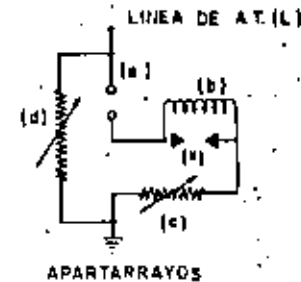
Siempre es conveniente comprobar en el laboratorio la respuesta de los cuernos de arqueo al impulso.

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 apartarrayo está constituido por:

- Un electrodo de arqueo
- Un sistema de extinción del arco
- Una resistencia serie no lineal ($I \propto K^2$)
- Una resistencia en derivación no lineal

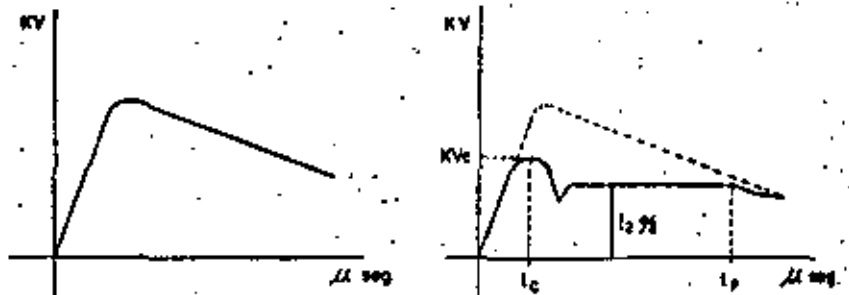


(a) Si suponemos que se aplica una onda de tensión entre la terminal L y tierra capaz de flashar los electrodos (a) la onda (e) se en algún punto y se establecerá, captará una corriente a tierra a través de la bobina (b) y la resistencia (c) cuya magnitud dependerá de la impedancia del circuito. La resistencia (c) es inversamente proporcional a la tensión aplicada, por lo que la tensión (e) original tendrá un nuevo valor $i_2 \times e_2 < e_1$. 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 (KVe) y el tiempo (t_c) dependen de la respuesta de los electrodos.

- El valor (t_c) depende de la resistencia serie no lineal.

- El tiempo final (t_f) de operación del apartarrayos depende del dispositivo de extinción del arco.

En la tabla siguiente se muestra la respuesta típica de apartarrayos autovalorables de distribución de un fabricante de EEUU.

LÍNEA A TIERRA TENSION NOMINAL	DESCARGA A 50 MF	DESCARGA ONDA 12/50	TENSION DE DESCARGA PARA UNA CORRIENTE CON FORMA DE ONDA 8/20					
			15 KA	5 KA	3 KA	10 KA	20 KA	45 KA
KV RMS	KV RMS	KV CRESTA	KV CRESTA	KV CRESTA	KV CRESTA	KV CRESTA	KV CRESTA	KV CRESTA
3	11	18	9	11	12	13	15	16
6	22	35	19	22	24	26	30	32
10	37	60	32	37	40	44	50	54
12	44	72	39	44	48	52	59	62
15	55	90	48	55	60	65	74	80
18	66	108	58	66	72	78	88	100
21	79	126	69	79	84	90	102	114

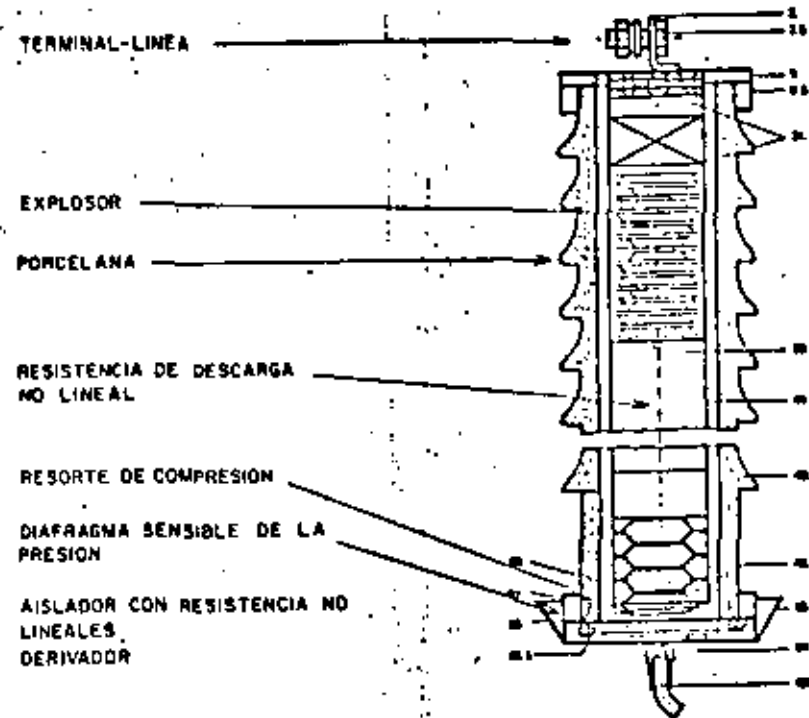


FIGURA. VISTA DE CORTE DE UN APARTARRAYOS.

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.

$$KV_{ms} = C_e KV_{LL}$$

donde:

KV_{ms} 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
 0.9 a 1.0 Para sistemas aterrizados por reactancia
 1.1 Para sistemas con neutro flotante

VER
CURVAS II

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:

$$M = \frac{BIL}{KV_{ms}(1+0.66T)}$$

CURVAS II

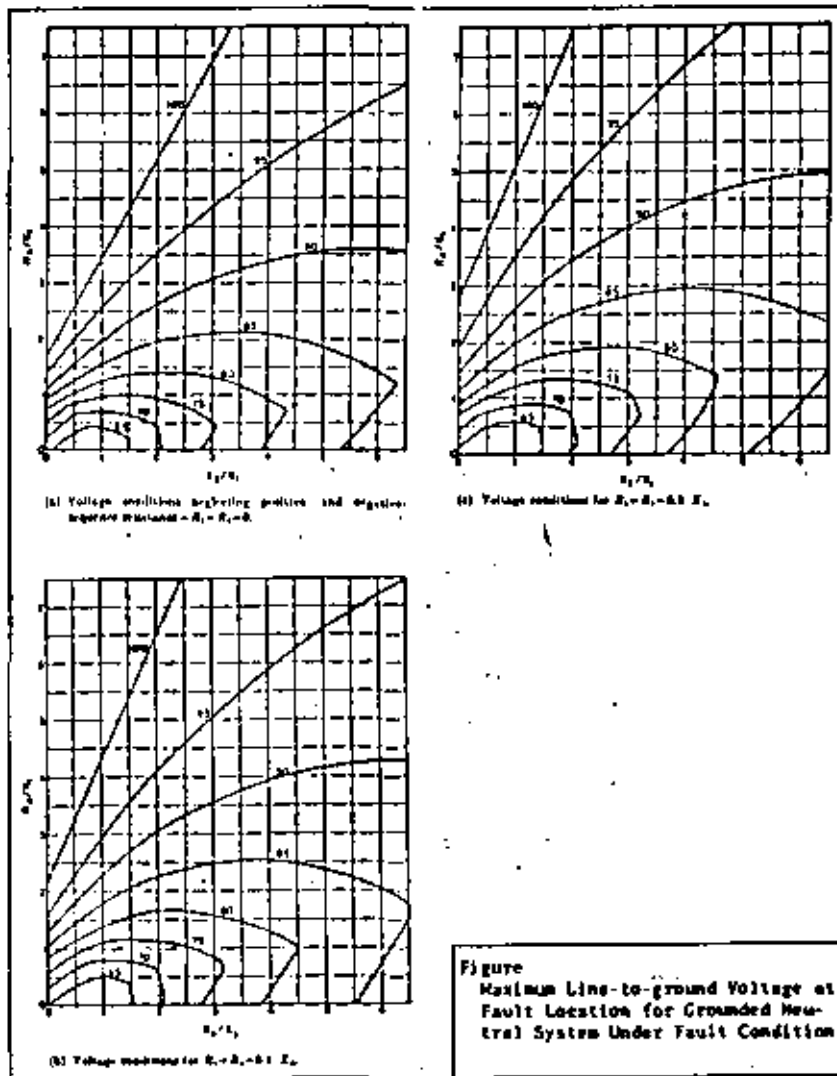


Figure
Maximum Line-to-ground Voltage at
Fault Location for Grounded Neutral
System Under Fault Condition.

En donde:

M = Margen de Protección $1.2 < M < 1.4$

BIL = Nivel básico de impulso del equipo por proteger

KV_{ap} = Tensión de cresta de respuesta del apartarrayos

KV_Ⓜ Para encontrar el margen de protección ofrecido por los electrodos del apartarrayos.

KV_Ⓝ Para encontrar el margen de protección que dan las resistencias no lineales del apartarrayos.

T = Tolerancias de respuesta de los apartarrayos.

Tolerancias

Tipo de pararrayo	Descarga al impulso onda 1.2/50	Descarga de corriente 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:

$$S = 150 \frac{KV_{ap} \text{Ⓜ}}{n}$$

En donde:

S = Distancia máxima permisible de instalación del apartarrayos con relación al aparato protegido en (m)

KV_{ap}Ⓜ = 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 apartarrayos en KV/ μ s

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 TECHNOLOGY.

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.

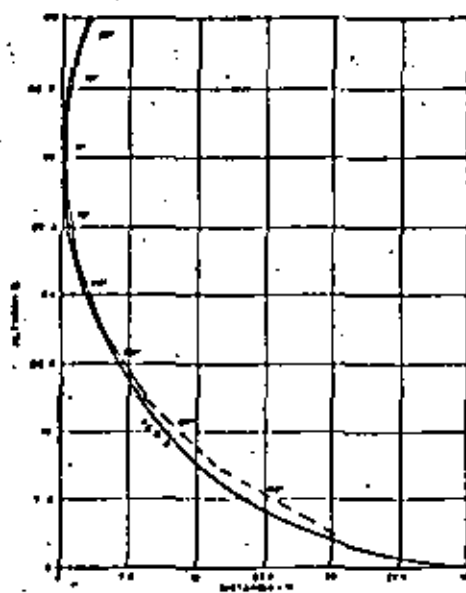
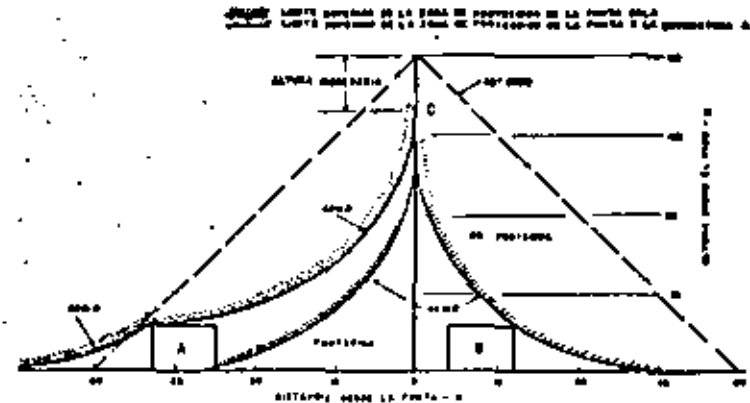


FIG. 1 GRAFICA DE LOS DATOS DE LA TABLA 1
CON UN CIRCULO INSCRITO DE 45m DE RADIO.

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 ESTÁ ARRI-
BA 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, RECIE-
BE MUY POCO 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 ESTRUCTURA 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 PARARRAYOS 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.

TABLE 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) ILUSTRAS 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.

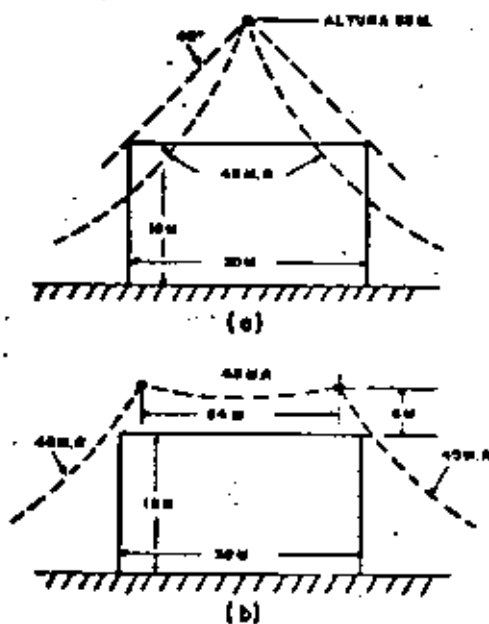


FIG. 3 PROTECCION DE UN TANQUE A) PUNTA PARARRAYOS CONSIDERANDO UN ANGULO DE 45° . INEFECTIVA.

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

SISTEMAS DE EMERGENCIA

ING. J. JOSE QUEZADA R.

SEPTIEMBRE 1982

SISTEMAS DE EMERGENCIA.

INDICE.

	PAGINA
1.- DEFINICION DE UN SISTEMA DE EMERGENCIA.....	1
2.- APLICACION DE LOS SISTEMAS DE EMERGENCIA Y SU JUSTIFICACION.....	1
2.1.- ALUMBRADO EN LUGARES PUBLICOS Y PLANTAS INDUSTRIALES.....	3
2.2.- PUESTA EN MARCHA DEL EQUIPO DE SUMINISTRO DE SERVICIOS EN PLANTAS.....	4
2.3.- TRANSPORTACION EN EDIFICIOS Y LUGARES PUBLICOS (ELEVADORES, ESCALERAS, ETC.).....	4
2.4.- SISTEMAS DE SERVICIOS VITALES EN PROCESOS INDUSTRIALES.....	5
2.4.1.- SISTEMAS DE CALEFACCION.....	5
2.4.2.- SISTEMAS DE REFRIGERACION.....	5
2.4.3.- PRODUCCION.....	6
2.5.- AIRE ACONDICIONADO.....	7
2.6.- PROTECCION CONTRA INCENDIO.....	8
2.7.- SUMINISTRO DE ENERGIA PARA SISTEMAS DE COMPUTO.....	9
2.8.- SISTEMAS DE COMUNICACION.....	11
2.9.- SISTEMAS DE SEÑALIZACION.....	11
3.- SISTEMAS TÍPICOS DE EMERGENCIA.....	12
3.1.- GENERACION POR MOTORES DE COMBUSTION INTERNA.....	14
3.1.1.- MOTORES DE PISTONES DE CUATRO TIEMPOS DE GASOLINA, DIESEL Y GAS.....	14
3.1.2.- GENERACION POR TURBINAS.....	14
3.2.- SISTEMAS DE BATERIAS.....	15
3.4.- SISTEMAS ININTERRUMPIBLES (UPS).....	17
4.- PROTECCION.....	30
4.1.- PROTECCION CONTRA SOBRECARGAS EN LOS SISTEMAS.....	30
4.2.- EQUIPO DE TRANSPERENCIA.....	30
4.3.- GENERACION.....	33
4.4.- PRIMOTOR.....	34
4.5.- SISTEMAS ININTERRUMPIBLES (UPS).....	35
4.6.- SISTEMAS DE TIERRA.....	37
5.- EVALUACION TECNICO-ECONOMICA DE UN SISTEMA DE EMERGENCIA.....	44

SISTEMA DE EMERGENCIA

1.- DEFINICION DE UN SISTEMA DE EMERGENCIA.

Un Sistema de Emergencia consiste en Equipo y Circuitos destinados a proporcionar, distribuir y controlar la Energía Eléctrica de la Iluminación y/o La Energía que requieren las maniobras cuando el Suministro Normal de Energía se interrumpe.

Los Sistemas de Emergencia generalmente se instalan en lugares de reunión de personas donde se requiere Iluminación Artificial para la Seguridad y el Control del Pánico. En Edificios sujetos a la ocupación de un gran número de personas, como son : Hoteles, Teatros, Auditorios, Estadios, Hospitales e Instituciones similares. Los Sistemas de Emergencia también pueden proporcionar Energía Eléctrica para funciones tales, como : Ventilación, cuando es necesaria para el Mantenimiento de la vida, La Detección de Fuego, Sistemas de Alarma, Los Elevadores, Las Bombas de Agua contra Incendio, Los Sistemas de Comunicación y los Procesos Industriales.

2.- APLICACION DE LOS SISTEMAS DE EMERGENCIA Y SU JUSTIFICACION.

Debido al Crecimiento y Complejidad de los Sistemas de Suministro y utilización de la Energía Eléctrica, y consecuentemente de la necesidad de una mayor Confiabilidad y Disponibilidad de la Energía. Es importante entender los principios básicos de la aplicación y selección de los Sistemas de Emergencia.

Los factores principales que determinan la aplicación de los Sistemas de Emergencia son :

A).- El hacer frente a los Reglamentos, Codigos y Leyes que regulan estas necesidades.

B).- El mantener la Seguridad y la salud de las personas presentes durante la falla de los Sistemas de Suministro.

C).- La Reducción de las pérdidas al mantener la Energía en los Procesos de Manufacturera, Computación, Servicios, Etc., Cuando el Suministro Normal de Energía Falle.

Los Puntos "B" y "C" requieren de un Estudio de Evaluación de cargas para poder determinar las necesidades particulares de cada usuario. Para tal cometido posteriormente se ofrece una guía de aplicaciones.

Los factores principales que deben considerarse en la Selección de los Sistemas de Emergencia son :

A).- Las características y la importancia relativa de las Cargas — Conectadas.

B).- Las Tolerancias en tiempo de fuera de servicio de las cargas.

C).- La facilidad de Instalación y Mantenimiento de los Sistemas. — (Incluyendo su Capacidad de Incremento).

D).- Sus Ventajas Económicas.

2.1.- Alumbrado en lugares Públicos y Plantas Industriales. La Evaluación de la Calidad y Cantidad, del Tipo y de la duración de la Energía de Emergencia para el Alumbrado, es necesaria para cada Aplicación en Particular.

2.1.1.- Alumbrado de Evaluación de Personal. El Propósito del Alumbrado de Emergencia para la evaluación es la de evitar Lesiones o Pérdidas de Vida, por lo que debe entrar automáticamente al fallar el Suministro Normal. El Alumbrado de Emergencia para la evaluación debe suministrar la suficiente Iluminación para permitir una fácil y segura salida del Área en Consideración.

2.1.2.- Alumbrado Perimetral y de seguridad. El Alumbrado Perimetral y para la Seguridad debe ser el necesario para reducir el Riesgo de Lesiones, Robos y Daños a la Propiedad. Este puede no requerirse hasta unos segundos después de ocurrida la falla. Es necesario mantener el Alumbrado Perimetral por todo el tiempo que dure la Oscuridad.

2.1.3.- Alumbrado de Respaldo para reparación del Equipo. La Iluminación para reparación debe instalarse en Areas donde sea más probable que existan fallas en el Sistema y en el Interruptor principal. Este requisito se Justifica por la necesidad de tener la suficiente luz para reparar el equipo cuyo falla causa la pérdida del Alumbrado Normal.

2.1.4.- Alumbrado para la Producción. La interrupción del Alumbrado normal puede causar serios cortes en la Producción o la pérdida total del ella. Donde no exista riesgo de la Seguridad Humana ó daños en la propiedad, la decisión de su instalación se debe basar en la Evaluación Económica de cada caso en particular. El Nivel de Iluminación debe permitir que la producción continúe ininterrumpidamente.

2.1.5.- Alumbrado para reducir riesgos al operar la maquinaria. El Operador de una máquina puede estar expuesto a un alto riesgo en los primeros segundos después de haber ocurrido la falla del Alumbrado Normal.

2.1.6.- Alumbrado Suplementario para Sistemas con Lámparas de descarga de alta intensidad. Si se utilizan lámparas de mercurio en el Sistema de Alumbrado Normal, se deben considerar lámparas incandescentes o fluorescentes para el Alumbrado de Emergencia debido a que algunas lámparas de descarga de Alta Intensidad requieren un período de enfriamiento antes de poder restablecer el arco y un período de calentamiento antes de alcanzar su completa luminosidad.

2.2.- Puesto en marcha del Equipo de Suministros de Servicios en Plantas.

2.2.1.- Introducción. Píense ¿ Que pasaría con una caldera "FRÍA" ó con una planta "MUERTA", sin Energía Eléctrica o vapor ? Esta premisa indica algunas preguntas muy importantes que deben contestarse al estar diseñando los Sistemas de Emergencia. Otras preguntas similares serían :

(1).- Un Generador de Turbina de Gas ha sido instalado pero ¿ Como puede Arrancar sin una turbina de vapor, un motor Eléctrico u otro primotor que lo lleva a su velocidad de puesta en Operación ?

(2).- Un Generador de vapor de arranque manual, pero sin aspiración mecánica de control. ¿ Cómo puede Arrancarse ?

(3).- Si los Impulsores, de vapor o Eléctricos, de las Bombas contra incendio están fuera de servicio, no pueden ofrecer mayor protección hasta que la Energía Eléctrica haya sido restablecida.

Estas declaraciones ilustran que la Energía de Emergencia para puesta en Operación es una de las consideraciones más importantes en el Diseño de una Planta.

2.3.- Transportación en Edificios y Lugares Públicos.

Elevadores.- Cuando existen dos o más elevadores en edificios de tres o más pisos, estos deben conectarse a fuentes separadas. En caso de presentarse situaciones donde se requiera energía de respaldo para todos los elevadores

es necesario poder suministrársela en 15 segundos.

Se pueden lograr ahorros de energía durante una falla conectando a la fuente la mitad de los elevadores, si se ha previsto que el tránsito de personas pueda ser desviado y la capacidad de los elevadores es la adecuada. La energía debe transferirse al transformador de respaldo un minuto después de la falla del suministro para poder desalojarlo. Una vez desalojado puede dejar de utilizarse hasta que retorne la energía normal.

Cuando el servicio de elevadores es crítico para el personal y los pacientes de un hospital, se debe tener un interruptor de transferencia automática con supervisión manual.

2.3.2.- Escaleras Eléctricas.- Las escaleras eléctricas no requieren energía de emergencia.

2.4 SISTEMAS DE SERVICIOS VITALES EN LOS PROCESOS INDUSTRIALES.

2.4.1.- Sistema de Calefacción.- Los procesos continuos de las plantas industriales necesitan con frecuencia una producción continua de vapor. Los requisitos para la producción continua de vapor son: aire suficiente para la combustión, aire para los instrumentos actuadores, suministro de agua y combustible y suministro continuo de energía eléctrica para la supervisión de la flama. La máxima interrupción de energía tolerable es: El tiempo en que la inercia de los ventiladores o equipo de bombeo puede mantener el flujo o presión del sistema por arriba de los límites mínimos.

Los procesos de calentamiento no críticos debido a necesidades inherentes de tales sistemas, pueden resistir interrupciones de energía de 5 minutos a un máximo de algunas horas.

Otros procesos de calentamiento como los utilizados en la industria textil, son de tal naturaleza que las pérdidas de calor del orden de 10 segundos, causa que el producto quede fuera de especificación. Cabe mencionar que los quemadores de gas y detectores de flama, continúan siendo sensibles a caídas de tensión del orden de 40% o mayores durante períodos de hasta un segundo o menos.

2.4.2.- Sistema de Refrigeración.- Las necesidades de refrigeración usualmente no son críticas para interrupciones de energía de minutos a algunas horas. Sin embargo, estas necesidades pueden hacerse críticas conforme dure la falla. En general puede considerarse un sistema de emergencia en:

(1) Los alimentos almacenados en restaurantes que requieren refrigeración y que puedan verse afectados si la pérdida de energía se prolonga.

(2) La producción de helados o comida congelado no puede— quedar a la mitad de su proceso, debido a que la producción puede— perderse durante la falla, o en su defecto, retrasarse.

(3) Las pruebas científicas de larga duración que requieran una continuidad para obtenerlas.

(4) Cuando en ciertos procesos químicos los aumentos de temperatura puedan causar daños severos o explosiones.

En todos estos casos se requiere que los generadores de energía sean arrancados como mínimo de manera manual y supervisados— por un sistema de alarmas que notifique a la persona responsable la pérdida de refrigeración.

2.4.3.- PRODUCCION.— La prevención de pérdidas en la producción debidas a fallas en los voltajes de suministro se justifican con la suma total de los ahorros o beneficios al no suspender la producción.

A continuación se dan algunos puntos a considerar en la aplicación de fuentes de emergencia o respaldo.

- (1) La pérdida por el pago de salarios no devengados en la producción durante el tiempo de falla.
- (2) Las pérdidas monetarias y en prestigio ante los clientes que no reciben el producto o lo reciben tarde.
- (3) Los costos de los materiales arruinados.
- (4) Tiempo perdido por el retraso en la producción.
- (5) Tiempo de restitución o puesta en marcha nuevamente del proceso productivo hasta alcanzar la que se tenía antes de la falla.

A menudo en las plantas industriales grandes, se requiere energía eléctrica confiable para:

- a) Las compresoras de aire para la energía neumática.
- b) Bombas de agua de pozos y/u otras fuentes para procesos industriales, sistemas contra incendio, maniobras del personal operativo, etc.
- c) Sistemas de suministro de combustible y aire para la combustión.

d) Sistemas de suministro de vapor

e) Sistemas de ventilación

f) Transportadores de materias primas en sus procesos de acabado.

2.5 AIRE ACONDICIONADO.

El acondicionamiento del espacio es el control del medio ambiente para mantener las condiciones estándar o alterar artificialmente los estándares del ambiente en edificios, habitaciones u otros lugares cerrados. El control del medio ambiente puede— incluir cualquiera de las siguientes variables.

- a) Temperatura
- b) Contenido de vapor
- c) Ventilación
- d) Iluminación
- e) Sonido
- f) Olor
- g) Gas
- h) Polvo
- i) Organismos.

Las cargas de aire acondicionado para el confort del personal normalmente no se consideran como críticas. Sin embargo, don de el equipo instalado es sensible a la temperatura, tal es el caso de equipos con componentes de estado sólido, el acondicionamiento de aire puede ser crítico. No se requiere una fuente ininterrumpible para este propósito debido a que la pérdida de energía no causa cambios instantáneos de temperatura. A menudo la energía necesaria para el acondicionamiento ambiental, es importante para definir los requisitos de potencia de las fuentes de emergencia y el usuario debe evaluar hasta sus últimas consecuencias la pérdida de energía.

Ejemplos donde el acondicionamiento de aire puede justificarse son los siguientes:

(1) En las instalaciones de comercio o laboratorios de horticultura con un ciclo programado de temperatura, humedad e iluminación para obtener el rendimiento de la cosecha o los resultados deseables de experimentación.

(2) Donde los cambios de temperatura e iluminación de los ciclos establecidos pueden inducir periodos de reproducción no esperados como en el caso de la industria avícola.

(3) Los criaderos de animales tropicales que requieren control de temperatura, ventilación, humedad e iluminación especiales.

(4) Las operaciones finales y empaquetamiento de material susceptible de contaminación en "cuartos limpios"; donde la interrupción de energía para la producción industrial o bien la operación del equipo de control de contaminación, se pueden ver afectados y provocar salida del personal.

(5) En las construcciones sin ventanas o en cuartos donde pueda haber peligro para los ocupantes durante una falla prolongada.

2.6.- PROTECCION CONTRA INCENDIO.

Existen normas, reglamentos y leyes que regulan los usos de los sistemas de emergencia para sistemas contra incendio. Pero la más real es la de abolir un fuego destructivo bajo el hecho de que el fuego que empiece pueda ser confinado en el área con un mínimo de daños al personal y la propiedad. En tales casos los conocimientos de los jefes de planta respecto a los riesgos y facilidades que ofrecen los procesos y distintas áreas a los incendios; puede ser de gran ayuda a fin de reducir las probabilidades de fuego y la extensión de los daños.

Las necesidades eléctricas específicas de los sistemas contra incendio podrían resumirse como sigue:

(1) Energía Eléctrica (generalmente baterías) para poder arrancar los sistemas de control de las bombas.

(2) Sistemas de alarma y rociadores de flujo.

(3) Energía para los sistemas de comunicación a fin de notificar a los departamentos implicados con los incendios (bomberos, auxilios médicos, policía, etc.), como guías de asistencia en estos siniestros.

(4) Iluminación para facilitar las actividades, en los edificios y áreas circundantes durante el incendio.

(5) Energía para las bombas de pozos o tanques de agua.

(6) Compresores de aire asociados con tanques de agua a presión para sistemas contra incendio del tipo hidroneumático.

(7) Comunicación para desalojo del lugar. (altavoces)

(8) Detectores de fuego, gases, calor o humo.

(9) Alarmas.

(10) Válvulas de diluvio.

(11) Computeras, puertas, etc, operadas eléctricamente.

Un conato de incendio casi siempre garantiza el inicio del paro de actividades en el lugar en que se presente y es por esto que los requerimientos de energía son obviamente críticos especialmente en los circuitos de los sistemas contra incendio y en las vitales comunicaciones para la seguridad de las personas. Por estas razones se hace indispensable el considerar las demandas de energía bajo un sistema de emergencia.

2.7.- SUMINISTRO DE ENERGIA PARA SISTEMAS DE COMPUTO.

Computadoras, equipos de procesamiento de datos, bancos de memoria de datos y una variedad de modernos equipos de estado sólido son sensibles a mínimas variaciones de voltaje y frecuencia. Estos sistemas requieren de un suministro continuo de energía; usualmente esta se satisface mediante una fuente de emergencia en el caso de que la alimentación normal falle.

Para satisfacer las necesidades de los sistemas de cómputo, se dispone de una amplia variedad de equipo como son:

Aisladores de ruido. - Son dispositivos que emplean técnicas de aislamiento para suprimir el ruido en la línea.

Reguladores de C.A. - Son esencialmente reguladores de tensión diseñados para proporcionar una baja distorsión y una rápida respuesta en la salida.

Centros de Distribución de Energía. - Son consolas modulares que centralizan la energía y el control del equipo del centro de cómputo. Pueden incluir uno o más acondicionadores de línea. Estos centros están usualmente provistos con un cable principal de entrada y llevan paneles de protección, monitores, interruptores y cables de salida.

Las unidades están normalmente construidas en una configuración modular y el rango de capacidades es desde pequeñas unidades portátiles de aproximadamente 1 KVA hasta unidades de 100 a 125 KVA.

Sistema Ininterrumpible de Energía (UPS). - Están construidos en módulos y son de capacidad limitada, generalmente entre los 200 VA hasta 500 KVA. Durante interrupciones del suministro de energía son capaces de proporcionar continuidad generalmente 15 minutos dependiendo de la carga conectada. La capacidad debe ser determinada en función del tiempo en que se requiera y la demanda del equipo que alimente.

Un equipo de esta naturaleza deberá proporcionar e-

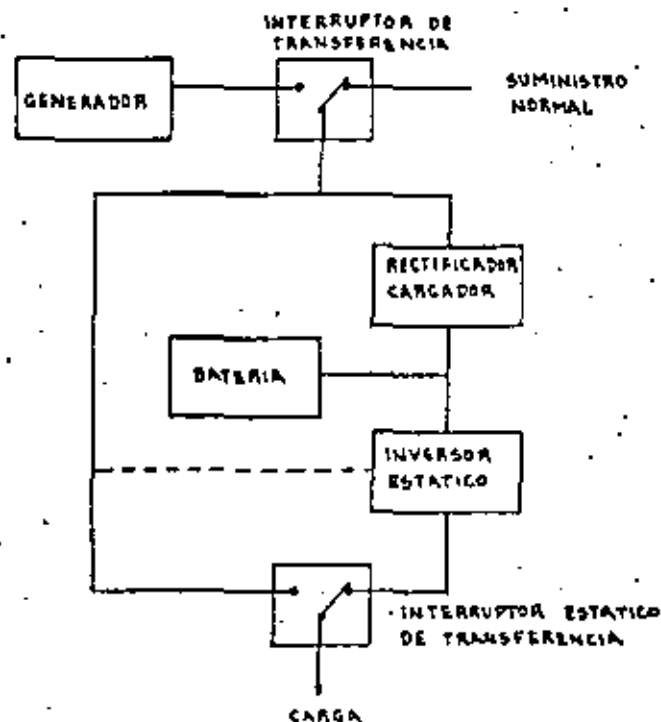


FIG. 2.7-1 DIAGRAMA UPS (UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY). EL SISTEMA ININTERRUPTIBLE DE ENERGIA ASEGURA EL SUMINISTRO CONTINUO DE ENERGIA A COMPUTADORAS Y A OTRAS CARGAS CRITICAS.

nergía de manera ininterrumpida a computadoras y otras cargas críticas sin afectar el funcionamiento normal de estos equipos. El funcionamiento y arreglos principales se tratan en el inciso 3.4 del presente trabajo.

2.8.- SISTEMAS DE COMUNICACION.

Los sistemas de comunicación son aquellos medios que requieren energía para la transmisión y/o recepción de información verbal, escrita o de producción de imágenes. Los sistemas más comunes de este tipo son:

- (1) Teléfonos
- (2) Teletipos
- (3) Radio
- (4) Televisión

Las necesidades de uno o de todos los sistemas de comunicación arriba enlistados, durante una falla de energía pueden justificar el costo del sistema de energía de emergencia. La necesidad de un sistema de emergencia para las comunicaciones es indispensable cuando se dan respuestas satisfactorias a las siguientes preguntas:

- (1) ¿ Se necesita un equipo de comunicación para:
 - (a) Dar órdenes para salidas de procesos o equipos.
 - (b) Para pedir ayuda, advertir y coordinar las maniobras en caso de fuego, disturbios, vandalismo u otras tareas para seguridad del personal de la planta.
- (2) ¿ Como pueden enviarse o recibirse mensajes vitales a una planta remota concierntes a la producción,
- (3) ¿ Como puede encontrarse a la persona clave, o darle instrucciones? ¿ Como ese personal reporta las condiciones a la central de control responsable?.

Muchas preguntas mas pueden hacerse acerca del mantenimiento de las comunicaciones en condiciones de emergencia, las cuales pueden ahorrar tiempos vitales y acelerar el retorno a las condiciones normales con un mínimo de confusión.

2.9.- SISTEMAS DE SEÑALIZACION

Los circuitos de señalización en comercios e industrias que requieren energía continua en menos de 1 minuto después de ocurrida la falla de suministro son:

- (4) Señales en puertas (de áreas de restricción como son las de calderas, laboratorios, etc., con cerraduras eléctricas).
- (5) Indicadores remotos y locales de niveles de líquidos, de presión, de temperatura, etc.)

Muchos de los circuitos de señalización operan con caídas de voltaje de hasta un 70%, por lo tanto no requieren de relevadores especiales para su transferencia. Es recomendable que una fuente de energía suministre energía a todas las alarmas contra incendios y a los sistemas de seguridad.

3.- SISTEMAS TÍPICOS DE EMERGENCIA.

Los sistemas eléctricos de emergencia son de dos tipos básicos: (1) una fuente de energía eléctrica separada de la fuente primaria operando en paralelo con el suministro, mantiene la energía de los cargas en emergencia o críticas cuando la fuente primaria falla ó (2) una fuente de energía confiable en la cual los cargas críticas son rápida y automáticamente transferidas en el momento de la falla. (ver Figs. 3.0.1 y 3.0.2).

Los sistemas de emergencia se caracterizan por su rápida disponibilidad de energía eléctrica, pero esta es generalmente limitada, y se distribuye en circuitos separados. Existen además sistemas que cuentan con otro de respaldo, sobre todo en los casos en que los tiempos de interrupción del suministro son muy prolongados. Esto es especialmente recomendable sobre todo en lugares muy aislados y con una alimentación radial de la compañía de suministro eléctrico.

Los sistemas de emergencia constan en general, de los siguientes componentes principales:

- (1) Una fuente de energía eléctrica confiable y separada de la fuente primaria o principal.
- (2) Un control de arranque y regulación en caso de seleccionarse como fuente de respaldo en un conjunto de generación propio e instalado en el lugar donde se va a utilizar.
- (3) Controles que transfieran la carga de la fuente de emergencia a la primaria y viceversa.

El equipo de generación propio generalmente está formado por un generador de C.A. impulsado por un primotor, el cual puede ser una máquina de combustión interna o una turbina de gas o vapor.

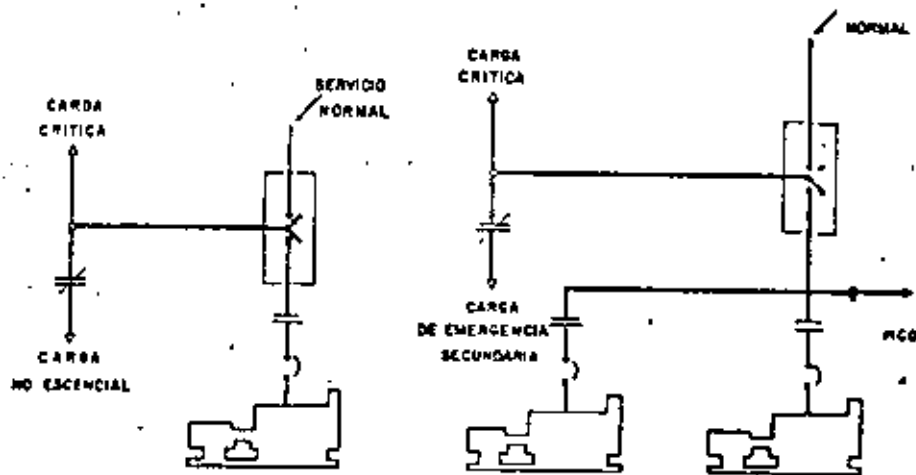


FIG-3.0-1

FIG-3.0-2

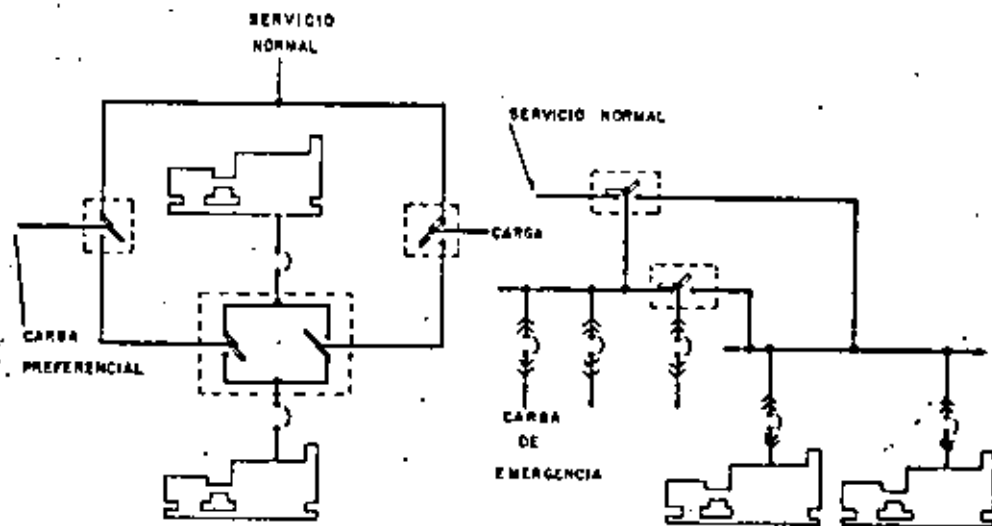


FIG.-3.0-3

FIG.-3.0-4

3.3.- SISTEMAS DE BATERIAS.

3.1.- Generación por Motores de Combustión Interna.- El conjunto motor-generador acoplados a motores de combustión interna se fabrican desde 1 KVA hasta 1,000 KVA y pueden ser paralelados para proporcionar gran capacidad de energía. Regularmente son de motores de cuatro tiempos con combustibles de gasolina, diesel o gas.

Los motores de gasolina son satisfactorios para instalaciones pequeñas hasta 150 KVA. Arrancan rápidamente y tienen bajos costos iniciales. Sus desventajas son: altos costos de operación, grandes peligros asociados con el almacenamiento y manejo de gasolina y su necesidad de inspección y mantenimiento frecuente.

Los motores de gas natural y licuado de petróleo (L.P.),- tienen los mismos costos que los de gasolina aproximadamente y están disponibles hasta capacidades de 600 KVA. Pueden arrancar rápidamente después de un período prolongado de paro, debido a su combustible limpio. La vida del motor es más alta y requieren menos mantenimiento que el de gasolina.

Los motores diesel son un poco más costosos pero a la vez más robustos y confiables. El costo del combustible es menor y el peligro de explosión o incendio es muy reducido, en relación al de gasolina.

3.1.2.- Generación por Turbinas.- Las turbinas de gas empiezan a tener una mayor aceptación como como primotrices para unidades de soporte de energía. Son considerablemente más pequeñas y ligeras que los motores de pistones de potencia equivalente. No requieren agua para su enfriamiento, están virtualmente libres de vibraciones y pueden responder rápidamente a los cambios de carga. Su arranque puede ser automático o manual (por un motor eléctrico energizado por baterías ó bien por un sistema de aire comprimido ó por un pequeño motor diesel).

Las turbinas de gas impulsoras de los generadores tardan de 40 segundos a varios minutos en poder tomar carga y se utilizan cuando se necesita energía por varias horas o días. Una alta temperatura de aire en la entrada así como la altitud a la que operen, puede reducir sustancialmente la potencia de salida y con esto su eficiencia; razón por la cual se deben de tomar en cuenta estas limitaciones al hacer el balance de las diferentes opciones de compra.

La batería es la fuente más confiable para situaciones de emergencia o respaldo y aplicada con otros equipos puede aún configurarse un sistema superior. Las baterías se instalan mediante conexiones en serie de celdas individuales para alcanzar los voltajes requeridos.

Existen básicamente dos tipos de baterías: las baterías de ácido-plomo y las de níquel cadmio (alcalinas). Las ácidas son más económicas que las alcalinas en su costo inicial, sin embargo este ahorro de capital puede ser compensado en las alcalinas debido a que tienen mayor vida, son de construcción más robusta y requieren menos mantenimiento, sin embargo, esto puede ser rebatido por la necesidad de ocupar más celdas alcalinas con 1.2 v/celda contra 2v/celda de las ácidas.

El número de celdas en una batería de un sistema específico es función del voltaje disponible para cargar la batería y del nivel requerido en el voltaje al final del período de descarga. Estos parámetros se ilustran en la tabla 3.2.1 siguiente.

Tabla 3.2.1.- Número de Celdas para Diversos Voltajes.

Voltaje nominal.....120	48	24	12
Número de celdas (ácidas)	60	24	12
Número de celdas (alcalinas).....	92	37	19
Voltaje de recarga... 143	58	30	15.5
Voltaje de flotación. 129	51	26	13
Voltaje final..... 105	42	21	10.5

Ciclo de recarga/igualación/descarga.- En las baterías ácidas, aún sin descargarlas externamente el voltaje de las celdas tiende a bajar al mínimo en aproximadamente 60 a 90 días. Este bajo voltaje de celdas hace necesario un incremento del 10% al voltaje nominal durante 25 o 30 horas. Las baterías alcalinas tienen menos descargas "propinas", ya que si no son descargadas por circuitos externos, mantienen 1.2 v/celda por muchos meses. Ambos tipos de baterías necesitan aproximadamente el 110 % de su voltaje nominal para poder llegar al estado de carga completa.

Para dimensionar apropiadamente cualquier batería su ciclo de trabajo debe contemplarse en base a:

- (1) La cantidad de amperes-hora que entrega.
- (2) El tiempo que se requiere para la descarga, esto es, el tiempo que durará conectada en condición de emergencia.

- (3) El voltaje final del ciclo de descarga.
- (4) La temperatura de operación.
- (5) La secuencia de conexión de cargas.

Las dimensiones de la batería, en cuanto a capacidad se refiere, deberá ser la adecuada para soportar la carga crítica hasta que pueda ser retirada o desconectada ordenadamente o bien hasta que la energía retorne a una fuente de respaldo pueda ser arrancada y conectada.

Su aplicación se ha extendido mucho en sistemas de comunicación, alumbrados de emergencia, arranque y alarmas de sistemas contra incendio, maniobras de operación en interruptores de potencia en subestaciones eléctricas y arranque de los motores de plantas de emergencia.

3.4 SISTEMAS NO INTERRUPTIBLES(UPS).

El desarrollo tecnológico que la electrónica ha tenido en los últimos años, permite disponer en la actualidad de equipos de suministro de energía eléctrica en base a componentes de estado sólido (transistores, circuitos integrados, tiristores de potencia, etc).- En México ya tienen aplicación en sistemas de emergencia y en muchos casos como suministro de energía continua. Su utilización se ha generalizado en sistemas de cómputo, comunicaciones, funciones de control que sean críticas y apoyo en sistemas de soporte de la vida en hospitales.

3.4.1.- DESCRIPCION BASICA DE SUS COMPONENTES.- El sistema no interrumpible se ilustra en el diagrama unifilar de la Fig. 3.4.1 y consiste básicamente de:

1.- Rectificador.- Convierte la corriente alterna proveniente de la línea en energía de corriente directa para mantener la alimentación de plena carga del inversor(3) y la corriente de flujación de la batería (4).

2.- Barras Colectoras de Corriente Directa.- Interconectan los terminales de suministro de corriente directa del rectificador (1) a la batería (4) así como la alimentación del inversor(3).

3.- Inversor.- Convierte la energía de corriente directa proveniente del rectificador o de la batería en energía de corriente alterna mediante el empleo de puentes inversores electrónicos a base de tiristores de potencia y filtros capacitivo-inductivos.

4.- Batería.- Proporciona energía de corriente directa al inversor durante los tiempos de falla del suministro principal - de la línea de alimentación, o bien, si fuera el caso, durante las fallas que se presentan en el rectificador(1).

5.- Interruptor estático.- Bajo condiciones de falla en el inversor(3), transfiere la energía eléctrica del UPS a la línea de alimentación con la que está permanentemente sincronizada. El tiempo que emplea es prácticamente instantáneo (5 a 10 mseg.); con lo cual no se ve afectada la operación del equipo crítico de la carga.

6.- Interruptor de "bypass".- Cierra en forma automática después de que la carga crítica ha sido transferida del sistema no interrumpible a la línea por el interruptor estático, sustituyendo a este último de manera permanente.

3.4.2.-FUNCIONAMIENTO DE UN EQUIPO NO INTERRUPTIBLE.

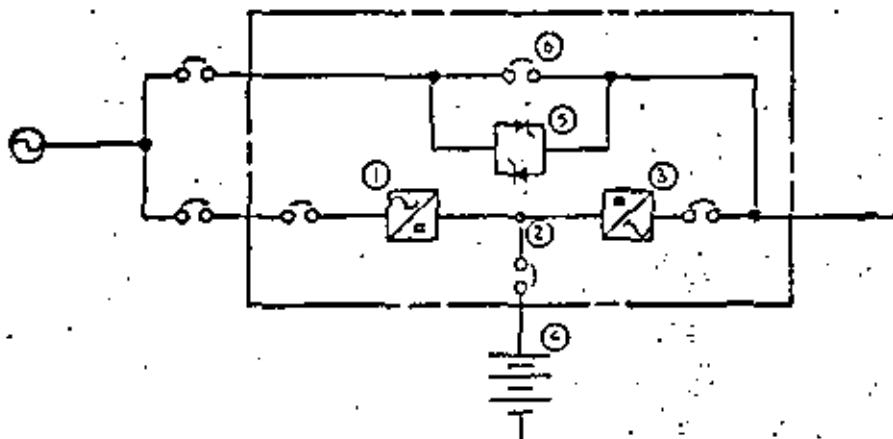


FIGURA 3.4.1

Operación Normal.- Durante la operación del equipo no interrumpible, la corriente alterna proveniente de la línea alimenta al rectificador para convertirla en corriente directa; esta es aplicada al inversor electrónico el cual mediante el empleo de tiristores y filtros capacitivo-inductivos; convierte la energía de corriente directa en energía de corriente alterna que es proporcionada a la carga crítica. Una pequeña parte de la energía es utilizada para mantener en flotación la batería. Bajo esta condición de operación, el equipo no interrumpible actúa como un excelente regulador de energía de corriente alterna, amortiguando considerablemente las sobretensiones producidas en la línea de suministro por las maniobras de apertura y cierre de interruptores ("switches"); así como transitorios de rayos en líneas de alta tensión que puedan afectar el voltaje secundario de los transformadores de alimentación principal. (ver Fig. 3.4.2).

Operación con Batería.- La Fig. 3.4.) ilustra la condición de falla de alimentación de C.A. en la línea. Cuando esto ocurre, el rectificador entra en una condición de apagado y por lo tanto se desconecta, la batería proporciona entonces la energía que requiere el inversor para seguir alimentando la carga crítica, quedando el control de frecuencia a cargo de un oscilador local a base de cristal, perdiéndose así la función de sincronismo con la línea en virtud de no tener potencial en la alimentación. Cabe mencionar que en ningún momento se pierde el flujo de energía hacia la carga debido a que la batería está permanentemente conectada a las barras colectoras de corriente directa.

El tiempo de alimentación de energía que regularmente se prevé para la batería, es del orden de 15 minutos, aunque si se requiere, puede hacerse el diseño para que soporte tiempos mayores; pero esto implica por supuesto mayor costo. Existen alarmas de bajo voltaje cuando la energía de la batería está siendo cedida a la carga y de continuarse la demanda, entonces se efectúa un disparo automático del sistema, por esta razón, entre otras, es necesario estimar el tiempo requerido para salvaguardar los sistemas de la carga crítica conectada al equipo no interrumpible.

Operación de Recarga de Batería.- Si antes de que se presente el disparo del sistema por bajo voltaje en la batería se restituye la alimentación de C.A.; el rectificador se conecta automáticamente y proporciona una corriente para mantener la operación del inversor y otra para reemplazar la energía cedida por la batería durante el tiempo que duró la falla en la línea. El rectificador es diseñado para soportar la corriente total que demandan el inversor y la batería. (ver Fig. 3.4.4).

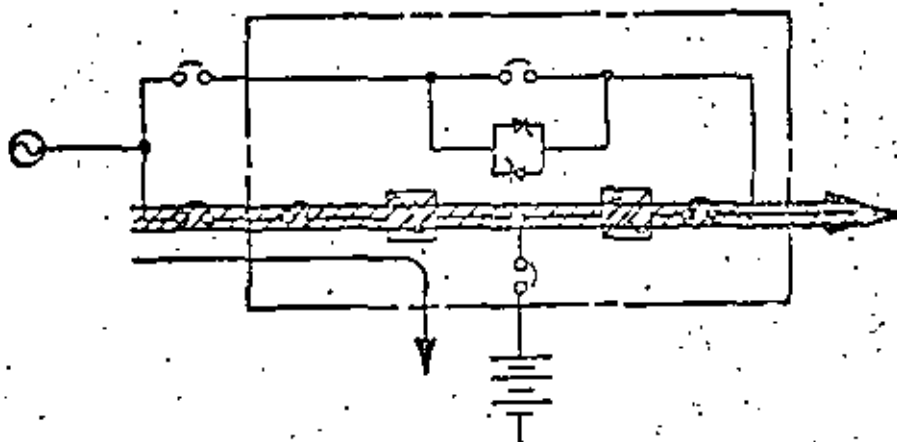


FIGURA 3.4.2

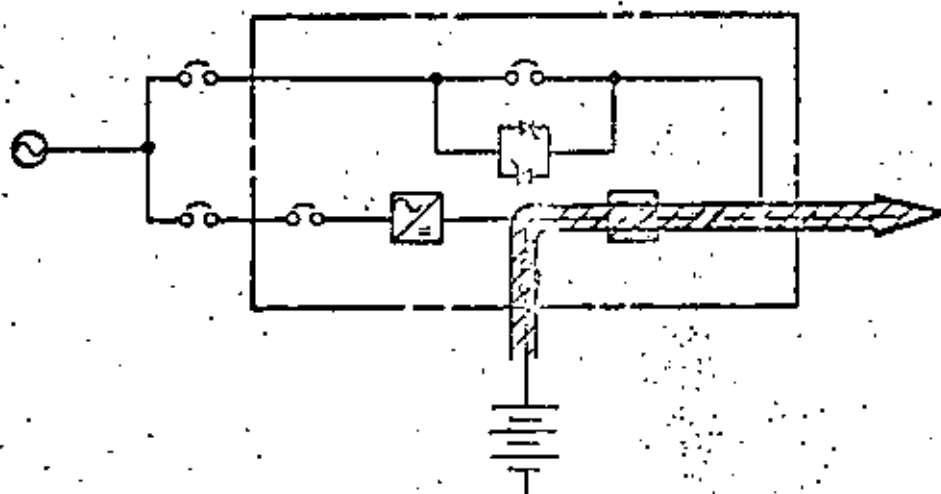


FIGURA 3.4.3.

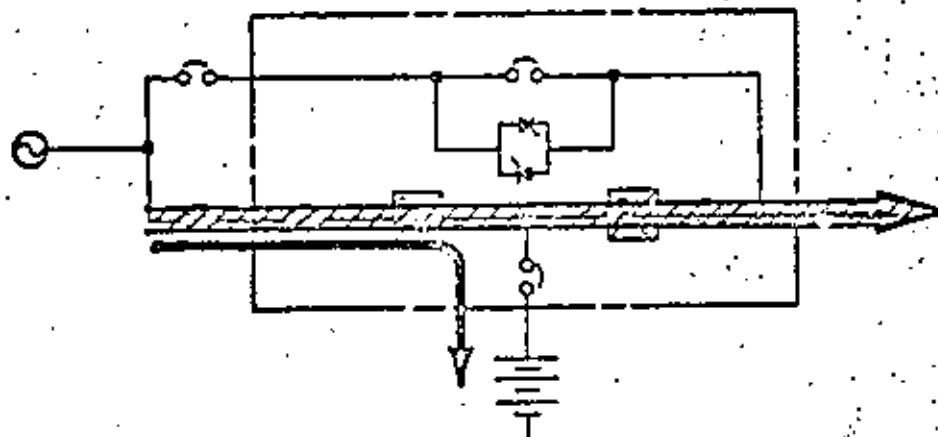


FIGURA 3.4.4

Operación de Transferencia a la Línea.— El equipo no interrumpible puede ser transferido a la fuente de alimentación cuando ocurre una sobrecarga del inversor o bien cuando exista falla en el mismo. Bajo cualquiera de estas dos condiciones se genera una señal de comando sobre el interruptor de salida del inversor, sobre el interruptor estático y sobre el interruptor de "bypass". Estos tres elementos tienen tiempos de operación diferentes y ocurren en tres diferentes pasos que se ilustran en la Fig. 3.4.5 a, b y c.

El más rápido de estos elementos es el interruptor crítico que consiste en 3 interruptores de estado sólido (tiristores), uno por cada fase. La conducción se inicia aproximadamente 1/4 de ciclo después de haber recibido la señal de disparo en las compuertas de los tiristores, quedando así conectada la carga, tanto al equipo no interrumpible como a la línea.

Aproximadamente 2 ó 3 ciclos después se abre el interruptor de salida del inversor y la carga es ahora soportada por la línea a través del interruptor estático.

El paso final de la secuencia de transferencia se efectúa aproximadamente entre los 8 y 10 ciclos, cuando el interruptor de "bypass" cierra y "puentea" la corriente que circulaba a través del interruptor estático.

La secuencia descrita anteriormente es comúnmente conocida como "make-before-break", cuya interpretación en este caso sería la de "conectar-antes de-desconectar", refiriéndose a conectar la línea antes de desconectar el equipo no interrumpible, haciéndose la transferencia sin ocasionar trastornos a la carga crítica.

Transferencia de la Línea al Equipo no Interrumpible.— (referido a la Fig. 3.4.6). Para transferir la carga de la línea de alimentación al equipo no interrumpible, se cierra el interruptor de salida del inversor quedando así conectada la carga a través del interruptor de "bypass" en paralelo. Cuando el equipo no interrumpible soporta la mayor parte de la carga se abre el interruptor de "bypass" separándose así la línea. El tiempo que dura esta transferencia es de aproximadamente 1/2 segundo y aquí también se establece una vez más el modo de operación "make-before-break".

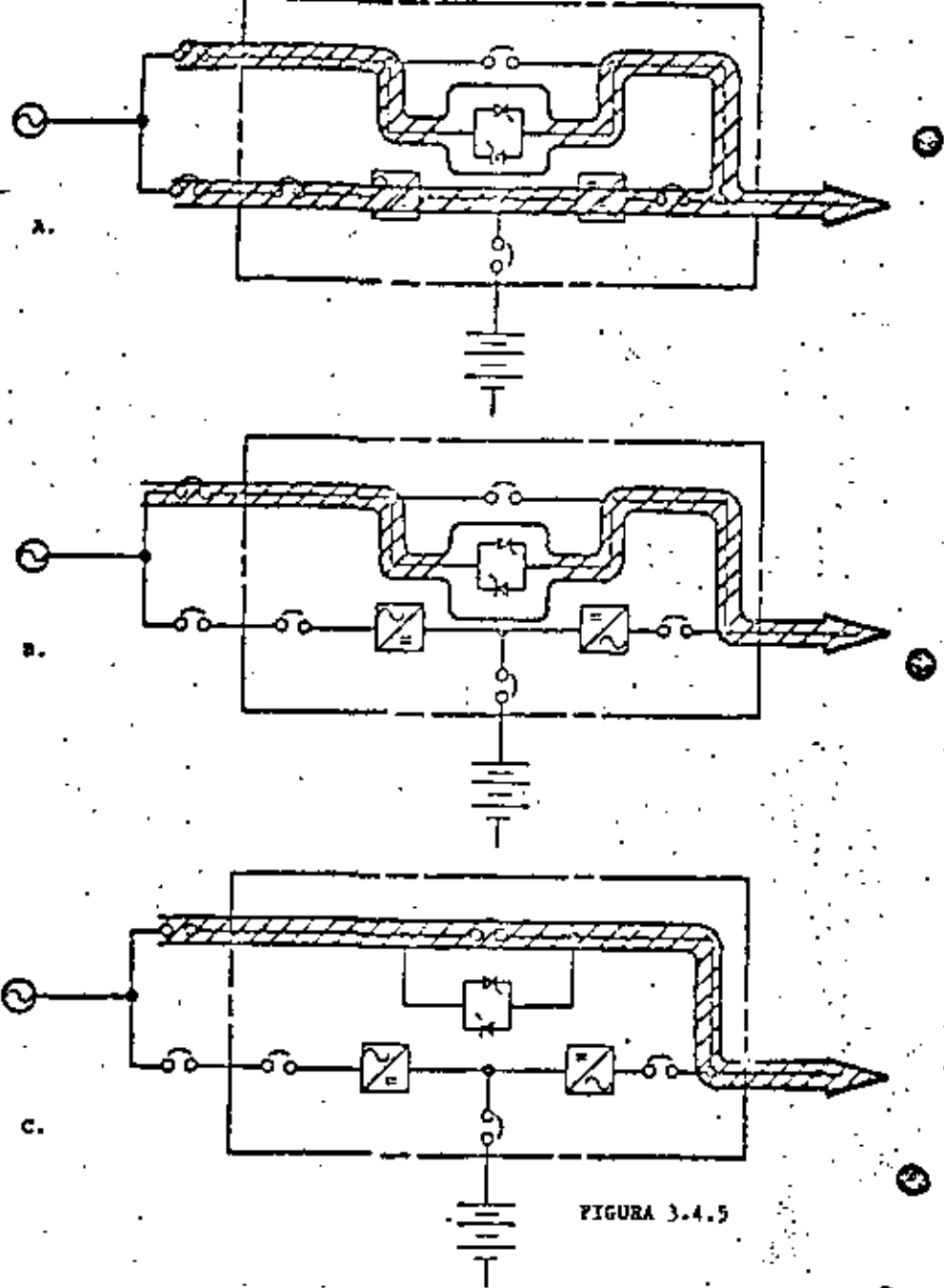


FIGURA 3.4.5

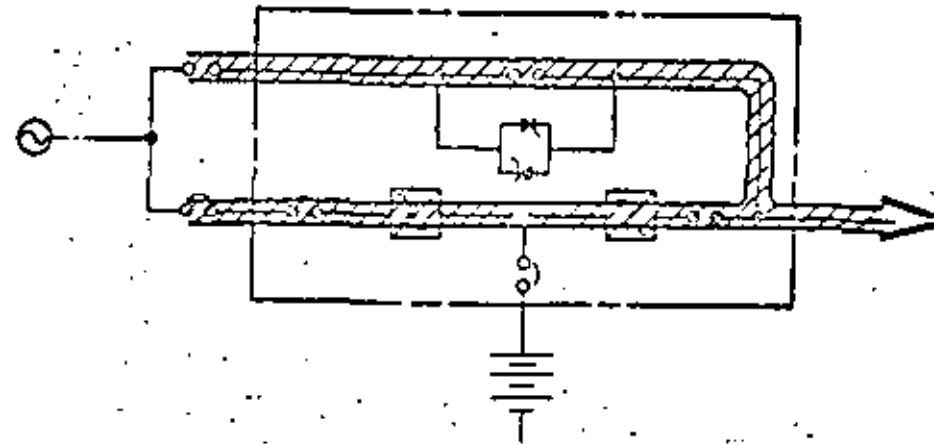


FIGURA 3.4.6

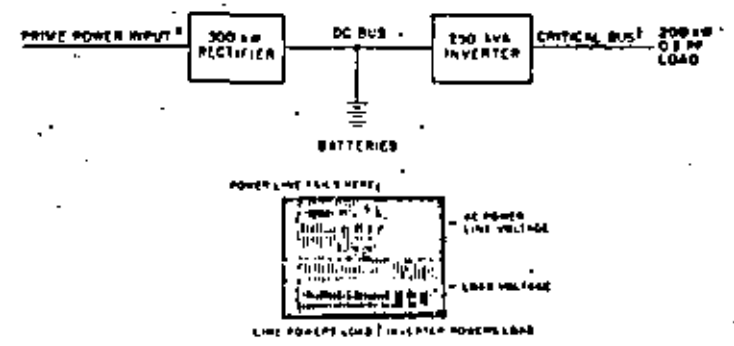


FIG. 3.4.7.- SISTEMA NO REDUNDANTE.

3.4.3.- CONFIGURACIONES TÍPICAS DE EQUIPOS NO INTERRUPTIBLES

Existen diferentes y variadas configuraciones de -- equipos no interruptibles, los que a continuación se explican con algunos de los más usuales. Es importante mencionar que la aplicación de ellos dependerá fundamentalmente de las condiciones técnico-económicas que en cada caso prevalezcan.

Sistema No Redundante. - La configuración básica consiste en un solo rectificador, una batería y un inversor operando continuamente en la línea de alimentación de C.A. Se fabrican en potencias que van desde los 250 VA hasta 500 KVA. El diagrama unifilar se ilustra en la Fig. 3.4.7. El sistema rectifica la C.A. y suministra al inversor manteniendo en flotación la batería. No se cuenta con opción de transferencia de ningún tipo y solo se depende del tiempo que duren las baterías para alimentar la carga crítica durante fallas de la línea. En caso de ser breves las fallas (generalmente menor a 15 min.) el rectificador restituye la carga de las baterías.

El sistema proporciona además:

- (1) Energía eléctrica ininterrumpible.
- (2) Bajo mantenimiento debido a no existir partes en movimiento.
- (3) Buena eficiencia en la conversión de energía mediante el empleo de componentes de estado sólido.

La disponibilidad del equipo del sistema para el servicio normal es generalmente alta y puede ser calculada mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$A = \frac{TFP}{TFP + TFR}$$

Donde:

- A= Disponibilidad del equipo
TFP= Tiempo promedio entre fallas (horas o días)
TFR= Tiempo promedio de reparación (horas o días).

El sistema tiene la ventaja de ser muy simple y de bajo costo y como desventaja; el quedar totalmente fuera cuando su inversor falla. Su selección dependerá fundamentalmente del aspecto económico y del tiempo permitido para permanecer con la carga crítica fuera de servicio en caso de falla.

Este último inconveniente se supera si se incluye un interruptor estático para efectuar la transferencia de carga a la línea; realizándose de acuerdo al esquema que se explicó en el in-

ciso 3.4.2 anterior; aclarando que, de seleccionarse este arreglo, se deberá estar seguro que la fuente de alimentación tenga características de muy buena estabilidad en voltaje y tensión con el fin de poder efectuar una transferencia satisfactoria. La inclusión del interruptor estático incrementa el costo aproximadamente en un 10.5% respecto al sistema no redundante.

Sistema Redundante. - La figura 3.4.8 muestra un sistema con dos unidades no interruptibles operando en paralelo redundante. Cada una de las unidades deberá ser seleccionada a la capacidad total de la carga crítica con el fin de que en caso de falla de uno de ellos, el otro pueda sustituirlo sin afectación al equipo conectado en la salida del sistema. Es posible agregar más unidades pero siempre con salvando el criterio de que cuando falle uno de ellos el resto pueda tomar la carga total. Usualmente se duplican los circuitos del rectificador, inversor, control de frecuencia e interruptores de salida, no siendo necesario hacer lo mismo con las baterías; sin embargo, el arreglo permite tener una mayor disponibilidad del sistema y obviamente mejores condiciones de operación respecto al no redundante.

La redundancia del sistema consiste básicamente en tener el menor número de equipos en paralelo para soportar los requerimientos de la carga crítica más uno adicional para tener la redundancia. Un número grande de equipos en paralelo no necesariamente incrementa la disponibilidad del sistema debido a que se tiene un mayor número de componentes sujetos a falla.

El costo de un sistema redundante es aproximadamente:

$$S = (N+1)/N$$

Como puede apreciarse es mayor que en un sistema no redundante, donde N es igual al número de equipos correspondientes al sistema no redundante.

Sistema Paralelo-Redundante de Carga Compartida. - La figura 3.4.9 muestra un sistema paralelo redundante de equipos no interruptibles. La confiabilidad del arreglo mostrado es verdaderamente monstruosa y generalmente se utiliza para sistemas con una gran demanda de energía en la carga, misma que no puede ser suspendida durante las 24 horas, como ejemplo podría citarse el Sistema Bancario que requiere atención continua al público, como es el caso de los llamados cajeros automáticos que operan inclusive los sábados y domingos. La característica de carga compartida se aplica tanto a la alimentación de la línea con la planta de emergencia de combustión interna como en los rectificadores e inversores de los equipos ininterrumpibles. Es muy recomendable cuando el arreglo con interruptor estático de transferencia a la línea no puede aplicarse, de-

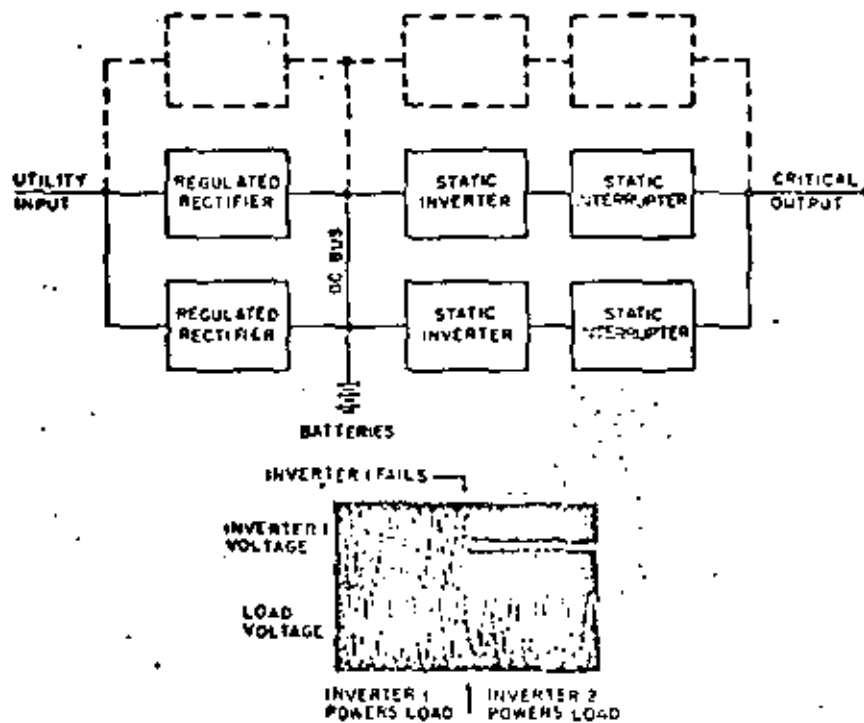


FIG. 3.4.8.- SISTEMA REDUNDANTE.

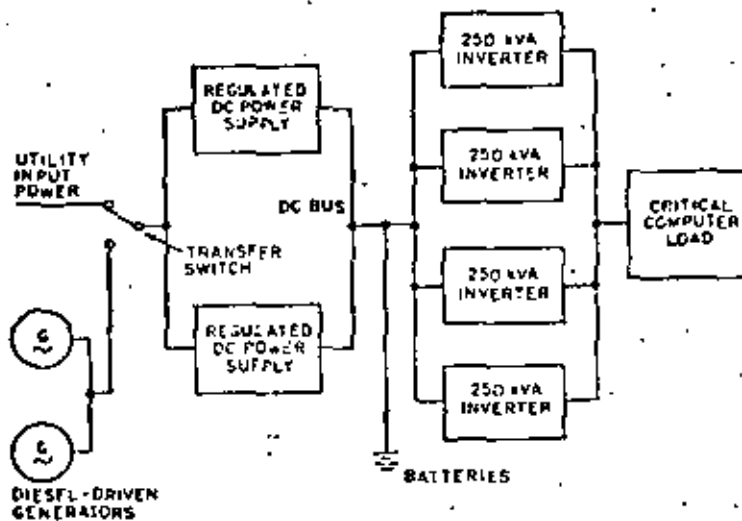


FIG. 3.4.9.- SISTEMA PARALELO-REDUNDANTE DE CARGA COMPARTIDA.

bido a que los parámetros de frecuencia y voltaje en la línea son inestables.

3.4.4.- ESPECIFICACION DE UN EQUIPO NO INTERRUMPIBLE.

La tabla 3.4.1 es una guía para especificar un equipo no interrumpible y fué tomada como referencia del "Orange Book" (Recomendaciones para Sistemas de Emergencia y Respaldo en Aplicaciones Industriales y Comerciales (IEEE): Se proporciona en el idioma original (ingles) para evitar confusiones en la traducción. Es conveniente insistir que sirve como guía y en cada caso será necesario considerar las necesidades específicas del problema que se esté analizando.

**TABLA 3.4.1.- ESPECIFICACION DE UN EQUIPO NO
INTERRUMPIBLE.**

Input (Rectifier/Charger)	
Voltage	208 V or 480 V, $\pm 10\%$, 3 phase
Power factor	Minimum 0.8 at rated load
Frequency	50 or 60 Hz, $\pm 5\%$
Harmonic content of current	10% (5% preferred)
Startup current limiting	Maximum 25% of (full load current (energizing rectifier transformer with inverter at no load)
Startup "walk in"	15 to 30 s to full load
Steady-state current limiting	Adjustable, with two standard settings: 1) For utility power, 125% rated load 2) For emergency power, 100% rated load plus 5 kVA
Output (Inverter)	
Voltage	208 V or 480 V, 3 phase, 3 or 4 wire
Regulation	1) $\pm 2\%$ for balanced load 2) $\pm 3\%$ for 20% unbalanced load (100%, 80%, 80% or 100%, 100%, 80%)
Line drop compensation	0 to 5%, adjustable
Transient response	1) $\pm 5\%$ for loss or return of ac input power 2) $\pm 8\%$ for 50% load step 3) $\pm 10\%$ for bypass or return from bypass
Transient recovery	Return to steady-state conditions within 100 ms after a disturbance
Harmonic content of voltage	4% total, 3% any single harmonic
Phase displacement	1) $120^\circ \pm 1^\circ$ for balanced load 2) $120^\circ \pm 3^\circ$ for 20% unbalanced load
Frequency	50 or 60 Hz
Regulation	± 0.1 Hz
Line sync range	± 0.5 to 1.0 Hz, adjustable
Slew rate	Maximum 1 Hz/s
Current capability	
Overload	125% for 10 m and 150% for 10 s
Fault clearing	150% to 300% for 10 cycles, maximum limited for self-protection
DC Link (Battery)	
Battery type	Lead acid or nickel cadmium (NICAD)
Float voltage	Lead acid 2.2-2.25 V/cell NICAD 1.4-1.42 V/cell
Equalize voltage	Lead acid 2.35 V/cell NICAD 1.6 V/cell
End voltage	Lead acid, minimum 1.6 V/cell NICAD minimum 1.1 V/cell (setting also determined by inverter input voltage window)
Recharge time	10 times discharge time
Energy storage capacity	Sized to requirement (normally 15 min)
General Characteristics and Requirements	
3 ϕ Output ratings	\$2.5 to 600 kVA at 0.9 power factor
Efficiency	77% to 90% (improves as kVA rating increases)

TABLE 3.4.1.- (CONTINUACION).

Dimensions and weight	Depends on kVA rating
Controls	Startup, emergency shutdown, synchronous transfer to bypass and all adjustment functions required for operation and maintenance
Meters	AC volt and ammeters with phase selector switches for both input and output, DC voltmeter and charge/discharge ammeter
Alarms	Indicating 10 to 20 special conditions or malfunctions such as output over- and undervoltage, battery discharge, fan failure, auto bypass, etc
Environmental	
Ambient temperature	Within 0° to 40°C operating and -20° to 70°C nonoperating
Relative humidity	0 to 95% at any operating temperature
Reliability	MTBF 200 000 h minimum (includes available utility power via bypass)
Maintainability	MTTR 40 min maximum (when parts are on site)
Available Options	
Frequency conversion	60 to 60 Hz or 60 to 50 Hz (only for redundant type UPS without bypass)
Expandability	Can be paralleled with like UPS modules
Electromagnetic interference suppression	Suppression of radiated on all sides and conducted on input, output, and control cables
Acoustical noise suppression	Maximum 76 dB at 5 ft from surface
Extended operating temperature capability	From 40°C to 50°C
Automatic battery equalizing charge	Activated and timed after each battery discharge
Circuit breaker motor operators	For input, output, and battery circuit breakers
Mimic bus	An illuminated one-line diagram indicating operational status
Remote status monitoring and alarm panel	Monitors special conditions and malfunctions up to 500 ft away
Additional meters	Input and output wattmeters, elapsed time and frequency meters rectifier output dc ammeter
Special conditions to be identified by user	Damaging fumes Excessive moisture Excessive dust Abrasive dust Steam Oil vapor Explosive mixtures of dust or gases Salt air Abnormal vibration, shocks, or tilting Weather or dripping water Special transportation or storage conditions (user to identify method of handling equipment) Extreme or sudden changes in temperature Unusual space and weight limitations Unusual operating duty Unusually high system impedance Seismic considerations Electromagnetic fields Radioactive levels above natural background Abnormally high system voltages to ground Nonlinear load or one generating excessive harmonic or ripple current Inability for the dc source to accept a current in the reverse direction Acoustical noise limitations Type of battery or power supply provided by user

4.- PROTECCION.

4.1.- Protección contra Sobrecorrientes en los Sistemas.-

En la protección del equipo contra sobrecorrientes no debe determinarse la magnitud de las corrientes de falla en los sistemas de emergencia, de respaldo y suministro normal, así como en los equipos de transferencia e interrupción. Por lo regular los sistemas de emergencia y respaldo no tienen corrientes de falla tan altas como las del suministro normal, de tal suerte que la corriente que determina la capacidad interruptiva de los equipos en la de corto circuito disponible en el sistema de suministro normal. La evaluación de las corrientes de falla de los generadores de emergencia y respaldo, servirá para asegurarnos de que sea la suficiente para operar el equipo de protección de los equipos derivados que se encuentran coordinados con el equipo de sobrecarga de la alimentación normal. Las corrientes subtransitorias y la velocidad de amortiguación de la corriente de falla pueden ser muy importantes en estos casos, ya que ellas determinan la clase (o bondad) de coordinación que es necesaria entre los equipos que se utilizan para obtener la coordinación y selectividad apropiadas.

En el estudio de protección y coordinación que se haga, es necesario obtener las características de cort-circuito específicas del generador, directamente del fabricante; así como las curvas tiempo corriente de los fusibles, interruptores y relevadores a utilizar.

4.2.- Equipo de Transferencia.- Se debe dar mayor atención a los interruptores de transferencia debido a que la capacidad de corriente de falla y normal de diseño de los interruptores, es una parte muy importante en la aplicación de proyectos de protección, en virtud de que deben ser capaces de cerrar con altas corrientes de "inrush", soportar corrientes de falla sin daño de sus contactos y ser apto para severos ciclos de trabajo con corrientes de plena carga.

En la aplicación de la protección es necesario consultar a los fabricantes sobre los métodos de prueba aplicados a los interruptores de transferencia, fusibles e interruptores termomagnéticos. La coordinación de aparatos de protección debe hacerse con capacidades de corrientes en amperes RMS simétricos. Si un fusible o un interruptor van a ser empleados, la relación X/R de la corriente de prueba puede ser un gran auxiliar para determinar la mejor protección. La relación X/R de los circuitos determina la máxima corriente pico disponible e indirectamente los esfuerzos magnéticos que puedan ocurrir.

4.2.1.- Protección con Interruptores.- (ver Fig. 4.2.1).- Usualmente se requiere un retardo de tiempo en el interruptor principal de alimentación al equipo de transferencia, que se ilustra en la figura como interruptor "B", con el objeto de proporcionar una selectividad adecuada. Esto se obtiene mediante el empleo de interruptores electromagnéticos o termomagnéticos con características de tiempo corto que además protegen adecuadamente el equipo de transferencia, contra los daños ocasionados por la energía térmica I^2t . La coordinación se deberá efectuar también con el interruptor general de la subestación de servicio así como con el interruptor de mayor capacidad que tenga conectada la carga del sistema de emergencia, mostrados en la figura como interruptores "A" y "C" respectivamente.

4.2.2.- Protección con fusibles.- Los fusibles pueden interrumpir sin peligro altas corrientes de corto circuito de manera más rápida que los interruptores termomagnéticos, sin embargo una ventaja de estos últimos sobre los fusibles, es la posibilidad de operación múltiple de los polos para eliminar la operación monofásica. La corriente pico que deja pasar el fusible y la energía I^2t que pasa a través de él debe coordinarse con las características del equipo de transferencia a fin de evitar daños que puedan destruirlo.

4.2.3.- Protección de Interruptor de Transferencia Estático.- La corriente de corto circuito disponible es especialmente crítica en la aplicación de los interruptores de transferencia estáticos, por lo que se debe coordinar apropiadamente el tiempo en que el fusible libera la falla y la capacidad de l interruptor estático para minimizar los efectos sobre este último. Los interruptores termomagnéticos son considerados como lentos comparados con los fusibles cuando se trata de proteger los equipos estáticos, razón por la cual, siempre se utilizan fusibles. Como en todos los equipos de estado sólido deberá considerarse también una protección de transitorios de voltaje a fin de que no afecten los tiristores del interruptor estático.

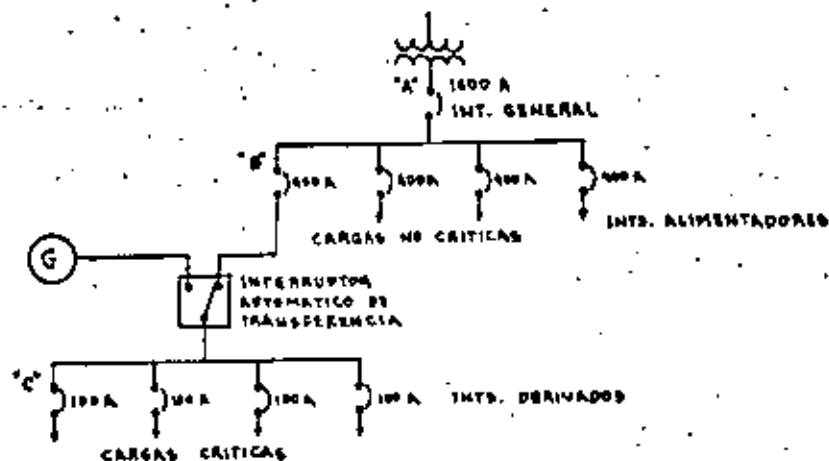


FIG. 4.2.1 DIAGRAMA UNIFILAR

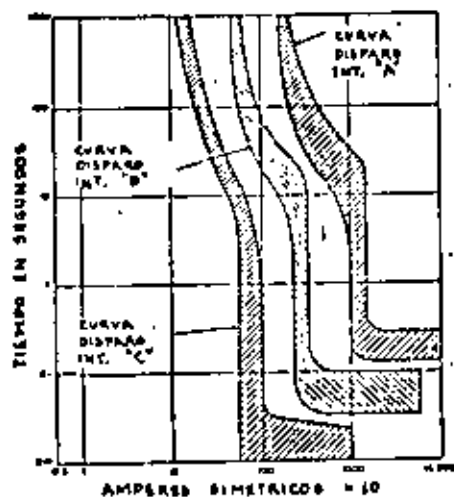


FIG. 4.2.2 COORDINACIÓN DE PROTECCIONES

4.3.- GENERACION

Cuando se está utilizando el sistema de emergencia el generador es la parte más crítica. Por tal razón su diseño de protección debe asegurar su confiabilidad.

El diseño de protección debe basarse en la evaluación de los costos de las pérdidas de las cargas críticas y la de la destrucción de las fuentes de emergencia.

4.3.1.- PROTECCION DE LAS BOBINAS PRINCIPALES.

La protección de las bobinas principales con interruptores electromagnéticos de características ajustables en tiempo ofrecen una mayor flexibilidad de coordinación. Los interruptores termomagnéticos son más económicos y pequeños pero más difíciles de coordinar con otros aparatos de sobrecorriente, los fusibles, por supuesto, son los equipos más simples y económicos, tienen alta confiabilidad cuando se aplican apropiadamente pero no ofrecen la flexibilidad de los interruptores.

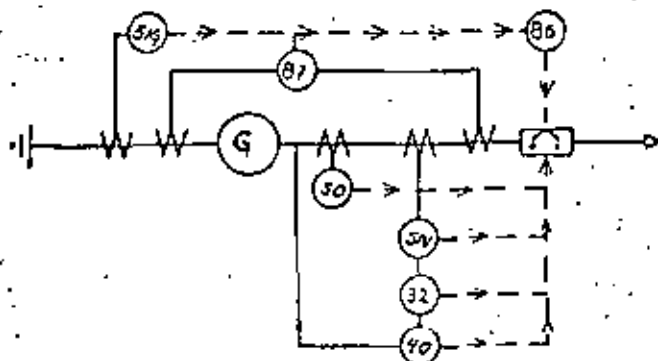
En los generadores pequeños la operación selectiva puede causar problemas cuando se dispone de corriente de corto-circuito limitada y es necesario ajustar el regulador de voltaje para lograr una corriente de falla apropiada para la selectividad necesaria. El colapso del generador debido a la lenta operación de un equipo de sobrecorriente puede desenergizar toda la carga crítica negando la inherente confiabilidad de la coordinación apropiada del sistema.

La protección de los generadores grandes puede variar de un simple termomagnético a un electromagnético con un sistema complejo de relevadores para iniciar el disparo.

Los cuales pueden ser:

- 50 Relevador de sobrecorriente instantáneo.
- 51V Relevador de sobrecorriente de tiempo de línea.
- 51G Relevador de sobrecorriente de tiempo de tierra.
- 32 Relevador direccional de potencia.
- 40 Relevador de campo.
- 46 Relevador de corriente para secuencia de fases.

87 Relevador de protección diferencial.



4.3.2.- PROTECCION DEL ROTOR.

Un interruptor de campo es un medio positivo de protección del rotor de los daños por sobrecorrientes debidas a la mala aplicación ó falla de los componentes del sistema de excitación. Pero no se debe asumir que un interruptor de campo proporcione la protección adecuada a las bobinas principales.

4.3.3.- OPERACION EN PARALELO.

La protección de generadores cuando dos ó más se operan en paralelo, es necesariamente más refinada que la de un solo generador, debido a que se necesita aumentar protección para: flujo inverso de potencia, inspección de sincronismo y desconexión de carga. La aplicación de relevadores direccionales de potencia debe ser cuidadosamente realizada ya que la sensibilidad de los relevadores puede causar disparos indeseables ó daños a los generadores.

4.4.- PRIMOTOR.

La forma más directa de protección de sobrecarga manteniendo cierto grado de confiabilidad, es la desconexión de carga. Dependiendo de la severidad del problema de estabilidad se puede

emplazar la interrupción total ó por medio de la supervisión de frecuencia iniciar la desconexión parcial de la carga. Por ejemplo - cuando se esta utilizando generación múltiple es necesario utilizar desconexión automática instantánea para compensar la necesidad de generación en la pérdida de un generador para poder asegurar la disponibilidad de energía remanente.

En generadores con cargas importantes es práctica común la combinación de la interrupción instantánea de parte de carga y la utilización de relevadores de baja frecuencia para desconexiones múltiples. Este tipo de protecciones requiere un estudio de estabilidad que determine la frecuencia de cada paso de desconexión, así como, su tiempo y la cantidad de carga a desconectar. La caída de voltaje del conjunto de generación decrece en forma proporcional a la frecuencia (velocidad del primotor) por lo que, en algunos casos, se utilizan relevadores de voltaje que por reducción de hasta el 50% de la carga permiten el retorno de los primotores a su velocidad de régimen.

La protección del primotor por medio de la supervisión del voltaje y de la frecuencia, no deben eclipsar la importancia del acoplamiento con el generador apropiado ó de las características del par del primotor.

La aplicación de los relevadores direccionales de potencia es una forma de protección de primotores, ellos deben prever la motorización de los generadores, cuando dos ó más generadores operan en paralelo, y en otras aplicaciones protegen contra sobrecargas a el conjunto de generación por medio de una rápida operación impiden que la energía fluya en el sistema de suministro.

Para prevenir disparos molestos en la sincronización de generadores, se debe proporcionar un tiempo de retardo en la operación de los transitorios de flujos de energía en reversa presentes cuando el primotor está en condición de girar en sincronismo.

4.5.- SISTEMAS ININTERRUMPIBLES (UPS).

4.5.1.- PROTECCION DE BATERIAS.

Las baterías aportan la confiabilidad inherente en un UPS y la protección deberá ser de primordial importancia. Algunas importantes áreas son sobrecarga, régimen de descarga y sus límites, temperatura ambiente, y detección de tierras.

Las sobrecargas causan gasificación y degradación de las baterías ácidas. Los gases pueden también ocasionar corrosión de las terminales. Una operación sostenida a altas temperaturas causa corrosión interna de las rejillas y de las placas de las baterías. Una alarma y disparo por bajo voltaje, puede prevenir la descarga innecesaria de las baterías y el daño consecuente.

Prolongadas corrientes de sobrecarga pueden causar gasificación en las celdas ventiladas y calentamiento en las cerradas. En algunas celdas se protege contra las sobrecargas mediante desviaciones de las corrientes de carga.

El incremento de la temperatura ambiente afecta directamente algunas baterías ácidas mediante el incremento del consumo de agua corrosión en las rejillas, y producción de hidrógeno. Esto es para decir que la operación a temperaturas mayores que las recomendadas acorta la vida de las baterías.

4.5.2.- PROTECCION DEL CARGADOR DE BATERIAS.

Diversos dispositivos de protección para cargadores de baterías incluyen limitadores de corriente de salida, supresores de sobretensiones, y fusibles e interruptores. Un limitador de corriente de salida proporciona una protección contra sobrecarga del cargador. Un límite típico puede estar 125% del régimen de carga y para cortos periodos de tiempo la batería puede suministrar mayor carga si ésta es requerida. Algunos dispositivos limitadores de corriente proporcionan una interrupción automática del cargador cuando existen corrientes de corto-circuito. Los supresores de sobretensiones pueden estar provistos por el fabricante en la entrada y salida del cargador para protegerse contra transitorios en la línea. Interruptores de entrada y salida agregan protección contra sobrecarga así como proporcionan flexibilidad.

Dispositivos opcionales para cargadores de baterías incluir - voltmetro detector de tierras ó luces detectores de tierras, desco-

nexión ó alarma por falla en el suministro y relevadores de sobre y bajo voltaje de C.D. Un relevador de C.A. para falla en el suministro protege la batería contra descargas innecesarias a través del cargador.

4.5.3.- PROTECCION DEL INVERSOR.

Los inversores son comúnmente protegidos a la entrada y a la salida con interruptores ó fusibles. Las prolongadas condiciones de corto circuito, switchs fuera de fase, y conexiones equivocadas de polaridad en forma accidental son ejemplos de las condiciones que se protegen mediante interruptores y fusibles. Los limitadores de corriente en circuitos de salida, como con cargadores de baterías, son proporcionados por la mayoría de fabricantes.

Los inversores pueden estar diseñados para suministrar alguna capacidad de sobrecarga extra. Valores típicos de capacidad de sobrecarga pueden ser 125% para 10 minutos y 150% para 10 seg. Sensores de bajo voltaje pueden estar provistos para desconectar el inversor si el voltaje de la batería cae abajo de un valor predeterminado.

Un aspecto importante para la adecuación de la aplicación de inversores es una ventilación adecuada. Bajo condiciones de operación normal, los inversores pueden desprender una considerable cantidad de calor. Se deberá tener cuidado no solo de proveer la adecuada ventilación, sino también de prevenir bloqueos de esta ventilación.

4.6.- SISTEMAS DE TIERRAS.

La primer consideración de diseño de los sistemas de emergencia es la satisfacción de la continuidad del servicio. El sistema de tierras elevado y el arreglo de su equipo pueden afectar la continuidad del servicio.

Los conductores de tierras y sus conexiones deberán arreglarse en forma tal, que eviten la dispersión de corriente de neutro, y que la corriente de falla a tierra pueda fluir por los caminos predichos (baja impedancia) los cuales deben proteger al personal de choques electricos y asegurar la operación de los circuitos y equipo de protección. Donde las cargas entre fase y neutro sean grandes, los al-

temas requieren aterrizarlos solidamente. Sin embargo, los sistemas de 600V. y 480V. donde las cargas son de fase a fase y el neutro no se utiliza, se puede utilizar los sistemas con alta resistencia de neutro a tierra ó los sistemas no aterrizados para proveer un alto grado de continuidad de servicio.

4.6.1.- SISTEMAS SOLIDAMENTE ATERRIZADOS CON NEUTRO

INTERCONECTADO

Un sistema con neutro aterrizado (Fig. 4.6-1) y solidamente conectado en el switch de transferencia (no switchado) para interconectar el suministro normal con el generador de emergencia y aterrizado del lado de carga del medio desconector de servicio, NO ES RECOMENDADO, debido a que la corriente de dispersión fluyendo a través de los circuitos de baja impedancia de tierra pueda afectar la operación de los equipos de protección de falla a tierra.

4.6.2.- SISTEMAS SOLIDAMENTE ATERRIZADOS CON NEUTRO

TRANSFERIDO

Donde el neutro del sistema es transferido del suministro normal al sistema de emergencia se crean dos sistemas radiales separados. Los sistemas creados deberán aterrizar en δ después del equipo de desconexión. (Fig.4.6-2)

En los sistemas radiales el aterrizaje no intencional del neutro puede causar corrientes circulantes (que operen los equipos de protección de falla a tierra), por lo que se debe tomar precauciones para mantener al sistema libre de contactos de neutro a tierra.

4.6.3.- SISTEMAS SOLIDAMENTE ATERRIZADOS CON TRANSFORMADOR

DE AISLAMIENTO PARA CARGA TRANSFERIBLE.

Donde una carga transferible es alimentada por un ais-

lamiento derivado de un transformador de aislamiento y del equipo de transferencia localizado antes del transformador de aislamiento, como se ilustra en la Fig. 4.6-3. El transformador de aislamiento permite que las cargas (transferibles) de fase a neutro sean alimentadas sin neutro aterrizado en los alimentadores.

El neutro de la carga es proporcionado por el secundario del transformador.

Cualquier corriente de neutro ó de falla a tierra en el secundario del transformador no tienen efecto en el equipo de protección de falla a tierra en el servicio ó en el generador de emergencia.

4.6.4.- SISTEMAS CON NEUTRO ATERRIZADO ATRAVES DE UNA

RESISTENCIA.

Quando no se requieren conductores de neutro, debido a que las cargas se conectan entre fases, se puede conectar éste (el neutro) a tierra por medio de una alta resistencia para limitar la corriente de falla a tierra. Este tipo de conexión por lo regular se utiliza en generadores de emergencia (a 480V ó 600V.) donde las cargas críticas de 3 fases, 3 hilos son permanentemente conectadas. Los sistemas con neutro aterrizado a través de alta resistencia proporcionan un alto grado de continuidad de servicio, debido a que el equipo de protección no es disparado por una primera falla a tierra.

Donde la carga crítica de 3 fases, 3 hilos es relativamente grande comparada con las cargas que necesitan aterrizaje sólido, se puede utilizar tanto el servicio de suministro normal como el generador de emergencia con neutros aterrizados a través de una resistencia (Fig. 4.6-4), cuando las cargas que requieren neutro solidamente aterrizado se alimentan por medio de un transformador de aislamiento switchado del servicio normal al generador de emergencia por medio de un transfer (no mostrado en la Fig. 4.6.4).

Los sistemas con neutro aterrizado a través de una re-

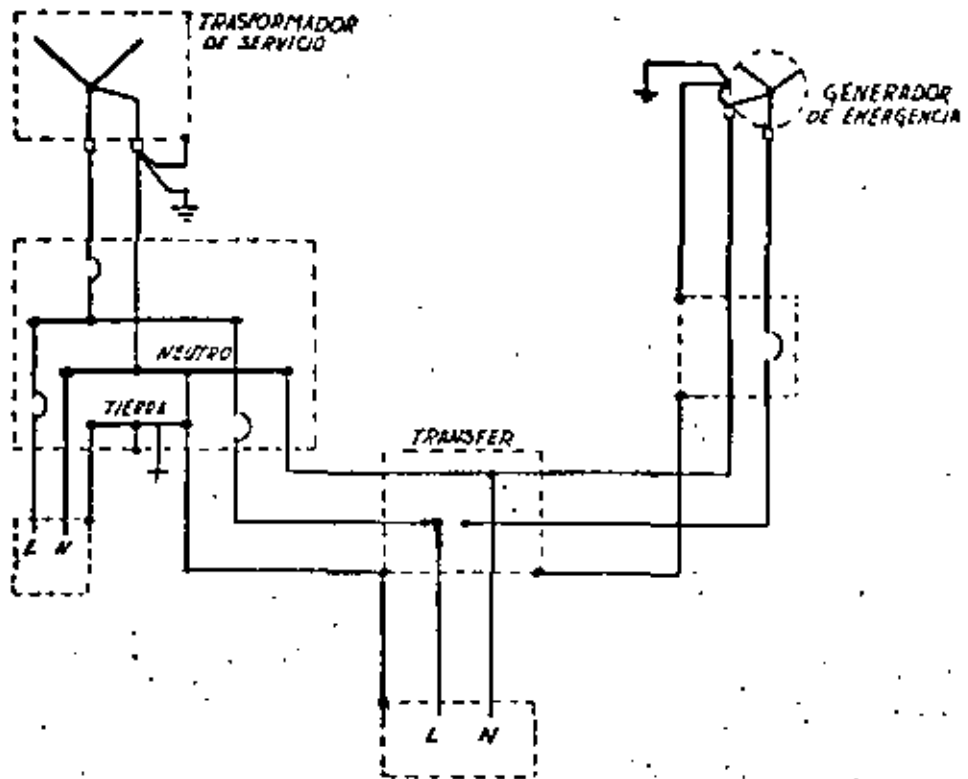


FIG 4.6-1
SISTEMA SOLIDAMENTE ATERRIZADO CON NEUTRO INTERCONECTADO

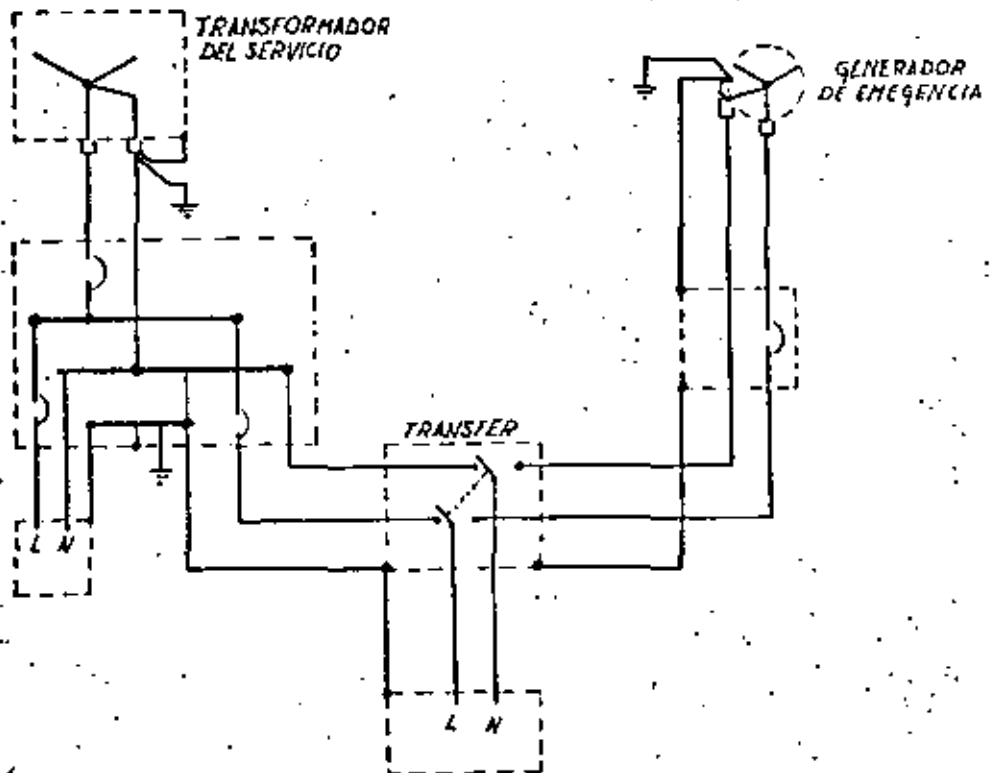


FIG 4.6-2
SISTEMA SOLIDAMENTE ATERRIZADO CON NEUTRO TRANSFERIDO

oh

lh

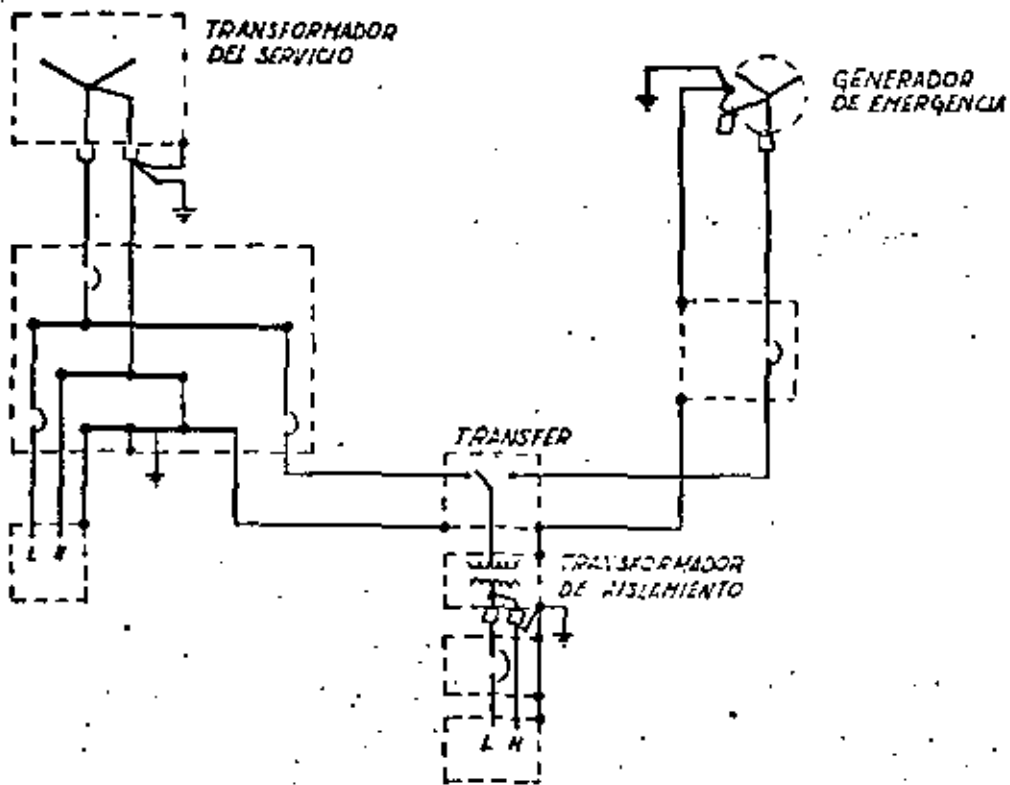


FIG 4.6-3
 SISTEMA SOLIDAMENTE ATERRIZADO CON TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO
 PARA CARGA TRANSFERIBLE.

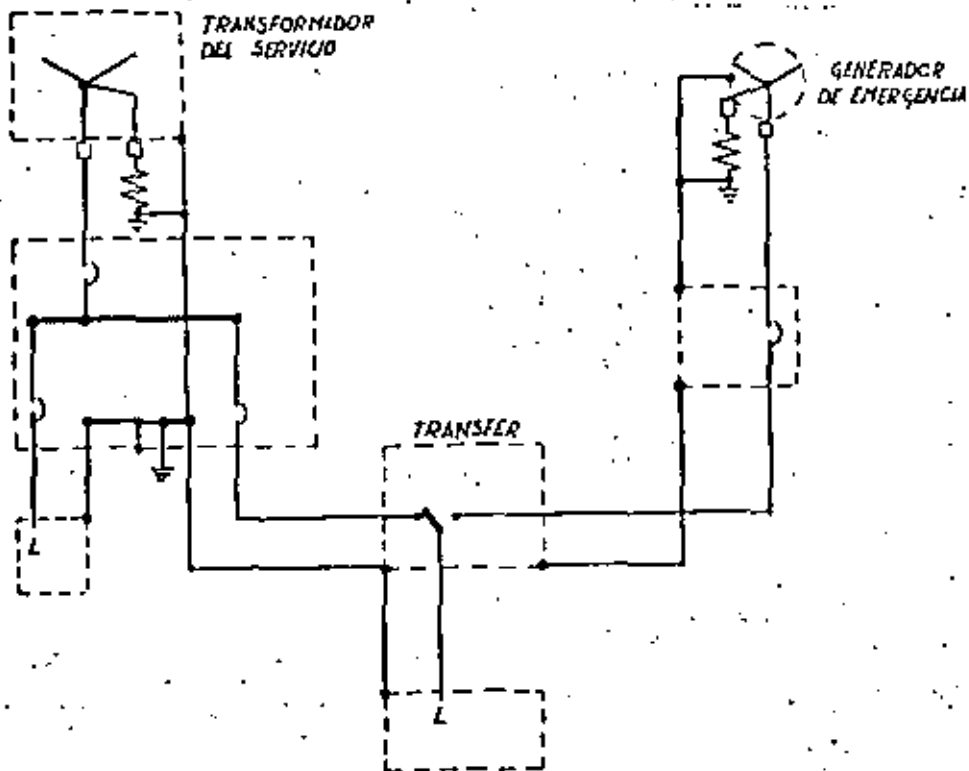


FIG 4.6-4
 SISTEMA CON NEUTRO ATERRIZADO ATRAVES DE UNA RESISTENCIA

42

43

sistencia alta, no deben ser utilizados a menos que, los sistemas sean equipados con indicadores y alarmas de falla a tierra y que personal calificado esté siempre disponible para localizar y remover rápidamente la falla.

5.- EVALUACION TECNICO ECONOMICA DE UN SISTEMA DE EMERGENCIA

Costos, pérdidas reales y potenciales deben ser calculados ó estimados para justificar un sistema de emergencia en establecimientos industriales, comerciales y de servicio.

Una estimación de los costos asociados con cada suspensión en el suministro de energía deberá ser calculado y registrado en una bitácora con la fecha, duración y condiciones existentes en ese momento.

5.1.- ECUACIONES PARA DETERMINAR EL COSTO DE INTERRUPCIONES

DEL SUMINISTRO.

Una estimación del costo de una interrupción del suministro de energía desde el punto de vista de "dinero constante" puede ser calculado como sigue:

$$\text{COSTO TOTAL DE FALLA} = E + M + I$$

Donde:

- E = Costo de labor por los empleados afectados, en pesos.
- M = Costo de material afectado por la interrupción en pesos.
- I = Costo para restablecer la eficiencia que se tenía previa a la interrupción, en pesos.

El valor de E, M e I puede ser calculado como sigue:

$$E = AD (B + C)$$

$$M = FG$$

$$I = JK (B + C) + LG$$

Donde:

- A = Número de empleados productivos afectados.
- B = Salario promedio por hora de los empleados afectados, en pesos.
- C = Gastos generales por hora de los empleados afectados, en pesos (Ejem. jornadas especiales, horas extra, etc.)
- D = Duración de la interrupción de energía, en horas.
- F = Unidades de material desperdiciado debido a la interrupción de energía.
- G = Costo por unidad de material desperdiciado debido a la interrupción, en pesos.
- J = Tiempo de reinicio hasta alcanzar la eficiencia normal.
- K = Número de empleados involucrados en el reinicio.
- L = Unidades de material desperdiciado durante el tiempo de reinicio.

Después de haber sido calculado el costo de la interrupción se le debe restar cuando sea el caso el ahorro debido a las utilidades inherentes al producto, para llegar a un costo total ocasionado únicamente por la suspensión del suministro de energía eléctrica.

5.2.- EDIFICIOS COMERCIALES.

Para establecimientos comerciales un cálculo similar puede ser efectuado con base en la duración de la interrupción, costos de labor, pérdida de beneficio en ventas, pérdidas debidas a robos y costos de reinicio.

5.3.- PERDIDAS ADICIONALES DEBIDAS A INTERRUPCIONES DE

ENERGIA.

En adición a las pérdidas relativas al "dinero constante" están aquellas más difíciles de calcular pero que se deben incluir cuando se disponga de información, tales son:

- (1) Depreciación prorrateada de los costos de capital
- (2) Depreciación de la calidad de los materiales en proceso.
- (3) "Costo" del dinero invertido en materiales ó máquinas no usadas.

Otras pérdidas pueden ocurrir bajo condiciones especiales ó no usuales. En una planta industrial operando al 100% de capacidad, cualquier pérdida en la producción da como resultado una pérdida del beneficio. El costo de gastos prorrateables y generales variables también representan una pérdida. El gasto para una planta de emergencia tiene una justificación adicional bajo estas condiciones.

5.4.- DETERMINACION DE LA PROBABILIDAD DE FALLAS EN EL SUMINISTRO DE ENERGIA.

La probabilidad de fallas en el suministro deben ser determinadas mediante un estudio estadístico de la planta ó de la compañía suministradora.

Ejemplos de fallas de energía se muestran en la tabla 5.4-1.

TABLA 5.4-1

ESTADISTICA DE INTERRUPCIONES DE ENERGIA

<u>FECHA</u>	<u>TIEMPO</u>	<u>DURACION</u>	<u>LINEA ALIMENTADORA</u>
9 Marzo	09:52	10 min.	14
11 Junio	21:51	12 seg.	14
17 Junio	22:13	9 seg.	14
15 Julio	20:40	5.5 seg.	13+22
17 Julio	19:11	1-2 min.	14 (9 veces)

Ya que el costo de una falla de interrupción de suministro de energía es pagado por el usuario, es importante que él relacione la confiabilidad, duración y calidad de la energía que requiere a sus necesidades y pueda justificar una planta de emergencia en caso de requerirlo.

5.5.- FACTORES QUE INCREMENTAN LA PROBABILIDAD DE FALLAS DE SUMINISTRO.

Cuando se alcanza ó se excede la carga a la cual el sistema está diseñado, la probabilidad de falla se incrementa. Existe una probabilidad similar cuando el sistema se torna más complejo y cuando el equipo envejece.

5.6.- RESERVAS DE POTENCIA.

Las reservas de potencia en el área de usuarios deberá ser investigada. Un adecuado margen de reserva arriba de las demandas de carga pico proporcionan una guía a la confiabilidad del servicio debido a que el margen está previsto para algunas contingencias.

5.7.- CONCLUSION.

La evaluación, justificación y decisión para la compra e instalación de alimentación de respaldo, planta de emergencia ó un equipo ininterrumpible de energía, ó una combinación de estos sistemas, debe incluir la consideración de todos los requerimientos de energía eléctrica, así como el estudio Técnico-Económico completo para todas y cada una de las necesidades involucradas en condiciones de una falla en el suministro eléctrico.

EL PRESENTE TRABAJO FUE DESARROLLADO POR:

ING. JUAN JOSE QUEZADA RAMIREZ.

ING. BERNABE TORRES HERRERA.

DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE INSTALACIONES ELECTRICAS
DE LA GERENCIA DE CONSTRUCCION DE C.L. y F.C.

BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA.

- 1.- Orange book
IEEE Std 446-1980
Recommended Practice for Emergency and Standby Power Systems
for Industrial and Commercial Applications.
- 2.- Buff book
IEEE Std 242-1975
Recommended Practice for Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power Systems
- 3.- Gray book
IEEE Std 241-1974
Recommended Practice for Electric Power Systems in Commercial Buildings
- 4.- Industrial Power Systems Handbook
BEEHAN D. L.
McGraw-Hill
- 5.- Revistas técnicas:
Electrical Construction and Maintenance
de los meses: Enero 1976
Mayo 1982
- 6.- Folletos técnicos:
E S B DE MEXICO, S.A. DE C.V. EXIDE.
Sistemas de Conversion de Energía.
- 7.- Protection of Computers against Transients, Interruptions,
and Outages. Presented at the 1967 IEEE Industry and General Applications Group Annual Meeting,
BURCH, B. F., JR.
- 8.- Lighting Handbook
KAUFMAN, J. E.
- 9.- Standard Handbook for Electrical Engineers
FINN, D. G., and CARROLL

4.9 Standards References

The following standards publications were used as references in preparing this section.

ANSI C84.1-1977, Voltage Ratings for Electric Power Systems and Equipment (60 Hz)

ANSI/IEEE C37.95-1973, Guide for Protective Relaying of Utility-Consumer Interconnections

ANSI/IEEE Std 100-1977, Dictionary of Electrical and Electronics Terms

ANSI/IEEE Std 450-1975, Recommended Practice for Maintenance, Testing, and Replacement of Large Lead Storage Batteries for Generating Stations and Substations

EGSMA GTD2-1971, Glossary of Standard Industry Terminology and Definitions

EGSMA IMPS1-1974, Standards and Recommendations for Installation and Maintenance of Farm Standby Electric Power

EGSMA TDGS1-1972, Standard Specifications for Tractor Driven Generator Sets

EGSMA EGS1-1970, Standard Specifica-

tions for Standby Engine Driven Generator Sets

IEEE Std 141-1976, Electric Power Distribution for Industrial Plants

IEEE Std 241-1974, Electric Power Systems in Commercial Buildings

IEEE Std 387-1972, Criteria for Diesel-Generator Units Applied as Standby Power Supplies for Nuclear Power Generating Stations

IEEE Std 485-1976, Recommended Practice for Sizing Large Lead Storage Batteries for Generating Stations and Substations

NECA Electrical Design Library Series 17, Electrical Design Guidelines (1971)

NECA Electrical Design Library Series No 3/74, Emergency and Standby Power Generation (1974)

NFPA No 70-1976, National Electrical Code

NFPA 101-1976, Life Safety Code

4.10 References and Bibliography

4.10.1 References

[1] IEEE Committee Report, Reliability of Electrical Equipment, Pt 1, *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol IA-10, Mar/Apr 1974, pp 213-235.

[2] SAWYER, J. W. Gas Turbine Emergency/Standby Power Plants. *Gas Turbine International*, Jan/Feb 1972.

[3] HEISING, C. R., and JOHNSTON, J. F., JR. Reliability Considerations in Systems Applications of Uninterruptible Power Supplies. *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol IA-8, Mar/Apr 1972, pp 104-107.

4.10.2 Bibliography

[4] KUSKO, A., and GILMORE, F. E. Concept of a Modular Static Uninterruptible Power System. *Conference Record of the 1967 IEEE Industry and General Applications Group Annual Meeting*, IEEE 34C62, pp 147-153.

[5] LAWSON, L. J. A True No-Break, Off-Line Uninterrupted Power Supply. *Conference Record of the 1967 IEEE Industry and General Applications Group Annual Meeting*, IEEE 34C62, pp 154-158.

[6] GRIFFITH, D.C., and YUEN, M. H. Static No-Break Power for Critical Loads in a Modern Oil Refinery. *Conference Record of the 1967 IEEE Industry and General Applications Group Annual Meeting*, IEEE 34C62, pp 643-652.

[7] KUSKO, A., and GILMORE, F. E. Application of Static Uninterruptible Power Systems to Computer Loads. *Conference Record of the 1969 IEEE Industry and General Applications Group Annual Meeting*, IEEE 69-C5 IGA, pp 635-639.

[8] RELATION, A.E. UPS Systems for Critical Power Supplies. *Conference Record of the 1971 IEEE Industry and General Applications Group Annual Meeting*, IEEE 71C1-IGA, pp 877-884.

[9] WALKER, L. H. Inverter for UPS with Subcycle Fault Clearing Capabilities. *Conference Record of the 1971 IEEE Industry and General Applications Group Annual Meeting*, IEEE 71C1-IGA, pp 361-370.

[10] WOLPERT, T. Uninterruptible Power Supply for Critical AC Loads—A New Approach. *Conference Record of the 1973 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting*, IEEE 73CHO763-3IA, pp 605-602.

[11] GROSS, S. Rapid Charging of Lead Acid Batteries. *Conference Record of the 1973 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting*, IEEE 73CH0763-31A, pp 905-912.

[12] HAUCK, T. A. Motor Reclosing and Bus Transfer. *IEEE Transactions on Industry and General Applications*, vol IGA-6, May/June 1970, pp 266-271.

[13] HELMICK, C. G. Designing for System Reliability in Large Uninterruptible Power Supplies. *Conference Record of the 1971 IEEE Industry and General Applications Group Annual Meeting*, IEEE 71C1-IGA, pp 371-384.

[14] HELMICK, C. G. Uninterruptible Power Supply Systems—What, Why, Where, and When? Presented at the 31st American Power Conference, Chicago, IL, Apr 18-20, 1972.

[15] KATZAROFF, P. A Base Guide to Uninterruptible Power Systems. *IEEE Conference Record of the 1971 25th Annual Conference of Electrical Engineering Problems in the Rubber and Plastics Industries*, IEEE 71CH0331-81A, pp 1-6.

[16] KENNY, R. W., McGOVERN, M. J., and TORPEY, P. J. Development of a Gas Turbine-Alternator System for Emergency Power Applications. *IEEE Transactions on Industry and General Applications*, vol IGA-1, Jan/Feb 1965, pp 3-8.

[17] LAWSON, L. J. New Uninterruptible Power System Alternatives Using High Capacity Kinetic Energy Wheels. *Conference Record of the 1973 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting*, IEEE 73CH0763-31A, pp 151-156.

[18] PALKO, E. Standby Generator Specification Chart. *Plant Engineering*, Feb 15, 1971, pp 65-70.

[19] RELATION, A. E. UPS Systems for Critical Power Supplies. *Conference Record of the 1971 IEEE Industry and General Applications Group Annual Meeting*, IEEE 71C1-IGA, pp 877-884.

[20] RELATION, E. A., WINPISINGER, J. L., and MITCHELL, J. T. Uninterruptible Power System Using an Improved Magnetic Voltage Stabilizer. *Conference Record of the 1973 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting*, IEEE 73CH0763-31A, pp 17-23.

[21] RENFREW, R. M. Successful Uninterruptible Power Systems for Computers. *Conference Record of the 1968 IEEE Industry and General Applications Group Annual Meeting*, IEEE 68C27-IGA, pp 787-792.

[22] ROBERTS, A. M. Power Failure Ride-Through for an Inverter System Using Its Own Induction Motor Load as the Energy Source. *Conference Record of the 1968 IEEE Industry and General Applications Group Annual Meeting*, IEEE 68C27-IGA, pp 737-742.

[23] SCHWARM, E. G., and LITTLE, A. D. Computer Uninterruptible Power System with High Speed Static Bypass. Presented at the Summer Power Meeting and International Symposium of High Power Testing of the IEEE Power Engineering Society, Portland, OR, Jul 18-23, 1971.

[24] SUMMERS, G. E. Providing Reliable Power for Computer Systems. *Plant Engineering*, Jan 7, 1971.

[25] SWENSON, E. C. How to Select and Install Standby Electric Plants. *Electrical Construction and Maintenance*, Jan 1963.

[26] The Exciting World of Rechargeable Batteries. *Factory*, Apr 1967, pp 84-87.

[27] System for Orderly Emergency Shutdown. *Modern Manufacturing*, Dec 1969.

[28] Uninterruptible Power System Prevents Computer Downtime. *Rubber World*, Nov 1970, pp 58-60.

[29] The Electric Way to Standby Power. *Plant Operating Management*, Feb 1970, pp 62-65.

[30] Emergency and Standby Power Systems. *Electrical Consultant*, Oct 1971.

[31] The Automatic Transfer Switch Heart of Emergency Power. A Reliability Study of a Power Supply System. The Battery World. *Electrical Consultant*, vol 88, Nov 1972.

[32] Rating Factors for Generating Plants. Tech Bull T-917. ONAN Company, 1400 73rd Avenue NE, Minneapolis, MN 55432.

[33] TERVAY, J. C. Nickel Cadmium Pocket Plate Batteries for Standby Power Applications and Systems. Nife, Inc, 23 Dixon Avenue, Copiague, NY 11726.

[34] Standby Gas Turbine Alternator Package. Publ SD1954. International Harvester Company, 2200 Pacific Highway, San Diego, CA 92112.

[35] Synchronizer. Publ 200-Syn-68 (Gas Turbine). Electric Machinery Manufacturing Company, Minneapolis, MN 55413.

[36] Emergency Lighting Handbook. Radiant Industries, Inc, 10900 Burbank Boulevard, North Hollywood, CA 91601.

[37] GILL, J. D. Transfer of Motor Loads Between Out-of-Phase Sources. *Conference Record of the 1978 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting*, pp 1182-1189.



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

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES

**ADMINISTRACION Y USO DE MICROCOMPUTADORAS
(COMPLEMENTO)**

SEPTIEMBRE, 1982

I) Programa de entrega de equipo al cual incluire las fechas de entrega y la forma en que se almacenará.

II) Especificaciones del equipo.

III) Programa de montaje. Es indispensable preparar un programa de tallado de montaje para que el trabajo de las diversas secciones, proyectos civil, eléctrica, mecánica y otros que se realicen sin interferencias de una sección en otra, es decir el trabajo de todas las secciones se lleve a cabo con "Espíritu de Equipo", teniendo en cuenta el objetivo final del trabajo.

En este capítulo donde la experiencia acumulada por los ingenieros o por la organización de construcción, es más necesaria e insustituible para poder estimar en forma correcta las necesidades de una obra las características del equipo y la herramienta que deben emplearse en los tiempos de ejecución es preciso tener experiencias y estadísticas anteriores.

Aunque este problema se tratará posteriormente en otro capítulo, es necesario señalar aquí la importancia que tiene la acumulación sistemática de experiencias en el transcurso de cualquier obra de construcción para lo cual es necesario cuando se realiza una obra en el transcurso de la misma datos exactos y abundantes de costos unitarios y tiempos, así como datos de ajustes y pruebas de equipos que tendrán un valor incalculable en las siguientes obras que se ejecuten.

Por otra parte es también necesario que la preparación de los libros de Campo debe ejecutarse con gran cuidado y llegando hasta la planeación de cada detalle de cada trabajo.

La medida de la capacidad de un ingeniero le da su poder de previsión de una obra que se le ha encomendado.

IV) Relaciones con otras empresas y Organizaciones.

Fabricantes de equipo Eléctrico y Mecánico Distribuidores de equipos herramientas y materiales de construcción, organizaciones del estado, Sindicatos Obreros, Bancos y empresas de crédito, otras instituciones.

En muchas ocasiones los fabricantes de equipo exigen por condiciones técnicas o financieras la presencia de montadores en las obras para la instalación de los equipos. Es importante comprender exactamente cual es el número de sección y la función de estos montadores.

V) Relaciones con otras organizaciones de Construcción que participen parcialmente en la ejecución de una misma obra.

Trabajos civiles previos a la ejecución de una obra electromecánica coordinación de los trabajos eléctricos y mecánicos, trabajos electromecánicos auxiliares de las grandes obras de ingeniería civil, empresas, carreteras, vías férreas, estructura, edificios, obras urbanas y otras.

Coordinación con el personal civil en obras predominantemente electromecánicas como fábricas, subestaciones, plantas generadoras, líneas de transmisión, talleres, tubería, etc.

Coordinación y preparación de planos de trabajo de tallados de los trabajos de las obras civiles, mecánicas, eléctricas, químicas y administrativas.

Una vez más resulta aquí la importancia del trabajo en equipo para llevar a cabo una obra. Desde la escuela el estudiante debe aprender a entender las actividades de otras ramas de la ingeniería y sus actividades en relación con su propia actividad.

Lógicamente cuando dos actividades diferentes colaboran a un mismo fin, deben trabajar de acuerdo para lograr un resultado satisfactorio.

En algunos aspectos de las obras, la actividad electromecánica puede ser la parte central del proceso de construcción siendo otras actividades de ingeniería complementaria de la misma, mientras en otros momentos e obras, el papel de la ingeniería electromecánica es simplemente complementario de las otras actividades. Lo mismo puede ocurrir con el trabajo mecánico y eléctrico tratados separadamente.

Puede constar de las siguientes secciones principales:

1) Relación del trabajo a efectuar.

En este capítulo, debe tenerse un resumen de la obra a realizarse y de los métodos generales que van a utilizarse para ejecutarla.

2) Lista de Plomos 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 tentados y un programa definitivo inicial]

5) Personal de administración, supervisión y su costo.

6) Resumen de costos indicando las fechas parciales de los egresos principales de pago de listas de raya, materiales y equipos

VENTAS

Las ventas son de vital importancia para cualquier empresa. Es esencial obtener informes concisos, útiles y oportunos. Algunos de estos informes son los siguientes:

- 1.- VOLUMEN COMPARATIVO DE VENTAS por producto, cliente, territorio y vendedor, o por cualesquiera otras subdivisiones. Las cifras adquieren significado cuando se hace una comparación inmediata de las del mes con las del mismo mes del año anterior, por ejemplo.
- 2.- INFORMES DE COMISIONES detallan la devengada por el cuerpo de vendedores y forman parte del informe de gastos totales de ventas.
- 3.- EVOLUCIONES POR PRODUCTO, indican los productos defectuosos a los que se deben aplicar medidas correctivas.
- 4.- COSTOS DE VENTAS revelan el margen de utilidad de cada producto. Algunos de los informes requeridos por la contabilidad de ventas son:
 - a) Acumulativo de Ventas por Período, ventas del año a la fecha por producto, cliente, vendedor, distrito, y así sucesivamente.
 - b) Informes de comisiones.
 - c) Otros gastos de ventas por, anuncios y propaganda, reuniones, viajes y así sucesivamente.
 - d) Información sobre transacciones efectuadas, órdenes o pedidos, ajustes, devoluciones, y así sucesivamente.

- 5.- PROMOSTICO DE VENTAS que afectan al calendario planeado de producción, al financiamiento, y así sucesivamente.

FACTURACION

Una factura describe la mercancía o servicios vendidos, precios, número del artículo, información sobre el cliente, e importes; es la fuente de muchos asuntos contables que se efectúan en la estructura de la contabilidad del negocio. Las partidas de la factura aparecen en informes de ventas subyacentes; el importe de la factura se suma a las cuentas por cobrar; los artículos son descontados o deducidos del inventario, y los informes sobre impuestos son afectados por los cálculos de impuestos de la factura.

En cualquier empresa es constante la presión para que se preparen las facturas a tiempo, debido a que los pagos dependen generalmente de la cobranza de las facturas. Los registros de la factura incluyen:

- 1.- Identificación del cliente y su índice de crédito.
- 2.- Información sobre los impuestos.
- 3.- Descripción de los artículos, claves, precios y descuentos.
- 4.- Tipo de servicio, estructura de las tarifas y fechas de expiración.
- 5.- Otros datos: forma de embarque y forma de pago.

CUENTAS POR COBRAR

Las cuentas por cobrar representan el dinero que le debe a la empresa por mercancías o servicios prestados a sus clientes. La aplicación de cuentas por cobrar registra los cobros y los pagos; la meta es acelerar el cobro para poder poner a trabajar de nuevo el dinero, más rápidamente.

Los registros iniciadores son las facturas o notas de débito y los datos de ajustes de ventas. Los registros son:

- 1.- Estadísticas del índice de crédito de los clientes.
- 2.- La acumulación de cuentas para mostrar los vencimientos de pago en mora, o subdivisiones por fechas de vencimiento.
- 3.- Registro de cobros efectuados.
- 4.- Memoranda de créditos.
- 5.- Registros o libros auxiliares de cuentas por cobrar.

Se practican una de las dos formas básicas contables siguientes:

ACUMULACION DE SALDO. Los importes individuales de las facturas son acumulados periódicamente, sumados y sumados a las cifras acumuladas para arrojar un saldo o balance de la suma total por cobrar.

POR PARTIDA ABIERTA. Cada entrada al archivo de cuentas por cobrar se mantiene por separado para permitir preparar los informes a clientes con el detalle de cada partida y no solamente una suma de todas las partidas anteriores a determinada fecha.

INVENTARIO Y CONTROL DE MATERIAL.

La constabilidad de la cantidad y valor, en dinero, de la materia prima y de los artículos terminados, es un factor esencial para el control de costos y la buena operación de una empresa.

El balance informativo sobre material o productos terminados, es efectuado en varias categorías; en existencia, en pedidos, requisado, devuelto y consignado. El efecto de cada transacción en los balances se refleja en el informe del estado de existencias.

A través de un análisis de los informes se pueden descartar artículos

anticuados o de poco movimiento, eliminándolos de las existencias; los estereotipos o materias primas son pedidos con suficiente antelación para evitar retardos en la producción ocasionados por faltantes; se toma en cuenta al hacer pedidos para abarrotarse de material, de las ventajas que ofrecen las reducciones de precios, para ordenar las cantidades que representen una economía; se asegura el uso más eficiente de las existencias. Los registros requeridos son:

- 1.- Balances efectuados en fecha determinada.
- 2.- Listados de claves de cada artículo, por número de artículo, tipo, clase, etc., dependiendo de la clase de análisis requerida.
- 3.- Transacciones que afectan a los balances.
- 4.- Balances de cambios del informe del estado de las existencias.

CUENTAS POR PAGAR

Las cuentas por pagar son dinero que debe la compañía a sus proveedores. El objetivo de los registros de cuentas por pagar es el de llevar una cuenta de los compromisos contraídos, pagar oportunamente aquellos que ofrecen un descuento por pronto pago u oportuno, y llevar una cuenta de gastos de cada sección o departamento de la empresa.

El índice de crédito de una empresa es establecido principalmente por la rapidez con que cubra los adeudos de las facturas que recibe. Un procedimiento de cuentas por pagar, que funcione correctamente, asegura el pago oportuno y también hace notar los gastos extraordinarios que tal vez sea necesario revisar. Los registros requeridos son:

- 1.- Información sobre el proveedor, nombre, dirección, compras efectuadas al mismo, por artículos e importes.

- 2.- Un archivo de partidas con sus vencimientos de pago.
- 3.- Un resumen de distribución de cuentas por pagar para fácil co-dificación de su origen.
- 4.- Comprobantes de desembolsos y Comprobantes de Gastos, y otros similares.
- 5.- Registros de las facturas recibidas.

REMUNERACION DE SUELDOS Y MANO DE OBRA.

Estas cuentas cubren la compensación a los empleados por servicios prestados y la distribución de costos de mano de obra. Los registros requeridos son:

- 1.- Cifras del total devengado de las nóminas y de impuestos, del año a la fecha.
- 2.- Archivo maestro de empleados.
- 3.- Archivos de tarifas, aplicadas a trabajo a Costeo.
- 4.- Tarjetas u hojas de registro de asistencias.
- 5.- Registros de nómina.
- 6.- Estados y Cheques.
- 7.- Informes de distribución de nóminas.
- 8.- Informes de eficiencia.

CONTROL DE PRODUCCION

Este concepto se aplica constantemente para abarcar nuevas aplicaciones. El control de producción generalmente comprende los pronósticos de carga de máquinas y mano de obra, calendario de fechas de producción mediante procesamiento o calendario de fechas de disponibilidad de máquinas para procesamiento y el planeamiento completo para una eficiente producción.

El control de inventario está ligado con el de producción, ya que el total de partes y materia prima o material requerido debe constar en detalle por cada orden de material (si se requieren 8 soleras para una armadura y se pronostica fabricar 10,000 armaduras, se necesitarán 80,000 soleras). La nómina está ligada también, por el pronóstico de la mano de obra que se necesitará. Las cuentas por pagar, los pronósticos y actividades de ventas, y la contabilidad de plantas y equipo se ligan igualmente al de fabricación en la aplicación del control de producción.

Algunos de los registros requeridos son:

- 1.- Órdenes de material: detallando un producto en sus partes componentes.
- 2.- Cifras de capacidad de las máquinas.
- 3.- Cifras del estado de las existencias.
- 4.- Planes de mano de obra existente.
- 5.- Pronóstico de mercados por producto.
- 6.- Informes de progreso de cada fase de la producción.
- 7.- Órdenes de taller.



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

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES

**SELECCION Y ESPECIFICACION DE
EQUIPOS**

ING. JESUS AVILA ESPINOSA

SEPTIEMBRE, 1982

CARACTERISTICAS DE UNA INSTALACION

14. SELECCION Y ESPECIFICACION DE EQUIPOS

La selección y especificación de equipos se efectúa en base al proyecto de la obra.

Un proyecto está integrado por:

- 1.- Memoria descriptiva. Resumen de las bases, criterios y limitantes consideradas dentro del diseño.
- 2.- Memoria de cálculo. Trabajo realizado para la definición y dimensionamiento de los elementos del proyecto.
- 3.- Cantidades de Obra. Resumen de los materiales y equipos que se requieren en la construcción.
- 4.- Presupuesto. Estimación del costo de adquisición e instalación de la obra diseñada.
- 5.- Especificaciones. Establecimiento de las características de construcción y operación de los principales elementos del proyecto.
- 6.- Planos. Presentación gráfica resultante de los cálculos y criterios aplicados durante el diseño. Base para la construcción y/o distribución y montaje del equipo.

La selección del equipo dentro del diseño está definida principalmente en el concepto de "especificaciones" y complementada por los "planos".

ING. JESUS A. AVILA ESPINOSA

Economía _____	Costo inicial Costo de operación _____	Mano de obra Equipo
Vida útil _____	Deterioro Obsolescencia	
Eficiencia		
Respaldo _____	Servicio Refacciones	
Mantenimiento _____	Inspección Servicio Reparación Reemplazo Modificación	
Flexibilidad		
Simplicidad		
Confiabledad _____	Continuidad en el servicio	
Seguridad		
Adaptabilidad _____	Competibilidad Apariencia	

ING. JESUS A. AVILA ESPINOSA

T A B L A 14.0.2

RECURSOS PARA LA SELECCION DE EQUIPO

Experiencia	Propia Estadística Gráfica
Análisis de Ingeniería	Condiciones de operación Puntos de falla
Información de los fabricantes	
Normas y reglamentos	
Publicaciones de asociaciones.	

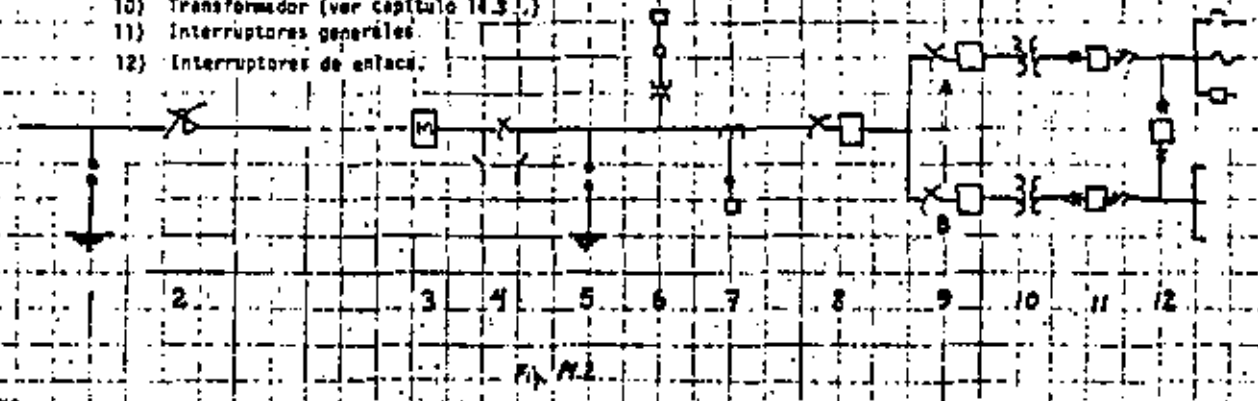
SECUENCIA PARA ADQUISICION O REEMPLAZO DE UN EQUIPO

1. Recopilación de información
 - Planeación del sistema (2)
 - Tensión (3)
 - Conductores (4)
 - Instalación en áreas riesgosas (12)
 - Plantas de emergencia (13)
 - Suministro (17)
 - Diagrama unifilar (18)
2. Planteamiento y análisis del problema
 - Fallas (5)
 - Protección (6, 8, 9)
3. Identificación de alternativas
4. Arreglo de equipo
5. Selección de equipo
 - Normas (11)
6. Elaboración de especificaciones
7. Evaluación de propuestas
8. Instalación
 - Pruebas (15)
9. Operación
10. Mantenimiento

Los números entre paréntesis representan el número de capítulo a que se hace referencia en este curso.

- 1) Apartarreyos (ver fig. 14.0.1)
- 2) Corta circuitos fusibles (ver fig. 14.0.1)
- 3) Equipo de medición
- 4) Cuchillas de prueba
- 5) Apartarreyos
- 6) Equipo de medición de potencial
- 7) Equipo de medición de corriente
- 8) Interruptor general
- 9) Interruptores derivados
- 10) Transformador (ver capítulo 14.3.)
- 11) Interruptores generales
- 12) Interruptores de enlace.

14.0.1
 14.0.1
 14.0.1



14.0.2
 14.0.2
 14.0.2

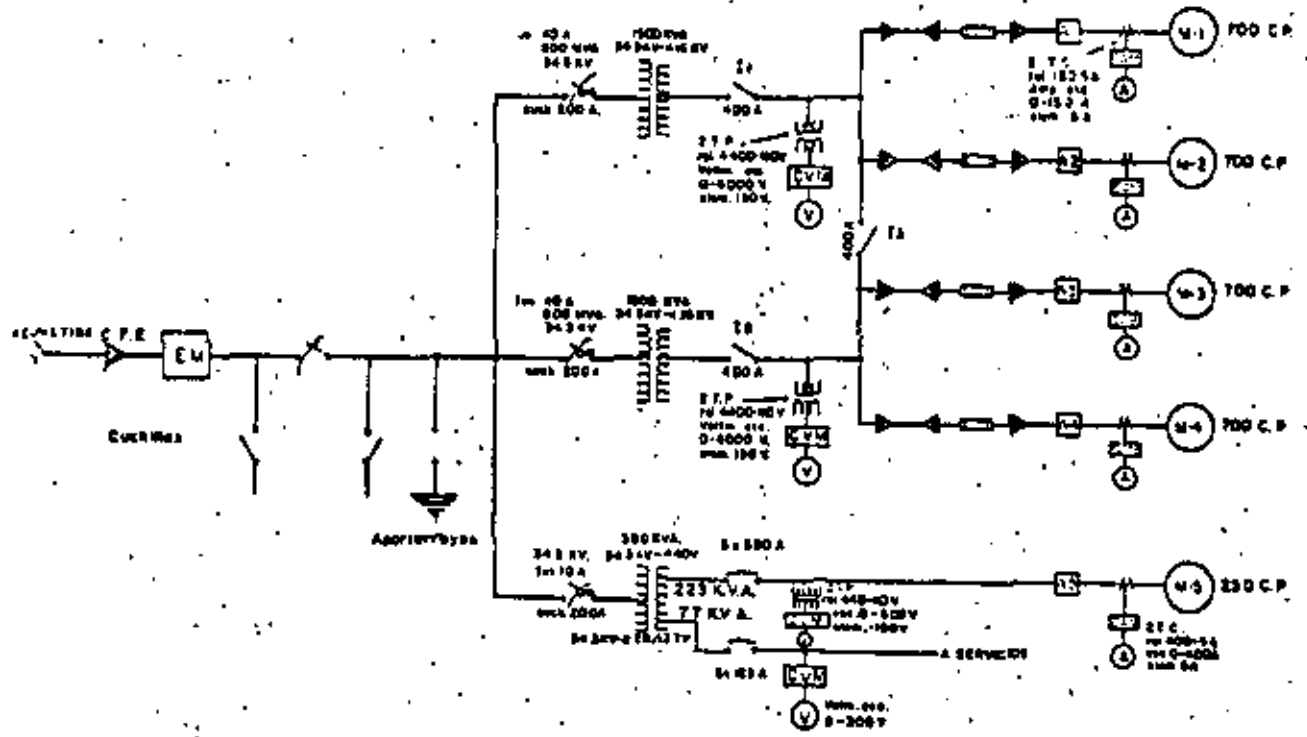


DIAGRAMA UNIFILAR

Fig. 14.0.1

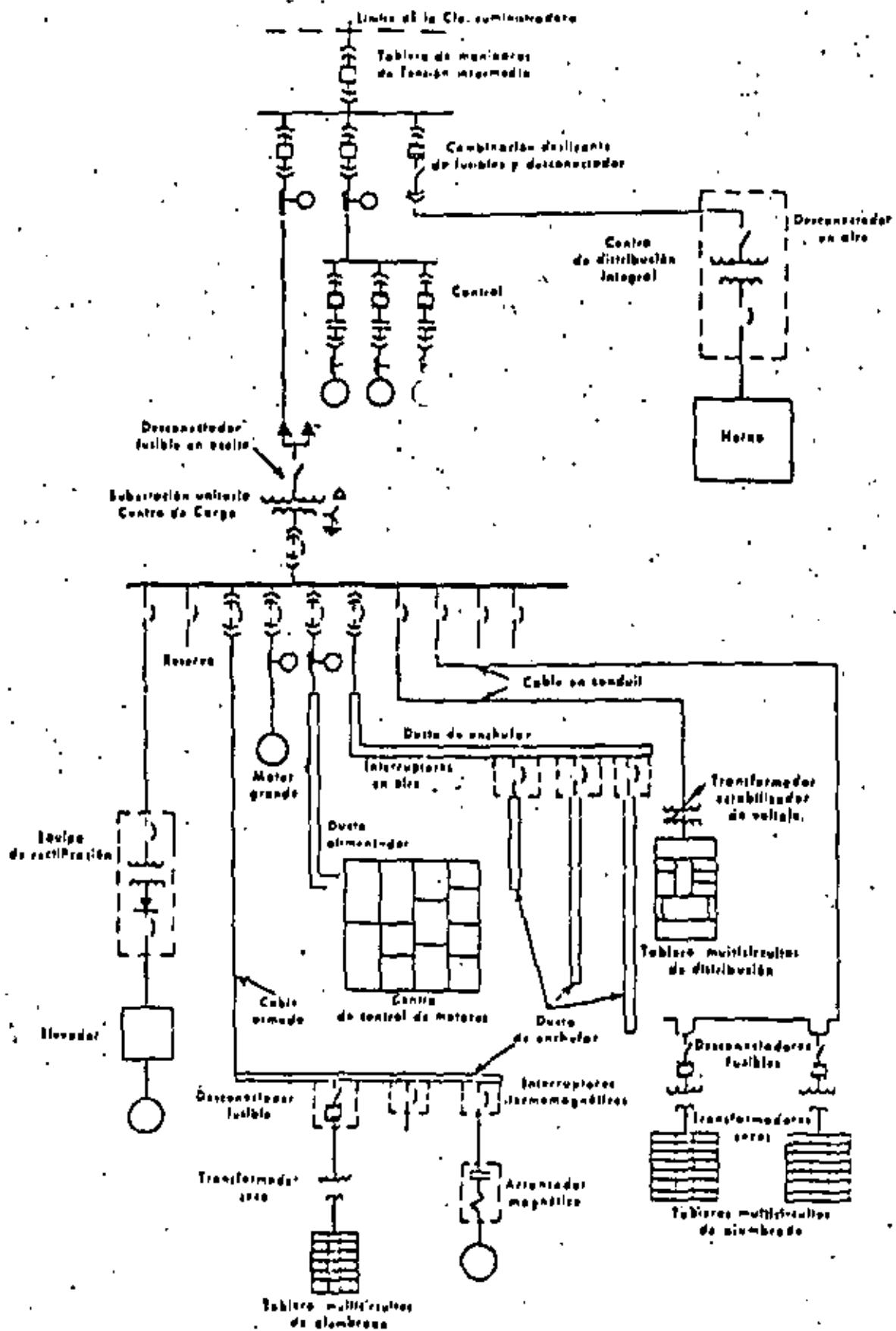


Fig. 14.0:2

14.1 EQUIPO DE SECCIONAMIENTO

Dentro de este concepto se consideran las cuchillas seccionadoras, entre las que debemos distinguir:

- Por su operación:
 - . Con carga
 - . Sin carga
- Por su apertura:
 - . Operación individual
 - . Operación en grupo
- Por su mecanismo de accionamiento
 - . Manual
 - . Eléctrico.

Las cuchillas seccionadoras, para operar sin carga, se utiliza normalmente en las siguientes aplicaciones:

- . Cambiar conexiones en un circuito.
- . Aislar al equipo eléctricamente para su reemplazo.

Las cuchillas, para operar sin carga, debería operarse después de abrir el circuito, lo cual se logra por medio de otros elementos.

Existen, adicionalmente, cuchillas para operar con carga.

14.2 INTERRUPTORES

Los interruptores son equipos de seccionamiento para operar con carga, los cuales reúnen las siguientes características generales:

- Mayor robustez. Esto es necesario para poder soportar los efectos mecánicos en la apertura y cierre.
- Mayor rapidez en la apertura y cierre. Esto se logra mediante carga mecánica o algún otro dispositivo que asegure una alta velocidad en la apertura o cierre.
- Protección contra el arco eléctrico. Esto se logra, normalmente, mediante:
 - . Cámara de arqueo. Tiene como objetivo descomponer un arco eléctrico en un mayor número de arcos de menor intensidad que produzcan menores efectos mecánicos.
 - . Cuerno de arqueo. Esto es un elemento sobre el cual se produce el arco, fuera de los elementos de desconexión para que el efecto mecánico de esta descarga no los afecte.
 - . Medio eficiente de extinción. Prácticamente los interruptores se clasifican en función de su medio de extinción, pudiendo ser:

Aire

Pequeño volumen de aceite

Gran volumen de aceite

Vacío

Hexafluoruro de azufre (SF₆).

Para la selección de un interruptor se debe tomar en consideración los siguientes conceptos:

- Corriente
- Capacidad interruptiva
- Tensión de operación
 - Baja tensión
 - Tensión media (2.3, 4, 16 KV).
 - Alta tensión.

En la selección de interruptores de alta tensión es muy importante tomar en consideración el fabricante y el desarrollo tecnológico actual.

Normalmente los interruptores van instalados dentro de gabinetes, dentro de los cuales se efectúa la conexión del interruptor con el sistema, se efectúa el control y la medición. El gabinete que presentaría mayores ventajas, sería aquel que sus dimensiones y distribución permita intercambiar diferentes tipos de interruptores e incluso de diferentes marcas.

14.3 TRANSFORMADORES

El transformador es un dispositivo estático de alta eficiencia, que por inducción electromagnética transfiere energía eléctrica de un circuito de corriente alterna a otro, sin contacto eléctrico entre los dos, a la misma frecuencia y cambiando los valores de tensión y corriente.

El traslado de energía eléctrica de un punto a otro actualmente representa problemas por la capacidad a transmitir, y la distancia entre los dos puntos, lo cual crea la necesidad de modificar la forma de efectuar esta transmisión mediante la elevación de la tensión y por lo tanto reducción en la corriente.

Un esquema típico de infraestructura eléctrica está constituido por:

- Generación.- Esto normalmente en plantas hidroeléctricas y termoeléctricas en tensiones hasta de 13 200 V.
- Transmisión.- A partir de la generación es necesario instalar una subestación elevadora para transformar la tensión de la generación en una tensión mayor para reducir las pérdidas.
- Utilización.- En esto tenemos las redes de distribución a partir de la reducción de la tensión de transmisión a la tensión de subtransmisión e de distribución y posteriormente a la de utilización.

Los transformadores se clasifican en:

- Por características eléctricas.
 - Transformadores de distribución
 - Transformadores de potencia
 - Capacidad menor o igual a 500 KVA
 - Tensiones primarias hasta de 67,000 V.
 - Tensiones secundarias hasta de 15,000 V.

- Por construcción.
 - Interiores
 - Intemperie

- Por forma de instalación.
 - Tipo poste
 - Tipo subestación.

- Por tipo de enfriamiento.
 - Secos
 - Aceite.
 - Líquidos aislantes.

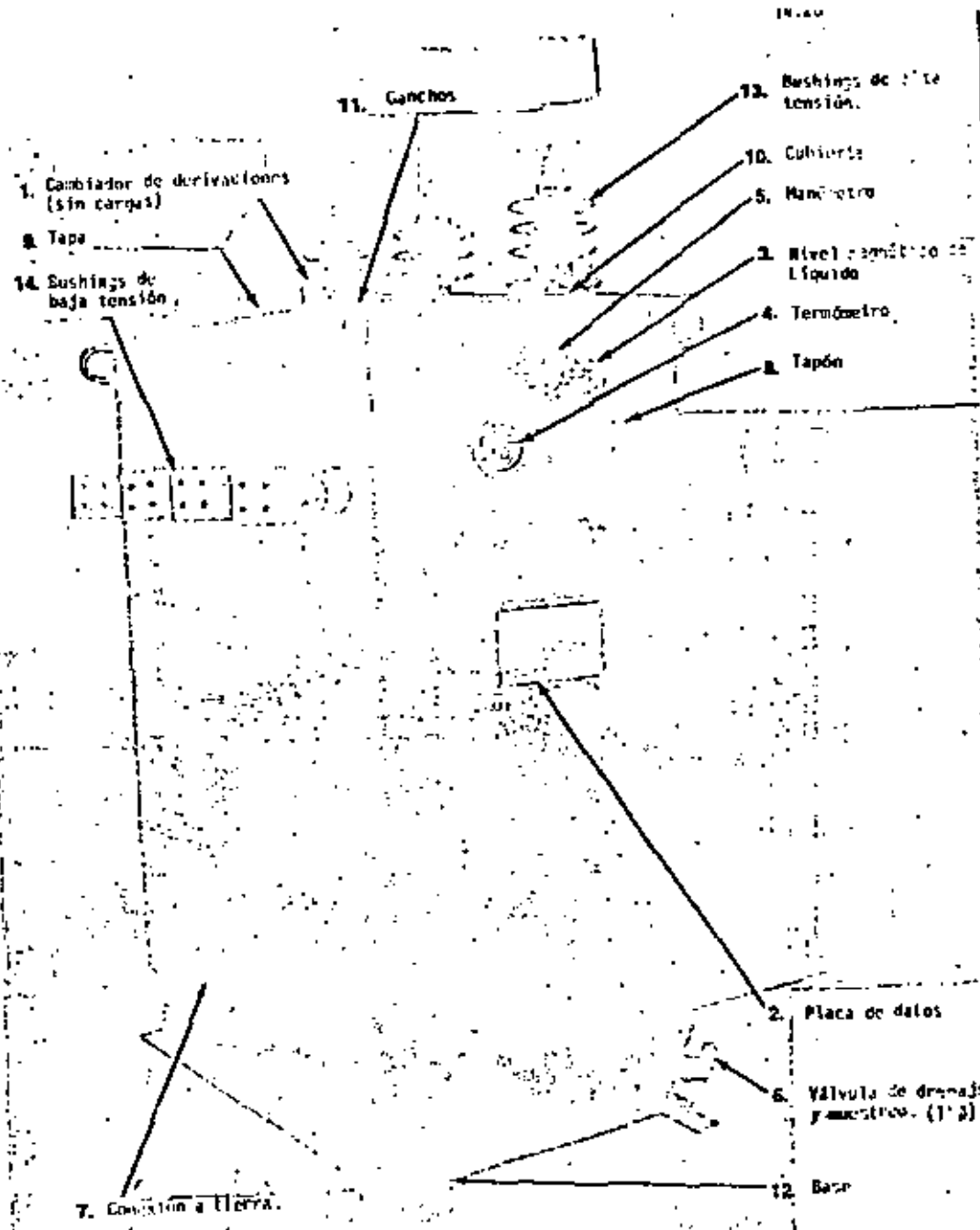
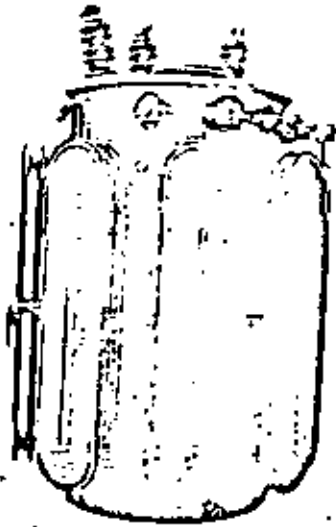


Fig. 14.3.1

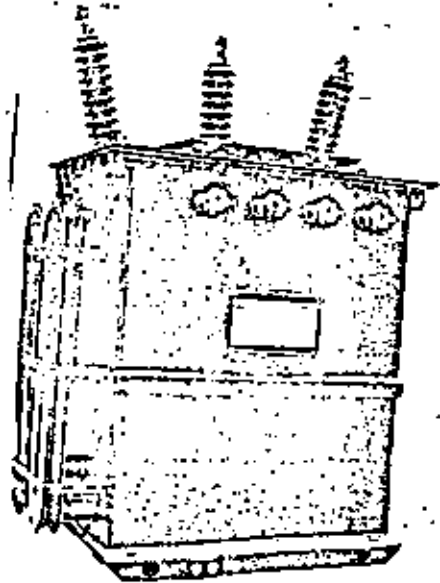
INDUSTRIAL POWER

INDUSTRIAL POWER



Tipo poste

Tipo subestación



TRANSFORMADOR TRIFASICO DE UN SOLO NUCLEO

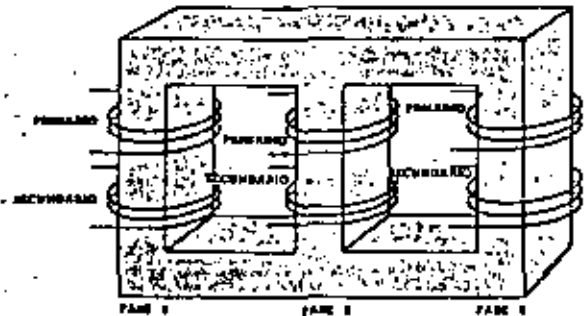


Fig. 14.3.3

FORMA DE ESPECIFICAR UN TRANSFORMADOR

Para definir un transformador es necesario proporcionar los siguientes datos:

1. Capacidad (KVA).
2. Número de fases
3. Frecuencia de operación (Hz).
4. Relación de transformación
(tensión en el primario-secundario)
5. Conexión (primario-secundario).
6. Número de derivaciones arriba y abajo del voltaje nominal y su porcentaje.
7. Tipo de enfriamiento
8. Servicio
9. Altura sobre el nivel del mar a la cual va a operar el transformador
10. Impedancia
11. Sobreelevación de temperatura (°C).
12. Gargantas de ductos en alta y baja tensión y su colocación relativa.
13. Accesorios
14. Condiciones especiales de servicio.

1.- CAPACIDAD DEL TRANSFORMADOR

La capacidad nominal de un transformador se define, como los KVA, que su devanado secundario es capaz de operar por un tiempo especificado, bajo condiciones de tensión y frecuencia de diseño, sin exceder los límites de temperatura establecidos por norma. En los transformadores en aceite la temperatura promedio de un devanado no debe exceder de 65°C, sobre una temperatura promedio de 30°C y máximo de 40°C.

Es muy importante que el responsable de la instalación calcule en forma correcta los KVA, de transformación que necesita, pues en caso contrario se llegará a la situación de tener capacidad ociosa, lo que representa valores altos de corriente de excitación y una inversión inicial mayor, ambos casos son costos que representa pérdidas para el usuario.

A continuación damos a conocer la forma de calcular los KVA, de transformación y un ejemplo para mayor entendimiento:

La forma de calcular la capacidad del transformador es:

$$C = \frac{CI \times FD}{fd}$$

- C = Capacidad
- CI = Carga instalada
- FD = Factor de demanda
- fd = Factor de diversidad

T A B L A 14.3.1

CAPACIDADES NOMINALES DE TRANSFORMADORES (KVA)

MONOFASICO

3 #
5
10
15
25
37.5
50
75
100
167
250
333
500

TRIFASICO

9 #
15
30
45

75
112.5
150
225
300
500
750 *
1000 *
1500 *

* Transformador de potencia

Transformadores secos Monofásicos 3 a 50 KVA
Trifásicos 9 a 150 KVA

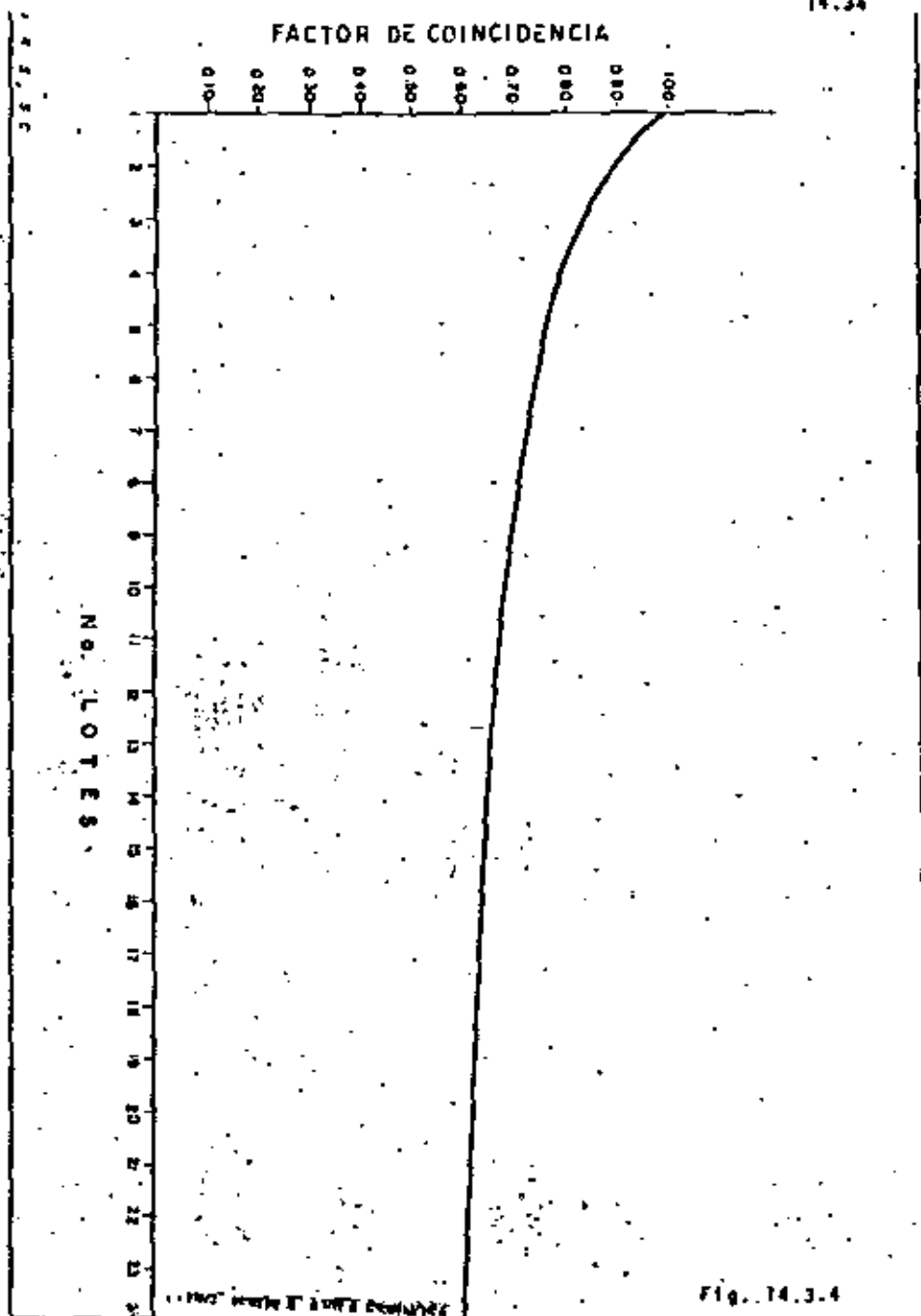


Fig. 14.3.4

IND. JESUS B. VICI ESPINOSA

EQUIPOS, CAPACIDAD Y HORARIO DE USO

ING. JESUS A. AVILA ESPINOSA

A R E A		S I S T E M A A C O N D I C I O N A D O				A L U M E R A D O		S E R V I C I O S A U X I L I A R E S		
T I P O	C A N T.	R T U H O R A	T O T A L E S K V.	T O T A L E S W A T T.	H O R A R I O	T O T A L E S K V.	H O R A R I O	T O T A L E S K V.	T O T A L E S W A T T.	H O R A R I O
COMPUTER	1	10000	10	1000	08:00-18:00	0.040	08:00-18:00	—	—	—
REY. COMIDA	1	20000	2	200	08:00-18:00	0.003	10:00-18:00	—	—	—
TELEVISION	1	—	—	—	—	—	—	0.000	—	10:00-18:00
EMERGENCIA	1	—	—	—	—	0.000	10:00-18:00	—	—	—
REPRODUCTOR	1	—	—	—	—	—	—	0.070	—	10:00-18:00
PLANCHA	1	—	—	—	—	—	—	1.000	—	10:00-18:00
TOSTADOR	1	—	—	—	—	—	—	1.000	—	10:00-18:00
LAVAVAJAS	1	—	—	—	—	—	—	0.000	—	10:00-18:00
QUINTO DE BARRIO	1	—	—	—	—	0.000	10:00-18:00	—	—	—
BAÑOS	1	—	—	—	—	0.100	—	—	—	—
ARMARIO	1	—	—	—	—	0.000	10:00-18:00	—	—	—
ALUMBRADO	1	—	—	—	—	0.000	10:00-18:00	0.070	0.100	0:00-24:00

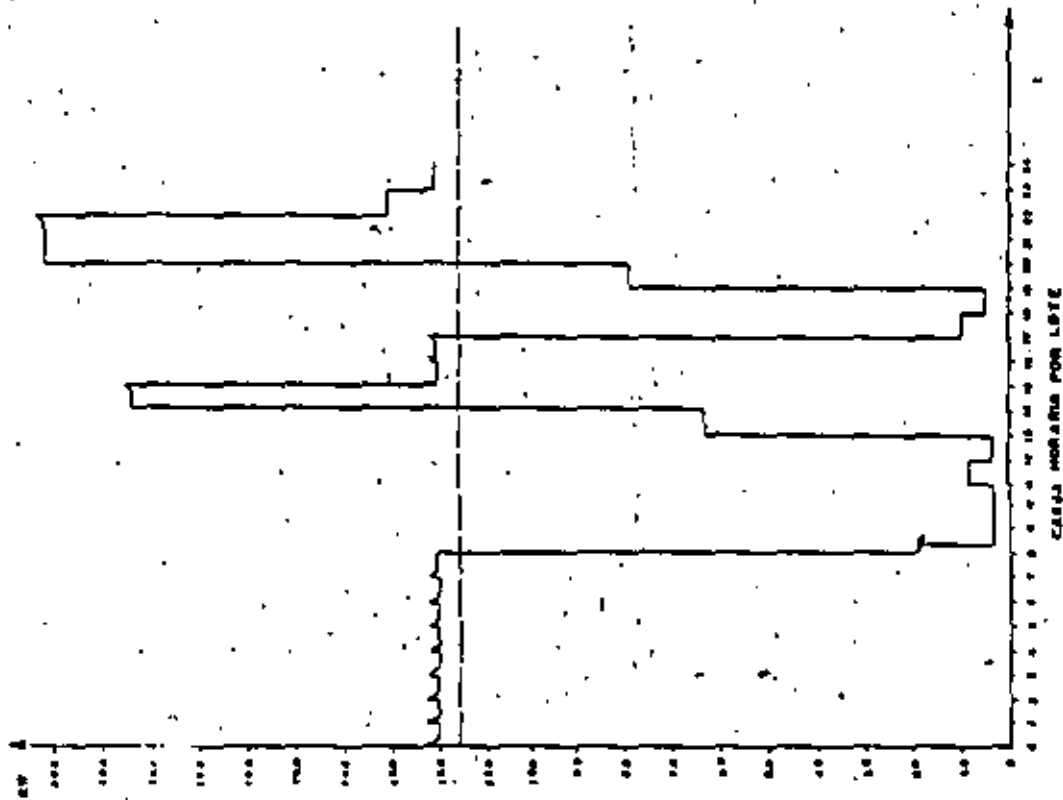


Fig. 14.3.5

ING. JESUS A. AVILA ESPINOSA

2. NUMERO DE FASES

En instalaciones industriales el número de fases es de 3, por las ventajas que representa.

La determinación de si el equipo de transformación por instalar debe ser banco de transformadores monofásicos o trifásicos, así como su tipo de conexión, debe ser el resultado de un análisis exhaustivo tanto técnico como económico. Para este análisis se debe considerar:

Ventajas del transformador trifásico:

Costo inicial más barato (aproximadamente 35%).

Costos más bajos de instalación y transporte

Menos peso total

Menos superficie requerida

Ventajas de los transformadores monofásicos:

En caso de avería puede remplazarse una sola unidad

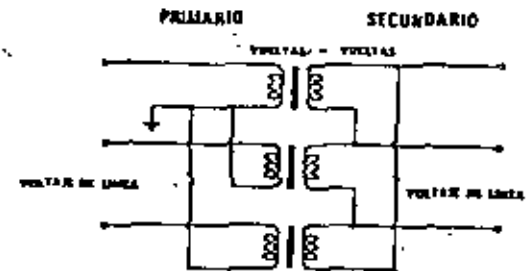
Normalmente se instala un cuarto transformador para asegurar la continuidad en el servicio.

Piezas de repuesto más baratas

Costo de reparación más barato

Más flexibilidad de voltaje.

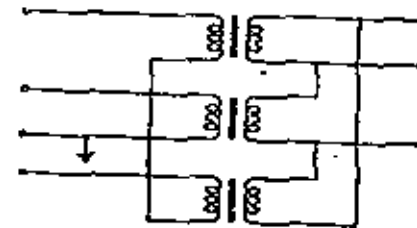
BANCOS DE TRANSFORMACION



TRIFASICO (Y-0)



Δ - ABIERTA



MONOFASICO (Y-Δ)

FIG. 14-3.6

5. NÚMERO DE DERIVACIONES

El valor de la variación con las derivaciones no debe exceder por norma del 10% de la tensión nominal.

El número más usual de derivaciones es cuatro, cada una del 2.5% del voltaje nominal primario; dos arriba y dos abajo de dicho voltaje.

En ocasiones se tienen también derivaciones de uno arriba y tres abajo de 2.5% cada uno.

CONEXIONES DE TRANSFORMADOR TRIFÁSICO

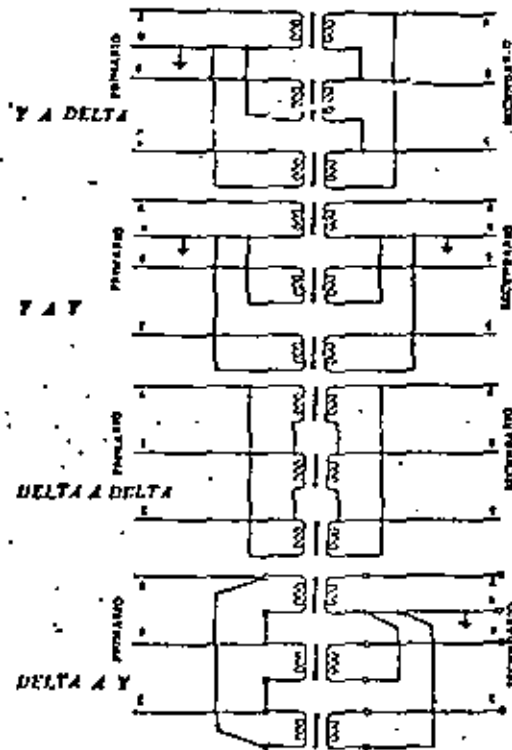


FIG. 14.3.7

9. ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR

A mayor altura sobre el nivel del mar, el aire se enrarece, se ioniza y rompe a tensiones menores, tiene menor densidad y por lo tanto su capacidad de disipación térmica se abate. Todos estos factores originan que se incremente el volumen y peso del transformador y por lo tanto su precio.

Los transformadores de distribución están diseñados para una altitud mínima de 1000 metros sobre el nivel del mar.

La altitud de 4500 metros es considerada la máxima para transformadores normales.

OPERACION A CAPACIDAD NOMINAL

Los transformadores construidos para altitudes de 1000 metros pueden operarse a capacidad nominal a mayores altitudes, siempre que la temperatura ambiente promedio máxima no exceda de $3^{\circ}\text{C}/1000\text{ m}$ por abajo de los 30°C , como se anota en la tabla 14.3.

OPERACION A CAPACIDAD REDUCIDA

Si la temperatura ambiente promedio máxima excede de los valores indicados pero sin exceder la temperatura promedio de 30°C , se puede operar a capacidad reducida, en un porcentaje de 0.4% (aproximadamente) por cada 100 metros en exceso de los 1000 m.

El aumento en la altitud produce disminución en la densidad del aire, lo cual a su vez disminuye la tensión de flanco.

La rigidez dieléctrica de algunas partes de un transformador, que dependen total o parcialmente del aire para su aislamiento, disminuye conforme la altitud aumenta. Para una clase de aislamiento, dada la rigidez dieléctrica a 1000 metros de altitud, debe multiplicarse por el factor de corrección apropiado para la nueva altitud a fin de obtener la nueva rigidez dieléctrica a la altitud especificada.

TABLA 14.3.3

CAPACIDAD NOMINAL DE TRANSFORMADORES
VARIACION POR ALTITUD Y TEMPERATURA

ALTITUD	TEMPERATURA PROMEDIO MAXIMA
1000 msnm	30°C
2000	27°C
3000	24°C
4000	21°C

TABLA 14.3.4

FACTORES DE CORRECCION DE RIGIDEZ DIELECTRICA

ALTITUD (msnm)	FACTOR DE CORRECCION
1 000	1.00
1 200	0.98
1 500	0.95
1 800	0.92
2 100	0.89
2 400	0.86
2 700	0.83
3 000	0.80
3 600	0.75
4 200	0.70
4 500	0.67

NOT WITH A TURT SHIELD

INSTRUMENTAL

TABLA 14.3
IMPEDANCIA EN TRANSFORMADORES

ALTA TENSION (VOLTS NOMINALES)	VOLTAJE	
	480 V	2 400 V ó mayor
2400 - 22500	5.75	5.5
26400 - 34400	6.25	6.0
43800	6.75	6.5
67000	7.0	7.0
115000	7.5	7.5
136000	8.0	8.0

13. IMPEDANCIA

El valor de la impedancia está definido por la suma vectorial de los valores de la resistencia y de la reactiva. Se mide en porcentaje o sea un número adimensional.

La impedancia depende en gran parte de la geometría y construcción de las bobinas.

El conocimiento del valor de la impedancia de un transformador, es necesario para seleccionar las protecciones adecuadas tanto para el transformador como para el sistema completo, ya que la impedancia es la limitadora de la corriente en caso de un corto circuito, por lo cual debe ajustarse a las normas y coordinarse correctamente con el circuito de protección.

La impedancia es de mucha importancia cuando el transformador vaya a operar en paralelo.

La impedancia de un transformador se mide colocando en corto circuito un devanado y haciendo circular por el otro corriente de plena carga, leyendo así directamente un voltaje, el cual nos sirve para calcular el porcentaje de impedancia del transformador.

El valor de impedancia de un transformador debe ser definido por:

- Su operación, como en el caso de trabajar en paralelo
- Valor de corto circuito en sus terminales secundarias
- Disponibilidad en el mercado de equipo de interrupción
- Valor de regulación que necesite el proceso, etc.

13. ACCESORIOS ESPECIALES DE TRANSFORMADORES

- Termómetro con contactos de alarma.
- Indicador del nivel del líquido aislante con contactos de alarma.
- Tanque conservador.
- Relevador Buchholz.
- Indicador de temperatura del punto más caliente, con contactos de alarma.
- Cambiador de derivaciones con 5 posiciones, además de la tensión nominal.
- Cambiador de derivaciones operado bajo carga.
- Ventiladores.
- Provisión para ventilación por aire forzado.
- Válvula de presión y vacío.
- Conectores para baja tensión.
- Conectores para alta tensión.
- Boquillas de A.T. y B.T. con un aislamiento mayor al de la tensión nominal.
- Base con ruedas para rolar en dos sentidos.
- Caja de boquillas o brida para acoplar a un tablero en el lado de alta tensión.
- Caja de boquillas o brida para acoplar a un tablero en el lado de baja tensión.

14. CONDICIONES ESPECIALES DE SERVICIO.

Condiciones de servicio fuera de las indicadas en los párrafos anteriores, se deben especificar previamente al fabricante. Ejemplo de algunas de estas condiciones son las siguientes:

- vapores o atmósferas dañinas, exceso de polvo, polvo abrasivo, mezclas explosivas de polvo o gases, vapor de agua, ambiente salino, humedad excesiva, etc.
- Vibraciones anormales, golpes o cambios de posición.
- Temperaturas ambiente excesivamente bajas o altas.
- Condiciones de transporte o almacenaje poco usuales.
- Limitaciones de espacio.
- Otras condiciones de operación, dificultades de mantenimiento, tensión desbalanceada, forma de onda deficiente, necesidades especiales de aislamiento, etc.

OTRAS CARACTERISTICAS DE LOS TRANSFORMADORES

En mantenimiento se debe verificar lo siguiente:

- 1) Relación de transformación.
- 2) Resistencia de aislamiento.
- 3) Factor de potencia del aislamiento.
- 4) Resistencia óhmica de los devanados.
- 5) Revisar el termómetro.
- 6) Verificar el nivel de aceite.
- 7) Limpiar el tanque y bushings.
- 8) Verificar fugas.
- 9) Verificar el estado y sellado de las juntas.
- 10) Apriete general de tornillería y conexiones.
- 11) Verificar la ventilación del local en que se aloja el transformador.
- 12) Verificar que no haya trazos de carbón, ni desprendimiento de gases e humos.
- 13) Verificar las características del aceite mediante una muestra.

- Operación a tensiones superiores a la nominal.
Los transformadores deben ser capaces de operar:
 - Con 5% arriba de la tensión nominal del secundario a capacidad nominal en KVA, sin exceder los límites de sobre elevación de temperatura. Este requisito se aplica cuando el factor de potencia de la carga es de 80% mayor.
 - Con 10% arriba de la tensión nominal del secundario en vacío, sin exceder los límites de sobre elevación de temperatura.

NOTA: Para cualquier derivación se aplican los mismos requisitos anteriores.

Nivel de ruido.

Los transformadores deben estar contruidos para que el promedio del nivel de ruido no exceda los decibeles especificados en la tabla 14, cuando el transformador sea excitado a tensión nominal, sin carga y sea medido en las condiciones indicadas en el método de prueba.

Los valores en decibeles indicados en la tabla corresponden a los KVA nominales equivalentes a un transformador de dos devanados - con la elevación de temperatura permitida por esta norma, para cualquier frecuencia hasta 60 Hz.

T A B L A 14.3.7
CARACTERISTICAS DE TRANSFORMADORES

CLASE DE AISLAMIENTO (KV)	VOLTAJE APLICADO (KV)	NIVEL BASICO DE IMPULSO (KV)	
		DISTRIBUCION	POTENCIA
1.2	10	30	45
2.5	15	45	60
5.0	19	60	75
8.7	26	75	95
15.0	34	95	110
25.0	50	150	150
34.5	70	200	200
46.0	95	250	250
69.0	140	350	350
92.0	185		450
115.0	230		550

T A B L A 14.3.6

NIVEL DE RUIDO (db) EN TRANSFORMADORES

	C L A S E			
	AA	AFA	DA	FA
Equivalente a dos devanados (NVA normales)				
Hasta 200	64	70	56	70
300 a 500	68	71	60	70

SOBRECARGA EN TRANSFORMADORES

Número de veces
de corriente nominal

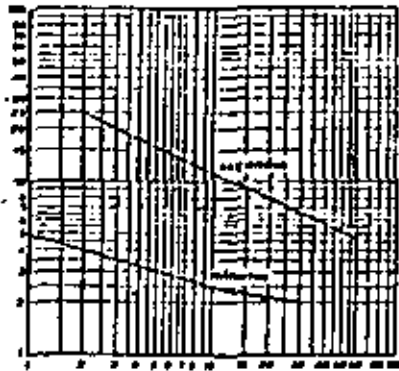


FIG. 14.3.8

Transformadores en baño de aceite.
Temperatura ambiente 30°C.
Enfriados por ventilación natural

DESIGNACION DE LAS TERMINALES DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS Y MONOFÁSICOS.

De acuerdo con las normas industriales, la terminal de alta tensión marcado H1, es el de la derecha, visto el transformador desde el lado de alta tensión y las demás terminales "K" siguen un orden numérico de derecha a izquierda. La terminal Ho de los transformadores trifásicos, si existe, está situado a la derecha del H1, visto el transformador desde el lado de alta tensión.

En los transformadores monofásicos la terminal de baja tensión H2, está situado a la derecha, visto el transformador desde el lado de baja tensión, si el transformador es de polaridad aditiva (H1 queda diagonalmente opuesto a H2), o la izquierda, si el transformador es de polaridad subtractiva (H1 y H2 son adyacentes).

En los transformadores trifásicos, la terminal X1 queda a la izquierda, visto el transformador desde el lado de baja tensión. Las terminales X1 y X3 están situados para que las tres terminales queden en orden numérico de izquierda a derecha. La terminal Xo, si existe, está situado a la izquierda de la terminal X1.

POLARIDAD DE LOS TRANSFORMADORES

El objetivo es determinar el desplazamiento angular expresado en grados entre el vector que representa la tensión de línea a neutro de una fase de alta tensión y el vector que representa la tensión de línea a neutro en la fase correspondiente en baja tensión.

La polaridad de un transformador de distribución monofásico puede ser aditiva o substractiva. Una simple prueba para determinar la polaridad de un transformador es conectar dos bornes adyacentes de los devanados de alta y baja tensión y aplicar un voltaje reducido a cualquiera de los devanados.

La polaridad es aditiva si el voltaje medido entre los otros dos bornes de los devanados es mayor que el voltaje en el devanado de alta tensión (fig. A).

La polaridad es substractiva si el voltaje medido entre los dos bornes de los devanados es menor que el voltaje del devanado de alta tensión (fig. B).

De acuerdo con las normas industriales, todos los transformadores de distribución monofásicos de hasta 200 KVA con voltajes en el lado de alta de hasta 8,660 volts (voltaje del devanado) tienen polaridad aditiva. Todos los demás transformadores monofásicos tienen polaridad substractiva.

La polaridad reviste una gran importancia en la conexión de los transformadores, sobre todo si éstos han de ser conectados en paralelo o en bancos.

CONEXION EN PARALELO DE TRANSFORMADORES MONOFASICOS

Si se necesita mayor capacidad, pueden conectarse en paralelo dos transformadores de igual o distinta potencia nominal. Los transformadores monofásicos de polaridad aditiva o substractiva pueden conectarse en paralelo si son idénticos sus voltajes nominales, derivaciones y frecuencia, además de sus impedancias deben ser similares entre sí en $\pm 7.5\%$.

14.4 EQUIPO EN BAJA TENSION

CARACTERISTICAS EN LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCION

COMPARIA SUMINISTRADORA

1.1 Características generales

Tensión: 127 V (Tolerancia $\pm 10\%$)
 220 V
 13.2 KV

Frecuencia: 60 Hz (Tolerancia $\pm 2\%$)

1.2 Responsabilidades

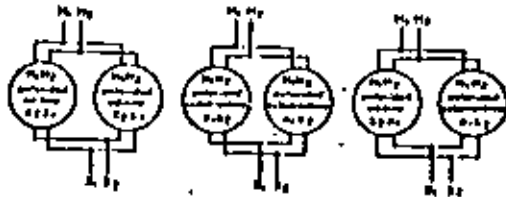
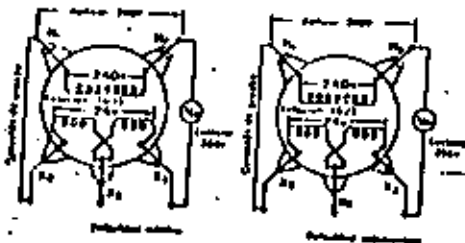
- Hasta el punto de entrega
- En interrupciones por servicio:
 - Avisar de la suspensión con una anticipación mínima de 72 h
 - Procurar sea menor a 24 h/mes y/o 8 h/día y/o se presente en horas de menor perjuicio
- No existe responsabilidad en interrupciones por causas de fuerza mayor y/o menores de 2 h.

EQUIPOS

Tensión: 127 V, 220 V, 440 V, 600 V, 2300 V, 4160 V

Frecuencia: 75, 60, 60, 50/60 Hz

Número de fases: 1, 2, 3



Número de hilos: 1, 2, 3, 4

Combinaciones: 1F, 2F

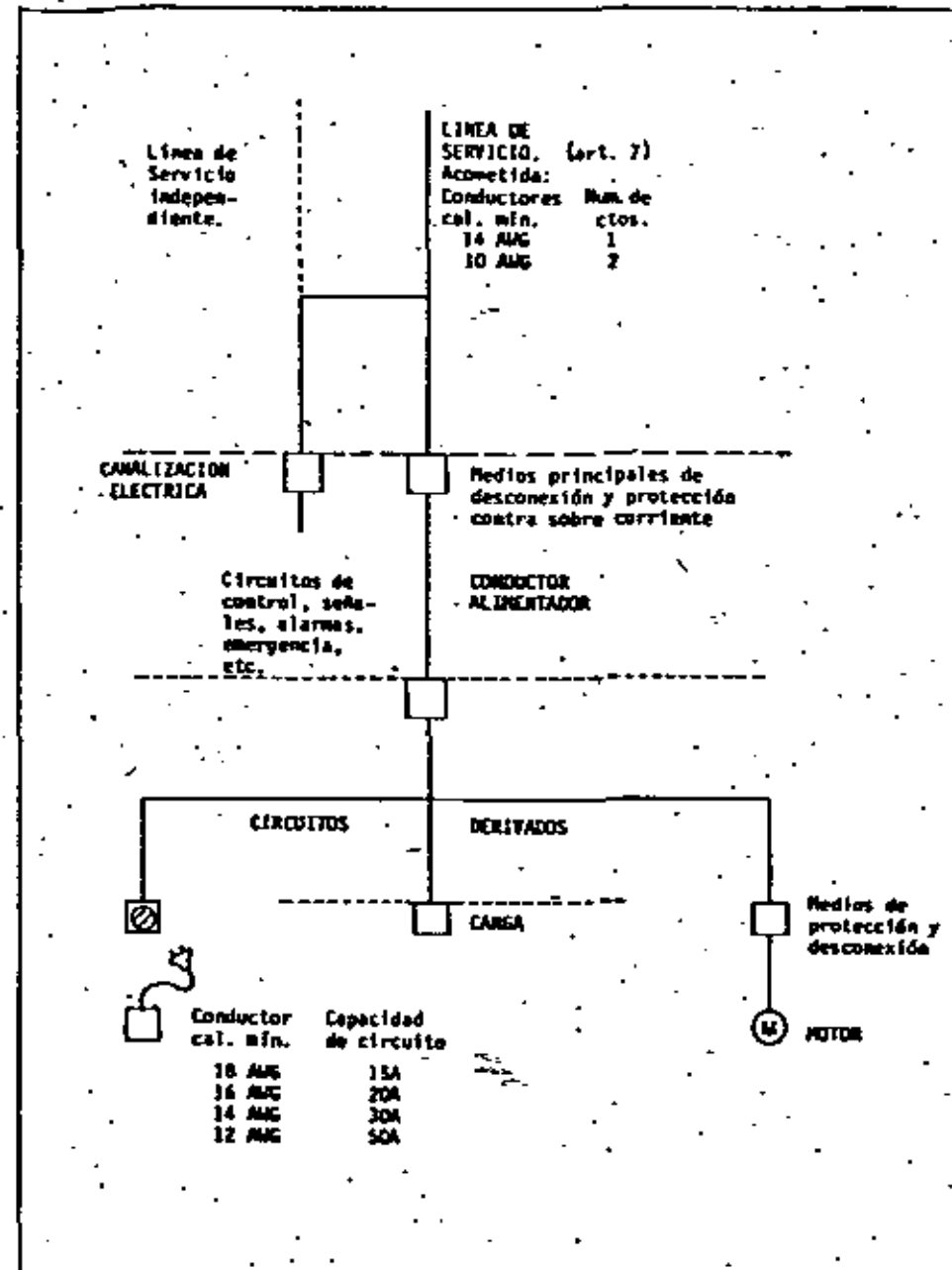
2F, 2N

3F, 3N

3F, 4N

Corriente: alterna
directa

• Automóviles



SOBRECORRIENTE

La sobrecorriente en un circuito eléctrico se presenta por los siguientes conceptos:

SOBRECARGA.— Es un exceso de corriente dentro del circuito establecido; los efectos son:

Calor

Magnetismo

Arqueo

El incremento de los efectos se presentan en forma gradual; en los dos primeros en forma directamente proporcional al cuadrado de la corriente.

Las principales sobrecargas se presentan:

- Conexión de un mayor número de dispositivos en circuitos.
- Conexión de un dispositivo de mayor capacidad.
- Motores por causas:
 - Mecánica
 - Bajo voltaje
 - Falla de fase

CORTO CIRCUITO. Es un exceso de corriente fuera del circuito establecido, debido principalmente a fallas:

— Aislamiento

— Contacto

— Aislamiento

Las fallas pueden ser:

- Entre fases
- Entre fase y tierra

El incremento de

— Aislamiento

— Aislamiento

Las sobrecargas de

— Conexión de

— En circuitos

— Motores por

— Mecánica

— Bajo voltaje

— Falla de fase

PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTE

La capacidad de los dispositivos de protección no deberá ser mayor que la corriente permitida por los conductores del circuito.

Cuando el circuito alimenta a un solo aparato con capacidad mayor de 10A, la capacidad máxima de la protección contra sobrecorriente es del 150%.

- MOTORES EN SERVICIO CONTINUO.

Mayores de 1 CP

Dispositivo de sobrecorriente individual con ajuste máximo del 140% de la corriente nominal a plena carga.

Menores de 1 CP

Arranque Manual

Se considera protegido contra sobrecorriente por el dispositivo de protección del circuito derivado si no excede de 20 A.

Arranque Automático

Dispositivo de sobrecorriente individual con ajuste máximo del 140% de la corriente nominal a plena carga.

ING. JESUS A. AVILA ESPINOSA

DISPOSITIVOS DE PROTECCION DE MOTORES

28-18 Fusibles. Conductores en los que se intercalan. Si se usan fusibles para la protección contra sobrecorriente del motor, deberán intercalarse en cada conductor no conectado a tierra.

28-19 Dispositivos que no sean fusibles, tales como bobinas de disparo, relevadores o elementos térmicos, que se permiten y su colocación.

Clase de motor	Sistema de abastecimiento	Número mínimo y colocación de las unidades de protección contra sobrecorriente
Monofásico o de C.D.	Bifilar, monofásico o de C. D., no conectado a tierra.	Uno, en cualquier conductor.
Monofásico o de C.D.	Bifilar, monofásico o de C. D., un conductor conectado a tierra.	Uno, en el conductor no conectado a tierra.
Monofásico o de C.D.	Trifilar, monofásico o de C. D., neutro conectado a tierra.	Uno, en cualquiera de los dos conductores no conectados a tierra.
Trifásico.	Trifilar, trifásico no conectado a tierra.	Dos, en dos conductores cualesquiera.
Trifásico.	Trifilar, trifásico, un conductor conectado a tierra.	Dos, en los conductores no conectados a tierra.
Trifásico.	Trifilar, trifásico, neutro conectado a tierra.	Dos, en dos conductores cualesquiera.
Trifásico.	Tetrafililar, trifásico, neutro conectado a tierra.	Dos, en dos conductores cualesquiera excepto el neutro.

MOTORES EN SERVICIO INTERMITENTE.

Se considera protegido contra sobrecorriente por el dispositivo de protección del circuito derivado, si éste no es mayor del 400% de la corriente nominal a plena carga del motor.

MOTORES CON CORRIENTES INFERIORES A 6A.

Se consideran protegidos con el dispositivo de protección contra sobrecorriente de 15A del circuito derivado.

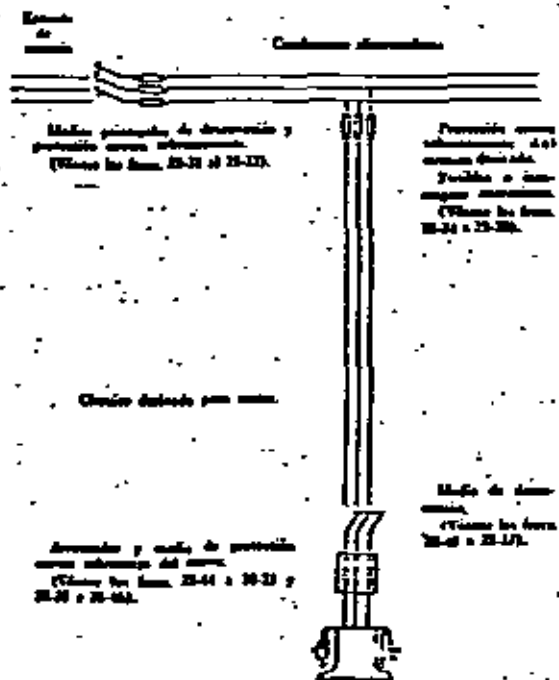
Los conductores de control (2R-2S) se consideran protegidos contra sobrecorriente por dispositivos que no excedan del 500% de la corriente permitida por los conductores.

23

REGLAMENTO DE OBRAS

DIAGRAMA REPRESENTATIVO DE LA FORMA MAS CORRECTA DE CONECTAR UN MOTOR.

Para una forma permitida en cualquier caso, véase el artículo 20.



TABLEROS

Un tablero de distribución es un ensamble de uno o mas interruptores o seccionadores con otros equipos de control, medición y protección en una estructura que contiene las interconexiones entre los aparatos, un bus principal y una serie de accesorios como soportes, aisladores, barras, etc.

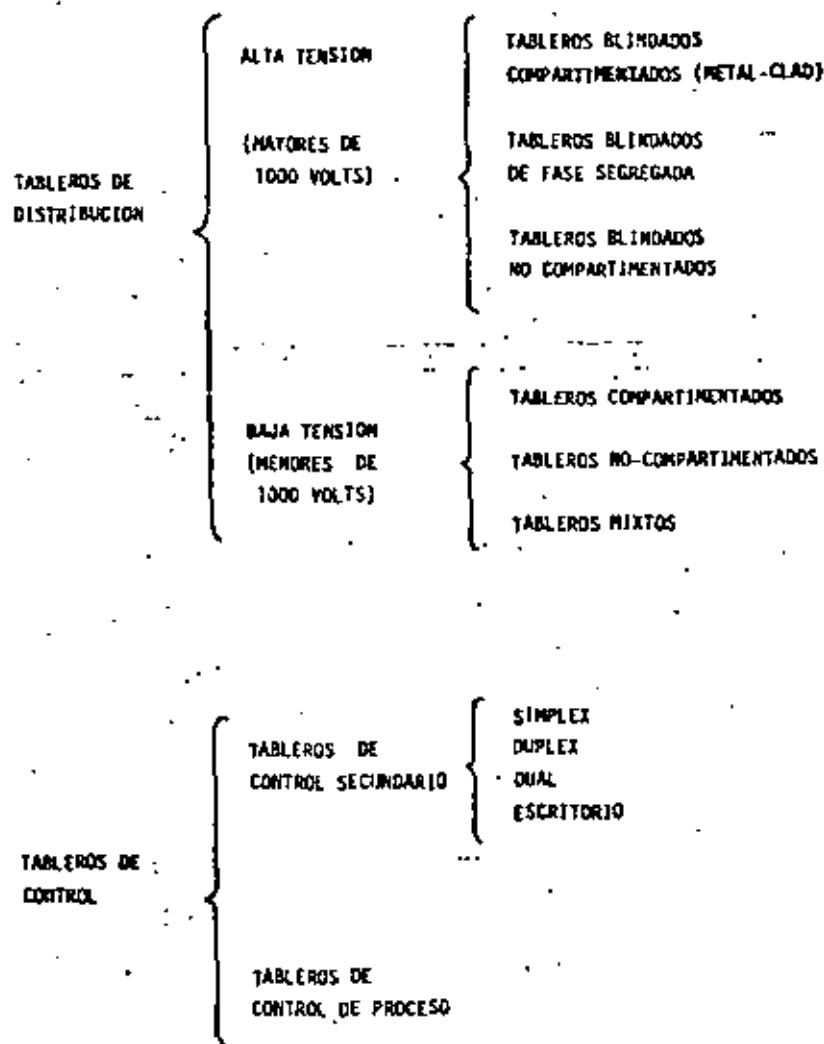
Los tableros de distribución son aplicados en las plantas industriales a través de todo un sistema de potencia, pero su principal uso es en la entrada de las líneas del servicio (acometida) y en el control y protección de los centros de carga, motores, transformadores y otros equipos de distribución secundaria.

Los tableros los podemos clasificar en:

- Tablero abierto.- Es aquel que no cuenta con una envolvente metálica como extensión o parte de su estructura.
- Tablero en gabinete.- Generalmente consiste en una estructura metálica envolvente con tapas metálicas en la parte superior y todos sus lados.

Por su localización los tableros pueden ser:

- Interior
- Intemperie



TIPOS DE GABINETE O CAJAS
(DESIGNACION NEMA Y CONNIE)

ISSA, JESUS A. AVILA ESPINOSA

T I P O	SERVICIO	PROTEGE AL EQUIPO CONTRA	GABINETE RESISTENTE
1 Usos generales	Interior	Contactos accidentales de personas	
2 A prueba de gotas	Interior	Gotas de líquidos no corrosivos, salpicadura de lodos.	
3 Para servicio intemperie	Exterior	Tormentas, aire húmedo	A la corrosión
3A A prueba de lluvia	Exterior	Lluvia.	A la corrosión
4 Hermético al agua y al polvo	-	Condensaciones externas, salpicaduras de agua, chorro de manguera	
4X Hermético al agua polvo y resistente a la corrosión	-	Condensaciones externas, salpicaduras de agua, chorro de manguera	A la corrosión (metálico o políéster)
5 Hermético al polvo	Interior	Polvo	
6 Sumergible, hermético al agua y polvo	Interior Exterior	Inmersión ocasional chorros directos de agua y polvo	

14.71

ISSA, JESUS A. AVILA ESPINOSA

T I P O	SERVICIO	PROTEGE AL EQUIPO CONTRA	GABINETE RESISTENTE
7 A prueba de gases explosivos (Equipo encerrado en aire)	Atmósferas peligrosas	Una explosión interna sin causar peligros externos	
8 A prueba de gases explosivos (Equipo encerrado en aceite)	Atmósferas peligrosas	Chispas Una explosión interna sin causar peligros externos	
9 A prueba de polvos explosivos (Equipo encerrado en aire)	Atmósferas peligrosas	Ingreso de cantidades peligrosas de polvos explosivos	
10 Para uso en minas	Atmósferas con metano y aire		A explosión
11 Resistente a la corrosión (Equipo encerrado en aceite)	-	Condensaciones externas de líquidos corrosivos, humos y gases corrosivos	A la corrosión
12 Uso industrial Hermético al polvo	Interior	Fibras, insectos, pelusas, polvos, salpicaduras ligeras, gotas y condensaciones externas de líquidos	
13 Uso industrial Hermético al aceite y polvo	Interior	Aceites líquidos refrigerantes Polvos	

14.72

TABLERO METAL-CLAD

El equipo de interrupción es de tipo removible, con mecanismo para moverlo físicamente entre las posiciones de conectado y desconectado, equipados con medios de autoalineamiento e inserción.

Insular al contacto interior

Sección de los conductores

Las partes principales del circuito primario, tales como equipo de interrupción, transformadores de potencia, etc. deben estar rodeados por barreras metálicas aterrizadas, para asegurar que las partes energizadas del circuito primario no sean accesibles cuando las puertas estén abiertas.

Todas las partes vivas del circuito primario son automáticamente cubiertas cuando los aparatos removibles están en las posiciones de prueba o desconexión.

Las barras y conexiones son cubiertas con material aislante.

Los aparatos son provistos de enlaces o bloques mecánicos para asegurar su correcta secuencia de operación.

Alargos

Alargos

Los instrumentos, medidores, relevadores, aparatos de control secundario y su alambreado, son aislados por cubiertas metálicas aterrizadas de todos los elementos del circuito primario.

Alargos

Alargos

Alargos

TABLEROS BLINDADOS DE ALTA TENSION NO COMPARTIMENTADOS.

En estos tableros los aparatos de alta tensión deben ser de montaje fijo.

Las conexiones a los aparatos de alta tensión pueden efectuarse con conductores forrados o desnudos según se especifique. Cuando se usen conductores desnudos, dichos soportes deben ser de porcelana o de un material equivalente.

Los soportes de los conductores deben tener las resistencias mecánica y dieléctrica adecuadas para soportar los esfuerzos de corte circuito especificados y la prueba dieléctrica correspondiente.

En los tableros de alta tensión que contengan un desconectador con carga combinado con fusibles, las puertas deben quedar entrelazadas mecánicamente, de tal manera que los fusibles no sean accesibles mientras dicho desconectador esté cerrado.

Alargos

Alargos

TABLEROS DE BAJA TENSION COMPARTIMENTADOS

Los interruptores

de baja tensión

de baja tensión

de baja tensión

Cada interruptor debe tener su compartimiento.

Los instrumentos

Los instrumentos de medición y control, elementos indicadores y otros dispositivos, deben alojarse en compartimientos propios o en las puertas o cubiertas frontales de los compartimientos de interruptores.

Las barras colectoras

Las barras colectoras, deben alojarse en el espacio restante del tablero, donde pueden colocarse también transformadores de medición y control, fusibles, reactores, apartarrayos y condensadores.

Las barras colectoras correspondientes a diferentes fuentes de alimentación se separan en compartimientos propios.

TABLEROS DE BAJA TENSION CON INTERRUPTORES DE POTENCIA ENCHUFABLES

- Estos tableros deben ser compartimentados.
- Cada compartimiento de interruptor debe llevar al frente una puerta a menos que el interruptor esté provisto de una cubierta integral.
- Deben proporcionarse cubiertas posteriores y superiores, en cantidad suficiente para permitir el libre acceso a las barras y conexiones que no sean accesibles por el frente.
- Deben proporcionarse medios mecánicos para el cierre y disparo de interruptores de operación eléctrica. El interruptor debe poder dispararse desde el frente del tablero.
- El indicador del cierre o apertura del interruptor debe quedar visible por el frente del tablero.
- Deben proporcionarse dispositivos de entrelace mecánico para:
 - Evitar el enchufe o desenchufe del interruptor cuando esté cerrado.
 - Mantener trabado el interruptor en su posición de enchufado.
 - Evitar el cierre del interruptor mientras no esté en la posición de "enchufado" o no haya una distancia segura entre los elementos de conexión primaria móviles y sus contrapartes estacionarias.
- Las barras colectoras y sus conexiones deben estar desnudas, excepto cuando la distancia entre ellas o a tierra indique que es necesario aislarlas.

Todos los interruptores enchufables, con el diseño mecánico y características nominales exactamente iguales, deben ser físicamente intercambiables en todos los compartimientos correspondientes. Esto no implica necesariamente intercambiabilidad en los circuitos auxiliares secundarios.

Las conexiones del alambreado secundario entre el elemento enchufable y su contraparte estacionaria, deben estar provistas de medios de desconexión automática, cuando éste se mueva de la posición de enchufado, a menos que los contactos de desconexión secundarios posean la posición de prueba.

TABLEROS DE BAJA TENSION NO COMPARTIMENTADOS

- Estos tableros no deben llevar barras entre sus elementos, tales como interruptores, equipos de medición y control, barras colectoras, etc.
- En estos tableros se deben montar interruptores en caja moldeada, desconectores con o sin fusibles u otros similares.
- Las conexiones de los interruptores y otros dispositivos de desconexión a las barras colectoras pueden hacerse con alambre, cable o solera según se especifique.
- En los casos de usarse alambre o cables, estos deben estar aislados con aislamiento termoplástico para 90°C y 600 V.

El tablero de alambreado se clasifica como tablero de distribución en baja tensión, no compartimentado.

ARREGLO DE FASES Y POLARIDAD

El arreglo de fases debe ser 1, 2, 3 contando del frente hacia atrás, de arriba hacia abajo o de izquierda a derecha, visto el tablero desde el lado del mecanismo de operación del interruptor principal.

La polaridad en C.D., debe ser positiva, negativa de frente hacia atrás, arriba a abajo, izquierda a derecha, visto desde el mecanismo de operación del interruptor principal.

LOCALIZACION DE EQUIPO

Debe evitarse la localización de aparatos en lugares inaccesibles.

Los instrumentos y otros aparatos indicadores montados verticalmente deben ser localizados (cuando sea práctico) a un nivel entre 1.27 y 1.9 m del piso.

Los conmutadores de control y transferencia deben ser localizados entre 1.02 y 1.68 m sobre el piso.

LIMITEZ DE TEMPERATURA

La temperatura del aire que rodea los cables de fuerza en el compartimiento de salida no debe exceder 55°C.

Las partes externas expuestas a contacto por personal, están sujetas a los siguientes límites de temperatura:

- Partes que el operador debe manipular en su trabajo normal: 50°C (totales).
- Superficies externas accesibles a un operador en su trabajo normal: 70°C (totales).
- Superficies externas no accesibles a un operador en sus tareas normales: 110°C (totales).

DR. JESÚS A. AYLA ESPINOSA

T A B L A
LIMITEZ DE TEMPERATURA EN BARRAS

TIPO DE BUS Y CONEXION	ELEVACION AXIAL PUNTO MAS CALIENTE (°C)	TEMPERATURA TOTAL PUNTO MAS CALIENTE (°C)
Buses y conexiones de cobre a cobre (Punto de conexión)	30	70
Buses y conexiones plásticos (o equivalente) (punto de conexión).	55	105
Conexión a cables aislados (Cobre a cobre)	30	70
Conexión a cables aislados (Superficies plásticas)	45	85

Los interruptores son dispositivos diseñados para proporcionar un medio de:

- Apertura y cierre manual o controlado de un circuito.
- Apertura automática del circuito, protegiéndolo contra posibles daños producido por las condiciones de sobrecorriente.
- Desconexión del circuito.

Los dispositivos protectores de circuitos están diseñados para permitir que fluyan las sobrecorrientes normales (arranque de motores y sobrecargas mecánicas momentáneas) y abrir al presentarse una sobrecorriente durante un período normal de tiempo.

Los interruptores protegen con una característica de retardo de tiempo inverso contra condiciones de sobrecorriente, respondiendo al aumento de calor y magnetismo producido por el flujo excesivo de corriente.

El elemento que protege contra sobrecargas es generalmente un elemento térmico que responde a incrementos de calor.

En los interruptores el dispositivo de protección contra corto circuito es la unidad magnética que reacciona al incremento de magnetismo que resulta del aumento del flujo de corriente.

INTERRUPTORES ELECTROMAGNETICOS

Los interruptores electromagnéticos para bajos voltajes son de construcción abierta, ensamblados en estructuras metálicas y diseñados para que todas sus partes sean accesibles para su mantenimiento, reparación y fácil remplazo. Sus unidades de disparo tienen un gran campo de ajuste y son completamente intercambiables en un mismo tamaño (o marco) de interruptor.

En la actualidad estas unidades de disparo por sobrecorriente se construyen en los tipos electromecánicos y de estado sólido, con accionamientos por C.A. o C.D.

Cuando se necesitan capacidades interruptivas de 200 KA o más, se pueden utilizar los modelos con fusibles limitadores de potencia integrados, los cuales tienen equipo de protección contra operación monofásica.

Estos interruptores están diseñados para montarse en cubículos y pueden ser de ejecución extraíble (Draw - Out), lo que da flexibilidad en mantenimiento.

Su operación puede ser eléctrica o manual.

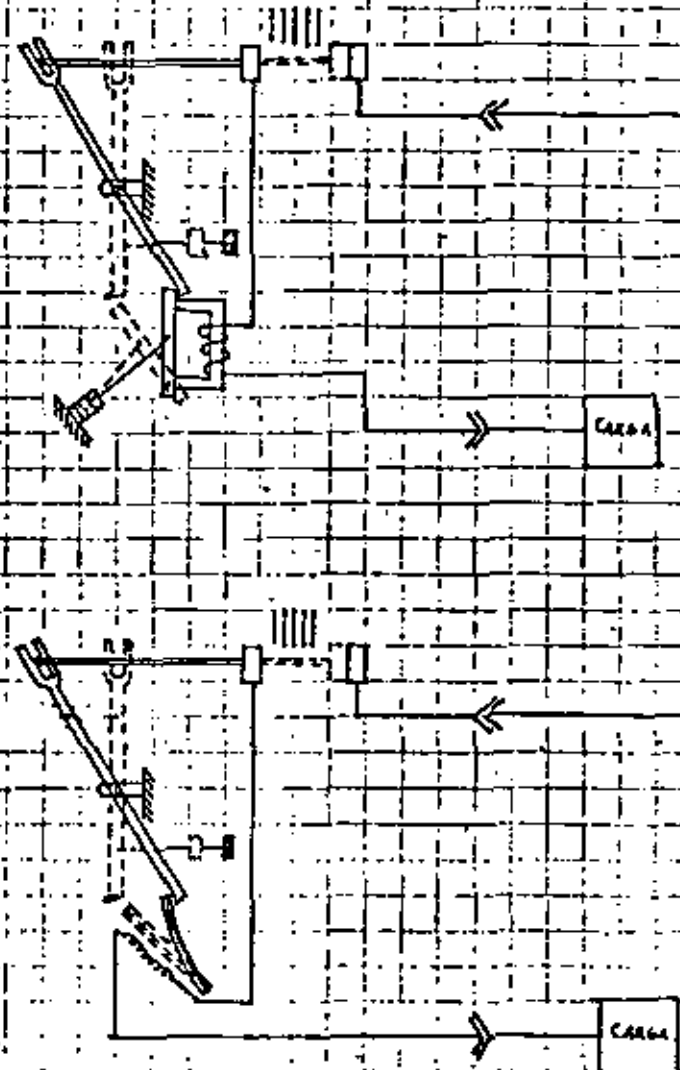
INTERRUPTORES EN CAJA MOLDEADA

El interruptor automático en caja moldeada es un aparato de interrupción y equipo de protección ensamblados en una caja de material aislante. Los interruptores automáticos en caja moldeada están sellados de fábrica para prevenir los daños en sus contactos debidos a la falta de precaución en su inspección. La falta de partes de repuesto en el mercado, obliga al remplazo total de la unidad si se presentan fallas.

Se tienen de los siguientes tipos:

- Termomagnético.- Este tipo tiene un elemento de disparo térmico para sobrecargas y un elemento de disparo instantáneo magnético de protección contra corto circuito.
- Magnético.- Este tipo solo tiene elemento de disparo instantáneo magnético para emplearse cuando solo se requiere protección contra corto circuito.
- Combinación de termomagnético con fusible.- Este tipo combina la protección termomagnética normal contra corto circuito y sobrecarga, con la protección que ofrecen los fusibles limitadores de corriente contra altas corrientes de falla.
- Termomagnéticos de alta capacidad interruptiva.- Este tipo proporciona mayor protección contra altas corrientes, que los termomagnéticos normales, sin la necesidad de fusibles limitadores y sin incrementar su tamaño. Esta línea incorpora contactos y mecanismos más robustos en cajas de alta impacto.

ING. JESÚS A. AVILA ESPINOSA



A. AVILA ESPINOSA

INTERRUPTORES DE SEGURIDAD PARA BAJO VOLTAJE

Los interruptores de seguridad para bajo voltaje son blindados y pueden o no tener fusibles. Este tipo es operado manualmente desde fuera de la caja.

Si el interruptor está adecuadamente aplicado para la capacidad de un motor, éste será capaz de interrumpir la máxima corriente de sobrecarga, ya que éstos se construyen para conducir más de seis veces la corriente de plena carga. En la aplicación de fusibles en los interruptores de seguridad se debe observar la siguiente regla. "La capacidad de los fusibles aplicados a un interruptor de seguridad no debe exceder del 80% de la capacidad de conducción del mismo interruptor sin fusibles".

Con la combinación interruptor-fusibles limitadores de corriente se pueden obtener altas capacidades interruptivas, pero nunca se debe asumir que la combinación de un fusible con alta capacidad interruptiva y un interruptor de baja capacidad, proporciona una elevación de capacidad interruptiva.

selector simplificado para planeamiento de centros de control

COMBINACION DE INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO Y ARRANCADOR *

Tamaño MVA	Máx. HP Potencia		Alt. de Unidad en m. (pulg.)	
	220 V.	440 V.	No Rev.	Rev.
1	7½	10	0.30 (12)	18
2	15	25	0.50 (20)	24
3	20 30	40 50	15 30	30 42
4	50	100	30	48
5	100	200	45	78

* Todas las unidades caben en armarios de 30 cms. de ancho.
† Tipo no combustible. El espacio de aire de estas unidades no es disponible para la construcción tipo empalmado y respaldos.

INTERRUPTOR DE NAVAJAS CON FUSIBLES. INTERRUPTOR GENERAL O DERIVADO — 3 POLOS *

Capacidad Amperes	Perforación emp.	Alt. de la Unidad en m. (pulg.)	
		220 V.	440 V.
30	30 60	12 12	12
60	60 100	15 15	15
100	100 200	18 21	21
200	200 400	21 36	24 39

* Todas las unidades caben en armarios de 30 cms. de ancho.

COMBINACION DE INTERRUPTOR DE FUSIBLES Y ARRANCADOR *

Tamaño MVA	Máx. HP Potencia		Fusible Amp.	Alt. de Unidad en cm. (pulg.)	
	220 V.	440 V.		No Rev.	Rev.
1	3 7½	7½ 10	30 60	12 12	18
2	10 15	15 25	60 100	21 21	33
3	30 30 30	30 30 30	100 200 400	33 33 47	48 51 57
4	60 60	100 100	200 400	39 51	57 69
	90	400	400	48	65

* Todas las unidades caben en armarios de 30 cms. de ancho.

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION MONOFASICOS. 120V & 120/240V Secundario

Capacidad KVA	Altura de Unidad en m. (pulg.)
3	12
5	15
7½	21
10	18
15	27
20	30
25	33
30	33

Estas unidades de baja capacidad se les puede instalar en la parte inferior de la armario general. El espacio de aire de estas unidades no es adecuado para la construcción tipo empalmado y respaldos.

INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS GENERALES O DERIVADOS — 3 POLOS *

Máximo Amperes (continuo)	Marca	Cap. Interruptor en AMPERES RMS y V.		Altura de Unidad en m. (pulg.)
		240 V.	480 V.	
100	F.A.	18,000	14,000	12
225	K.A.	25,000	22,000	18
400	L.A.	42,000	30,000	24
600	N.A.	42,000	30,000	24

* Todas las unidades caben en armarios de 30 cms. de ancho.
† También se usan en unidades de 30 m. (12") para montar 2 interruptores en serie. ‡ Tipo no combustible. El espacio de aire de estas unidades no es disponible para montar unidades en construcción tipo empalmado y respaldos. † El espacio de 22 m. (8") mínimo de la parte inferior de estas unidades, cuando estas se instalan en la parte superior de la armario.

TABLEROS DE ALUMBRADO DE TIPO INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO *

No. de derivados	Altura de Unidad en m. (pulg.)
8 — 12	18
14 — 20	21
22 — 30	24
32 — 42	30

* Todas las unidades caben en armarios de 30 cms. de ancho.

CARACTERÍSTICAS DE LOS ARRANCADORES

TIPO AUTO TRANSFORMADOR

VENTAJAS

- 1.- El balance entre tensión y par de arranque se logra mediante las tres pierns del auto-transformador.
- 2.- Alta eficiencia del par de arranque.
- 3.- Flexibilidad para la aplicación.
- 4.- Protección contra bajo voltaje.
- 5.- Ralievador de sobrecarga bimetalicos.

DESVENTAJAS

Ciclo de trabajo limitado por el autotransformador.

TIPO MAGNETICO

6.- Largo vida con pocas partes móviles.

- 1.- Operación automática después de la señal de arranque.
- 2.- Operación a control remoto de acuerdo a las necesidades.
- 3.- Mayores ciclos de operación que el tipo manual (15 s en periodos de 4 min durante 1 hora y después un periodo de descanso de 2 horas).
- 4.- Circuito de transición cerrado. (El motor sin conexión desde arranque hasta plena carga, sin interrupciones de corriente).
- 5.- Protección al auto-transformador.

Más caro que el tipo manual.

TIPO MANUAL

VENTAJAS

- 1.- Menor costo que el magnetico.

DESVENTAJAS

- 1.- Operación más difícil que el magnetico.
- 2.- No se arranca en periodos de 4 min. y con un total de cuatro ciclos.
- 3.- Circuito de transición abierto.

RESISTENCIA PRIMARIA

- 1.- El motor en funcionamiento y par de arranque se logra mediante las tres pierns del auto-transformador.
- 2.- Alta eficiencia del par de arranque.
- 3.- Flexibilidad para la aplicación.
- 4.- Protección contra bajo voltaje.
- 5.- Ralievador de sobrecarga bimetalicos.

1.- Bajo par de arranque cuando el voltaje disminuye.

2.- Las características de arranque no son fácilmente ajustables después de manufacturarse.

DEVANADO BIPARTIDO

- 1.- El motor en funcionamiento y par de arranque se logra mediante las tres pierns del auto-transformador.
- 2.- Alta eficiencia del par de arranque.
- 3.- Flexibilidad para la aplicación.
- 4.- Protección contra bajo voltaje.
- 5.- Ralievador de sobrecarga bimetalicos.

1.- No requiere baja eficiencia de par.

2.- No recomendable para motores de alta inercia.

3.- Requiere diseños de motores especiales para motores arriba de 220 V.

4.- Para circuitos ligeros únicamente.

5.- Las características del par o corriente de arranque no son ajustables.

ESTRELLA DELTA

VENTAJAS

- VENTAJAS**
- 1.- Alta capacidad de trabajo en el arranque y aceleración durable.
 - 2.- Par eficiente por ser alto.

DESVENTAJAS

- 1.- Las características de arranque y par no son ajustables para motores con alta inercia.
- 2.- Requiere de un diseño especial en el motor.
- 3.- Circuito de transición abierta.
- 4.- Para cargas ligeras únicamente.

ING. JESUS C. A.

1991

T A B L A 14.4.1

CARACTERISTICAS DE LOS ARRANCADORES

ARRANCADOR	CORRIENTE EN EL ARRANCADOR	PAR DE ARRANQUE	VOLTAJE EN EL MOTOR
Auto	64	64	80
Transformador			
Magnético	42	42	65
Manual	25	25	50
Resistencia	80	64	80
Primaria			
Devanado	45	42	100
Dipartido			
Estrella	33	33	100
Delta			

ING. JESUS C. A. AVILA ESPINOSA

TABLA 14.4.2

CARACTERISTICAS DE LOS ARRANCADORES

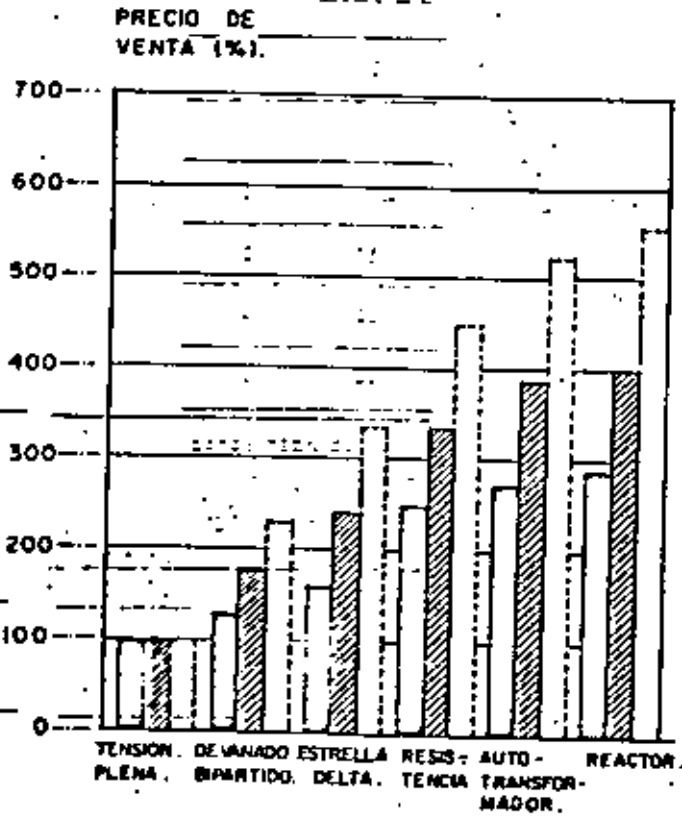
TAMANO NEMA	H.P. MAXIMOS		
	110 V	220 V	440 V
0	2	3	5
1	3	7.5	10
2	7.5	15	25
3	15	30	50
4	25	50	100
5	50	100	200

DATOS TECNICOS DEL ARRANCADOR

Volt	Tamano del Arrancador	H.P. Maximas		Regimenes de amperes en 3 horas de servicio continuo		Regimenes de amperes carga lampara de tungsteno	H.P. maxima para servicios de arranque de contrarrotacion y de avance con interrupciones		Carga termica realizable en kW		Datos de voltamperos en la bobina y 60 ciclos				Tiempo aproximado de funcionamiento en ciclos a voltaje nominal y 60 ciclos por segundo	
		Mono-fásico	Mona-tresico	En caja Abierta			Mono-fásico	Poli-fásico	Mono-fásico	Poli-fásico	Tamaños 0 y 1 2, 3, 4 polos		Tamaños 0 y 1 5 polos		Ciclos de cierre	Ciclos de apertura
				Abierta VA	Cerrada VA						Abierta VA	Cerrada VA				
170	00	1	1.5	9	10	5	...	...	...	...	160	25	200	30	1 -11%	30-1
	0	2	2	18	20	10	1/2	1	...	...	160	25	200	30	1 -11%	30-1
	1	3	3	27	30	15	1	2	...	...	160	25	200	30	1 -11%	30-1
	2	...	3	45	50	30	2	...	3	8.5	160	25	200	30	1 1/2 -2	30-1
	3	...	...	90	100	60	...	...	10	17	625	50	825	70	2 -2 1/2	30-1
4	...	...	135	150	120	...	...	15	26	625	50	825	70	2 -2 1/2	30-1	
208/240	00	1	1	9	10	5	...	...	...	...	160	25	200	30	1 -11%	30-1
	0	3	2	18	20	10	1	1 1/2	...	...	160	25	200	30	1 -11%	30-1
	1	...	3	27	30	15	2	3	6	10	160	25	200	30	1 -11%	30-1
	2	1 1/2	3 1/2	45	50	30	5	10	10	17	160	25	200	30	1 1/2 -2	30-1
	3	3	...	90	100	60	...	20	20	34	625	50	825	70	2 -2 1/2	30-1
4	5	...	135	150	120	...	30	30	52	625	50	825	70	2 -2 1/2	30-1	
480	00	...	...	9	10	5	...	...	...	...	160	25	200	30	1 -11%	30-1
	0	...	...	16	20	10	...	2	...	...	160	25	200	30	1 -11%	30-1
	1	1 1/2	...	27	30	15	...	5	17	20	160	25	200	30	1 -11%	30-1
	2	3	...	45	50	30	...	15	20	34	160	25	200	30	1 1/2 -2	30-1
	3	5	...	90	100	60	...	30	40	68	625	50	825	70	2 -2 1/2	30-1
4	10	...	135	150	120	...	60	60	105	625	50	825	70	2 -2 1/2	30-1	
600	00	...	...	9	10	5	...	...	...	...	160	25	200	30	1 -11%	30-1
	0	...	...	18	20	10	...	2	...	...	160	25	200	30	1 -11%	30-1
	1	1 1/2	...	27	30	15	...	5	15	25	160	25	200	30	1 -11%	30-1
	2	3	...	45	50	30	...	15	25	40	160	25	200	30	1 1/2 -2	30-1
	3	5	...	90	100	60	...	30	50	86	625	50	825	70	2 -2 1/2	30-1
4	10	...	135	150	120	...	60	75	130	625	50	825	70	2 -2 1/2	30-1	

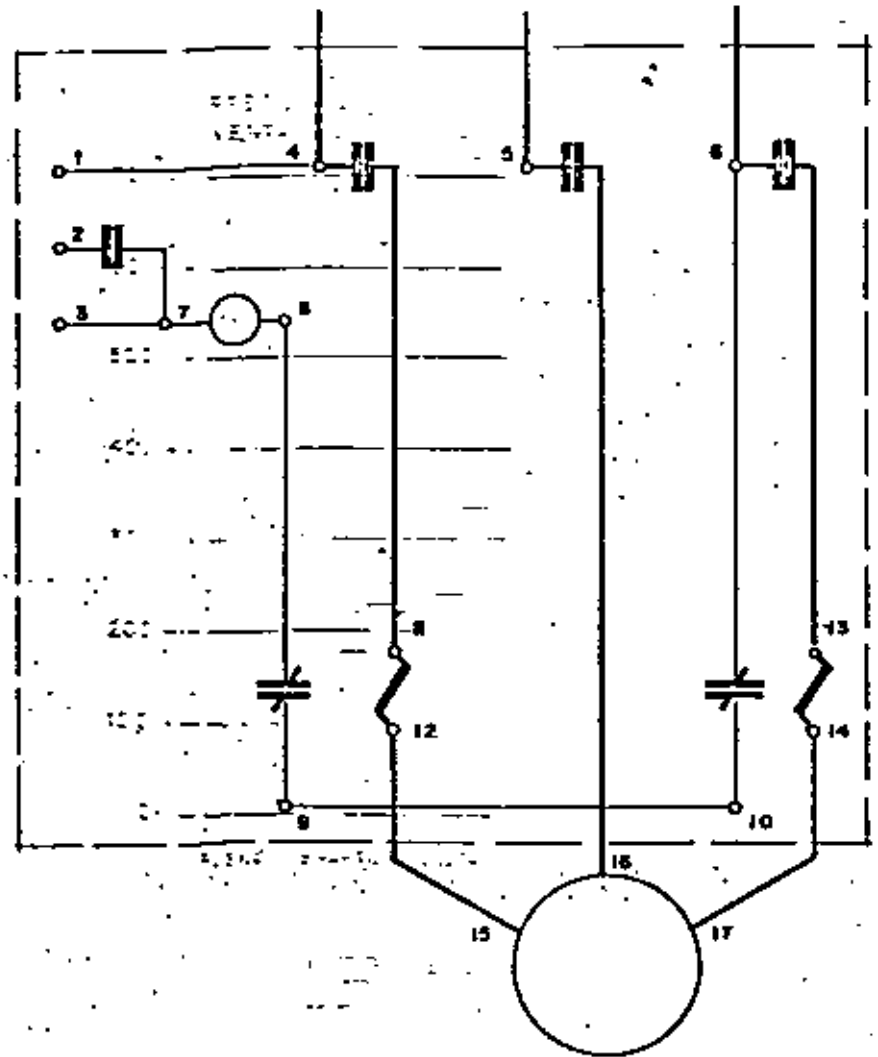
ING. JESUS A. AVILA ESPINOSA

COMPARACION DE PRECIOS DE ARRANCADORES.



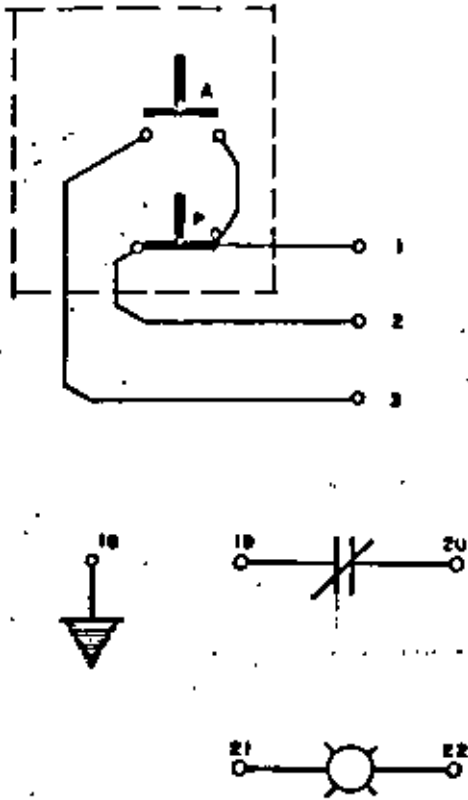
- TAMAÑO NEMA . B (100 H. P.)
- TAMAÑO NEMA . 3 (30 H. P.)
- TAMAÑO NEMA . 2 (15 H. P.)

ING. JESUS A. AVILA ESPINOSA

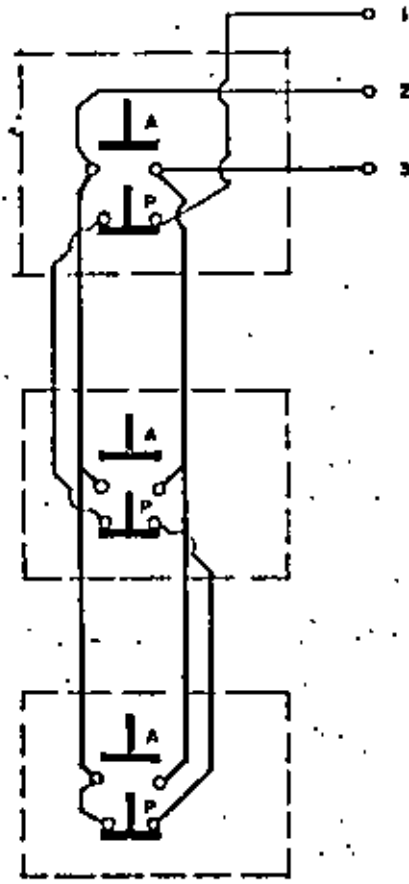


ING. JESUS A. AVILA ESPINOSA

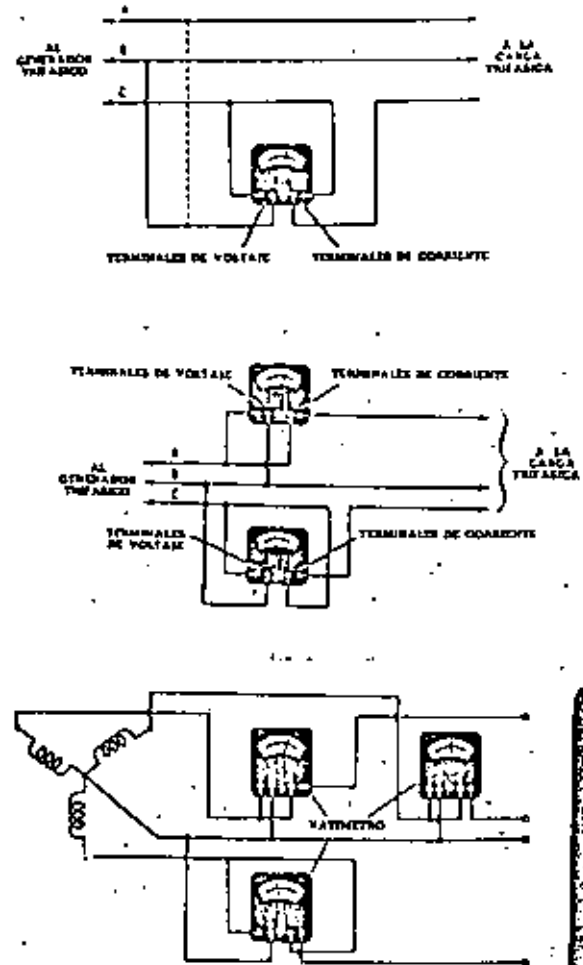
ESTACION DE BOTONES



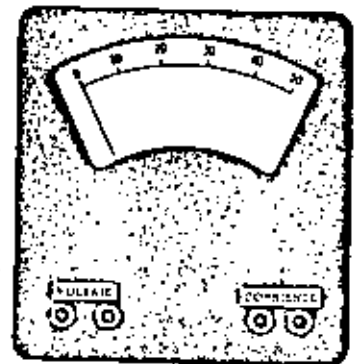
ING. JESUS A. AVILA ESPINOSA



MEDICION DE POTENCIA



WATTMETRO



ING. JESUS A. AVILA ESPINOSA



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

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES

TEMA Nº7 - SISTEMAS DE TIERRAS

ING. ENRIQUE OROZCO LOPEZ
ING. ANDRES D. CHAVEZ SANUDO

SEPTIEMBRE, 1982

Generalidades:

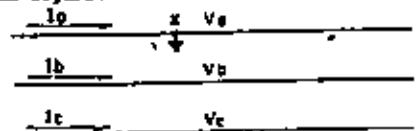
Al proyectar un sistema eléctrico de distribución, se pone especial énfasis en los métodos mejores para conducir el flujo eléctrico, como en la mejor manera de aislamientos del medio ambiente y entre sí. Se aplican los conocimientos tecnológicos de modo de tener el mejor control y la mejor protección para los circuitos eléctricos de control. Se busca la mejor coordinación tanto de aislamientos como de protecciones para lograr que el sistema eléctrico resulte eficiente, confiable, seguro y versátil.

Todo el conjunto de elementos constituyentes del sistema eléctrico, está prácticamente a la vista y es de fácil acceso, pero existe una sección de las redes eléctricas del sistema de distribución (nos referimos al sistema de tierras) a la cual es muy conveniente dirigir nuestra atención. Es necesario aplicar nuestros conocimientos teórico-prácticos para seleccionar el mejor sistema para poder descargar segura y adecuadamente las corrientes resultantes de una falla a tierra, y no permitir sobretensiones peligrosas para el personal y los equipos de las instalaciones eléctricas.

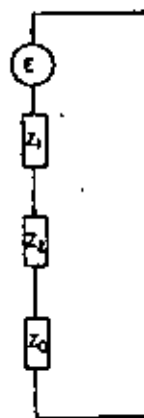
Existen varias formas de referir el neutro de un sistema eléctrico a tierra: aterrizaje directo, por medio de reactancias, por resistencias y también el de neutro aislado de tierra (neutro flotante ó distribución del tal).

7.1 TIPOS DE SISTEMAS ATERRIZADOS Y NO ATERRIZADOS.

Supongamos un sistema trifásico con una falla de línea a tierra como se indica en la figura:



Utilizando la técnica de componentes simétricas podemos resolver el circuito como se indica a continuación:



E .- Tensión de la Fuente

Z_1 .- Impedancia de secuencia positiva, vista desde el punto de falla X.

Z_2 .- Impedancia de secuencia negativa, vista desde el punto de falla X.

Z_0 .- Impedancia de secuencia cero, vista desde el punto de falla X.

$$I_0 = I_1 = I_2 = \frac{E}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$$

$$E_1 = E \left(1 - \frac{Z_1}{Z_0 + 2Z_1} \right)$$

$$E_2 = -E \frac{Z_1}{Z_0 + 2Z_1}$$

$$E_0 = +E \frac{Z_0}{Z_0 + 2Z_1}$$

$$V_a = 0$$

$$V_b = E_0 + a^2 E_1 + a E_2$$

$$V_c = E_0 + a E_1 + a^2 E_2$$

$$a = -\frac{1}{2} + j \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$a^2 = -\frac{1}{2} - j \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$V_b = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{\frac{X_0}{X_1} + 1}{\frac{X_0}{X_1} + 2} \quad (\text{P.U.})$$

$$V_c = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{\frac{X_0}{X_1} - 1}{\frac{X_0}{X_1} + 2} \quad (\text{P.U.})$$

$$Z_1 = R_1 + jX_1$$

$$Z_0 = R_0 + jX_0$$

Si para simplificar despreciamos R_1 y R_0 podemos generalizar las ecuaciones anteriores:

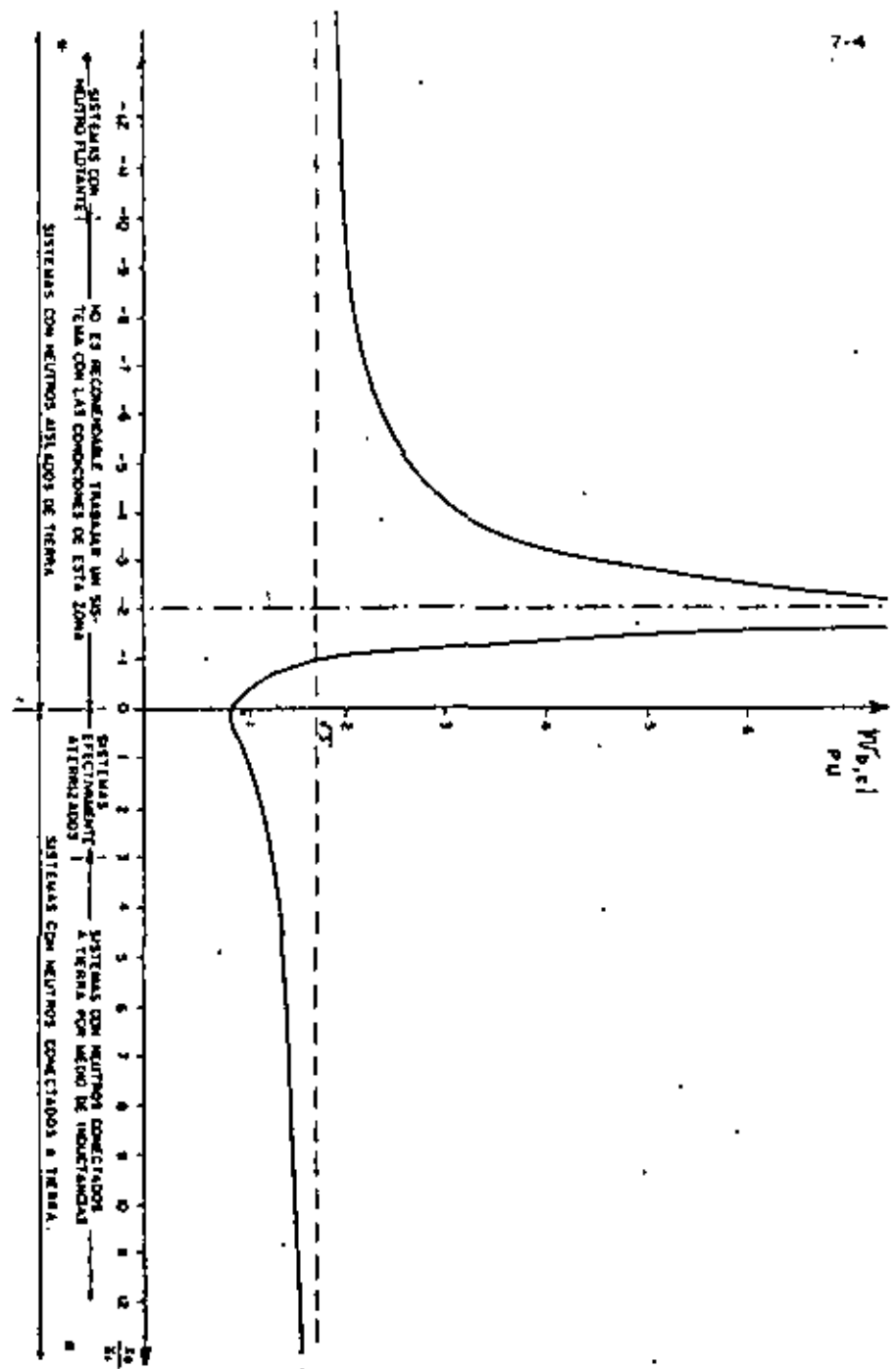
$$V_{b,c} = -\frac{1}{2} \pm j\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{\frac{X_0}{X_1} - 1}{\frac{X_0}{X_1} + 2}$$

Dando valores a la relación X_0/X_1 podemos encontrar las tensiones que aparecen en las líneas (b,c) no falladas:

$\frac{X_0}{X_1}$	$|V_{b,c}|$ (P.U.)	OBSERVACIONES
0	$\sqrt{3}/2 = 0.866$	La reactancia en secuencia positiva es función de la inductancia del circuito de potencia y siempre es de valor positivo. La reactancia en secuencia cero, corresponde a la que tiene el retorno por tierra, en este caso es de valor positivo y significa que los neutros están conectados a tierra.
1	1	
3	1.25	
10	1.5	
∞	$\sqrt{3}$	
-1	$\sqrt{3}$	La reactancia en secuencia positiva no puede tener valor negativo. Si la reactancia en secuencia cero es de valor negativo, significa que los neutros del sistema están conectados a tierra con capacitancias, y estamos por lo tanto en el caso de neutros flotantes.
-1.5	4.51	
-2	∞	
-3	4.51	
-4	3.12	
-6	2.41	
-10	2.02	
-40	1.8	
$-\infty$	$\sqrt{3}$	

Grificando la información anterior obtenemos:

* LOS PUNTOS EN DONDE $\frac{X_0}{X_1} = 2$ o $\frac{X_0}{X_1} = -2$ CORRESPONDEN A SISTEMAS CON EL NEUTRO CONECTADO A TIERRA POR MEDIO DE UNA BOBINA DE PÉRTENES



Analizando la gráfica anterior podemos apreciar que el tipo de aterrizamiento de un sistema eléctrico depende fundamentalmente de las sobretensiones a la frecuencia de generación que aparecen cuando una línea se pone a tierra. Podemos conocer por lo tanto, el grado de aterrizamiento de un sistema por medio de sus parámetros de diseño X_0 , X_1 y R_0 , como veremos a continuación:

- SISTEMA EFECTIVAMENTE ATERRIZADO.

Es el que tiene la mayor parte de sus neutros conectados directamente a una tierra de baja impedancia y que es capaz de conducir la corriente máxima de corto circuito.

Las condiciones para que el sistema se considere efectivamente aterrizado, son que para cualquier condición de operación y cualquier capacidad de generación se cumplan las siguientes relaciones.

$$0 \leq \frac{X_0}{X_1} \leq 3$$

$$0 \leq \frac{R_0}{X_1} \leq 1$$

Con estas condiciones las sobretensiones a la frecuencia del sistema nunca podrán ser mayores de 1.4 p.u., y el factor de aterrizamiento siempre será menor de $1.4 / \sqrt{3} = 0.81$.

Prácticamente todos los sistemas de potencia y distribución están efectivamente aterrizados.

La mayoría de las instalaciones industriales regionales, también caen dentro de esta categoría de aterrizamiento.

- SISTEMA ATERRIZADO POR REACTANCIA

Como su nombre lo indica, implica la inserción de una bobina entre el neutro y la red de tierras. Esta reactancia debe tener un valor tal que se cumplan las siguientes condiciones:

$$3 < \frac{X_0}{X_1} < \infty$$

$$3 \leq \frac{R_0}{X_1} \leq 1$$

La red de tierras y la reactancia inductiva deben de poder conducir adecuadamente las corrientes de corto circuito del sistema.

Este sistema de aterrizamiento puede originar sobretensiones a la frecuencia del sistema de más de 1.4 p.u. pero menores de 1.73 p.u., lo que nos da un factor de aterrizamiento entre 0.81 y 1.00.

Este sistema de aterrizamiento se emplea cuando por alguna razón se desea limitar la corriente de corto circuito de fase a tierra del sistema, y se pueden aceptar las sobretensiones que aparecen cuando existen disturbios. (Sobretensión transitoria 2.73 p.u. max.)

- SISTEMA ATERRIZADO POR BOBINA DE PETERSEN

Es un sistema con el neutro aterrizado por una bobina (CPE) de magnitud adecuada para formar un circuito resonante en paralelo a la frecuencia de generación, con la capacitancia a tierra del sistema, de tal manera que la corriente de falla de una línea a tierra sea cero.

dimensionar la resistencia de tal manera que Z_0 / X_1 no se haga negativo.

$$Z_0 = \frac{R(-j\omega C)}{R-j\omega C}$$

7.2 PROYECTOS DE REDES DE TIERRA.

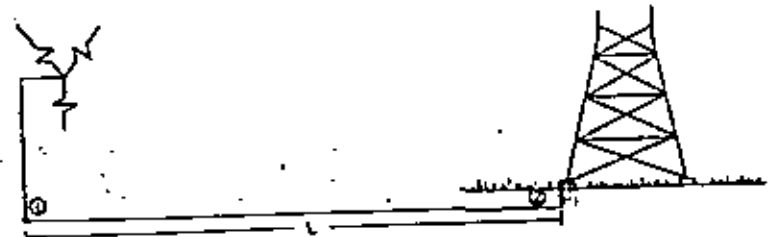
En el pasado, prevalecía el criterio de que cualquier objeto aterrizado ya fuera que formara parte de un sistema de tierras o que por opinión propia era parte de una "buena tierra" podría ser tocado con toda seguridad. Aparentemente este punto de vista era sólido, ya que si una estructura metálica, estaba conectada mecánicamente a una red hidráulica - en amplio contacto con el terreno, uno podría con plena seguridad apoyarse en ella, ya que cualquier línea de cualquier tensión que cayera sobre ella automáticamente igualaría su nivel de potencial al de tierra, es decir cero y el ser humano estaba a salvo de diferencias de potenciales peligrosas.

La experiencia de varios años, arrojó un resultado fatal, muchas vidas fueron segadas en forma totalmente extraña; caminando en un terreno abierto con una "buena red de tierras" a sus pies, caían fulminados, recargados en una estructura metálica, morían electrocutados, ¿que pasaba con las tierras?

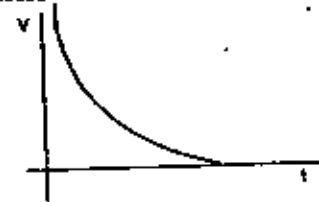
Se había solamente analizado el peligro de tensiones peligrosas de líneas a tierra ya fueran transitorias por descargas atmosféricas o por caídas de líneas más no se habían analizado los efectos secundarios de tales circunstancias; no se había contemplado el efecto de la corriente de falla al circular por el terreno.

¿Que pasa cuando ocurre una falla a tierra en un sistema debidamente aterrizado?

Supongamos que tenemos un conductor enterrado conectado al centro de un transformador y una línea cayendo a tierra a una distancia L .



La corriente de falla se distribuirá en el terreno circundante y tratará de cerrar el circuito a través de los puntos (1) y (2) ocasionando una curva de niveles de tensión debidos al paso de la corriente de falla por una resistividad del terreno (ρ) en una longitud (L) lo que por ley de ohm - $dv = \rho L d_{acc}$, que nos arrojará una superficie equipotencial desarrollada de la siguiente forma simplificada.



Se observa que los decrementos de tensión son sumamente importantes en las proximidades del punto de falla ya que a pequeños incrementos de longitud, ocurren grandes incrementos de potencial, que pueden resultar de varios miles de volts.:

¿Cual es el circuito eléctrico equivalente del cuerpo humano?

Según reportes del IEEE, el umbral de percepción de la corriente eléctrica en un ser humano es del orden de 1 ma, ya en niveles de 4-25 ma, resulta un efecto doloroso y se empieza a presentar el fenómeno de contracción muscular que -

ocasiones el efecto de aferrarse a los objetos electrificados, 50-100 ma, se presenta el umbral de la fibrilación ventricular, que es un fenómeno de daño irreversible en el corazón, para terminar en valores superiores con el daño total del mismo y la muerte por ausencia total de actividad palpatoria combinada con la asfixia.

Se puede considerar que un valor seguro para un corazón sano es de 25 ma, a través de él. Naturalmente es muy importante el tiempo de duración de dicha corriente.

Se ha comprobado que si el tiempo es menor, el cuerpo puede soportar corrientes mucho mayores determinándose una relación empírico-estadística por la fórmula de Charles Dalziel, como sigue:

$$I_k^2 t = 0.027$$

de donde:

I_k : corriente en amperes a través del cuerpo

t : duración de la falla en segundos

0.027 : factor empírico basado en el concepto de constante de energía.

De la fórmula anterior:

$$I_k = \frac{0.165}{\sqrt{t}}$$

Con respecto a la resistencia del cuerpo, es pertinente anotar que según las experiencias en la Universidad de Colombia, se ha obtenido el valor:

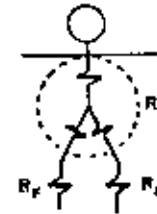
promedio de 2300 ohms entre mano y mano y 1100 ohms entre una mano y un pie

Como seguridad se emplea el valor de 1000 ohms en ambos casos -

(R_k).

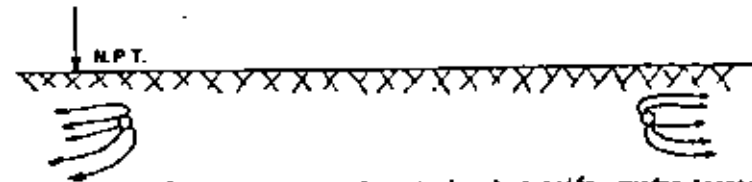
Además se ha determinado que siendo la resistividad del terreno ρ_g , la resistencia de un pie (RF) será $1 \rho_g$ ohms, por lo tanto entre dos pies en serie (un paso) será $6 \rho_g$ ohms y los dos pies en paralelo (tocando con una mano el objeto energizado) será de $1.5 \rho_g$.

El circuito equivalente de un cuerpo humano promedio será



¿ Como se comporta una pila de tierra bajo condiciones de falla?

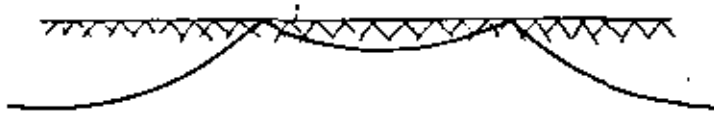
Por lo que respecta a la dispersión de corrientes en el terreno, como se muestra a continuación.



Por lo que respecta a los niveles de tensión, pueden trazarse su superficies equipotenciales como se puede apreciar.

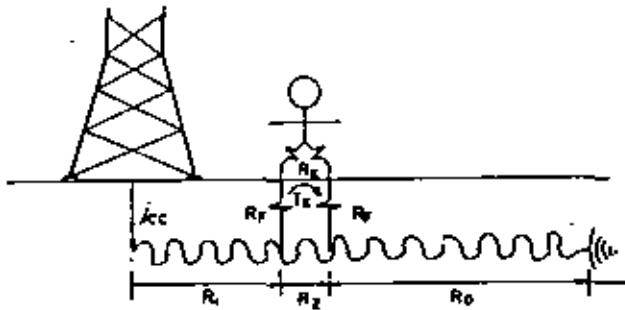


Las tensiones que aparecen en el nivel de piso terminado son:

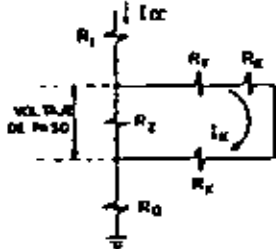


4.- Diferentes posibilidades de accidentes.

La primera posibilidad es que el individuo al dar un paso en una superficie bajo tensiones transitorias pueda estar sometido a potenciales peligrosos debido a una falla de fase a tierra (voltaje de paso) como podemos apreciar.



Circuito equivalente:

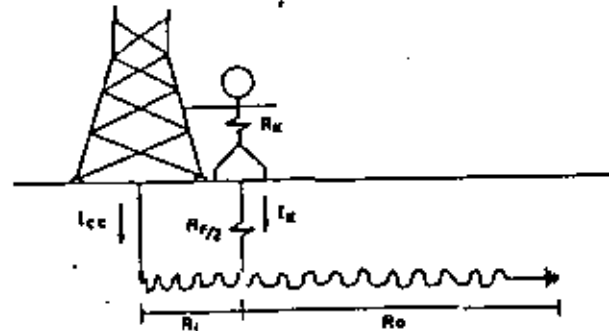


$$V_p = (R_k + 2R_2) \cdot I_x$$

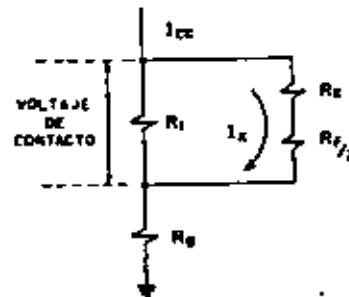
$$= (1000 + 6(2)) \cdot \frac{0.155}{\sqrt{t}}$$

$$= \frac{165 + 12}{\sqrt{t}}$$

La segunda posibilidad existe cuando una persona está parada junto a una estructura aterrizada y hace contacto manual con ella y ocurre una falla a tierra (voltaje de contacto) como se muestra:



Circuito equivalente:

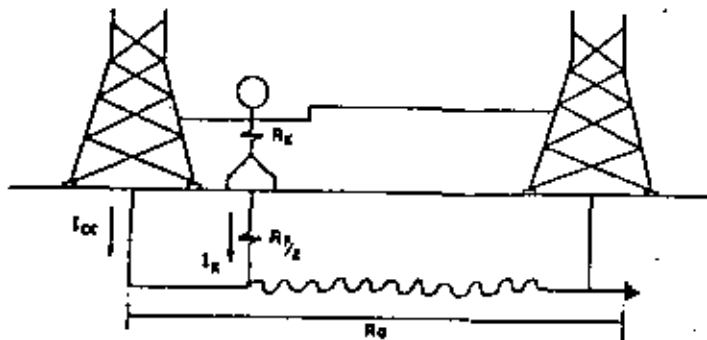


$$V_p = (R_k + R_{f/2}) I_x$$

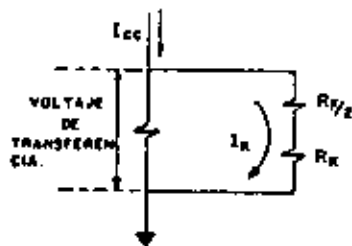
$$= (1000 + 1.5(2)) \cdot \frac{0.155}{\sqrt{t}}$$

$$= \frac{165 + 0.25(2)}{\sqrt{t}}$$

La tercera posibilidad es cuando existe un elemento metálico aterrizado en un punto de falla y su longitud es tal que puede hacerse contacto simultáneamente con él y otra superficie también aterrizada [voltaje de transferencia].



Circuito equivalente



$$\begin{aligned}
 V_t &= (R_{1/2} + R_K) I_R \\
 &= (1000 + 1.5 \rho_s) \frac{0.165}{\sqrt{t}} \\
 &= \frac{165 + 0.25 \rho_s}{\sqrt{t}}
 \end{aligned}$$

Tanto los voltajes de paso como los de contacto y transferencia han sido fijados en un máximo de 150 V , y la duración máxima será de 1.2 seg.

La secuencia de cálculo para proyectar una red de tierras con capacidad de conducir las corrientes de corto circuito y que presente seguridad al personal y equipos se indica a continuación:

CALCULO DE REDES DE TIERRAS

1.- Determinación de la corriente máxima de falla a tierra I_E .2.- Determinación del calibre mínimo para evitar fusión mediante tabla de CONDICIONES.

DURACION DE LA FALLA SEG.	CM / A		
	CABLE	CONEXIONES SOLDADAS.	CONEXIONES MECANICAS.
30	40	50	65
4	14	20	24
1	7	10	12
0.5	5	6.5	8.5

$$I = (CM / A) \times I_E$$

3.- Resistividad del terreno.

Fórmula de D.F. MENNER

$$f_n = \frac{4 \pi A^2 R}{1 + \frac{2A}{\sqrt{A^2 + 4R^2}} - \frac{2A}{\sqrt{4A^2 + R^2}}}$$

- f_n - Resistividad del terreno en (ohm - m)
- R - Resistencia medida con Megger en (ohms)
- A - Distancia entre electrodos adyacentes en (m)
- n - Profundidad de enterramiento de los electrodos en (m)

VALORES TÍPICOS DE RESISTIVIDAD DEL TERRENO	
TIPO DE TERRENO	RESISTIVIDAD (ohm - m)
Tierra Orgánica mojada.	10
Suelo húmedo.	10 ²
Suelo seco.	10 ³
Concreto armado.	10 ³
Cama rocosa.	10 ⁴

4.- Diseño preliminar de la red de tierras.

$$L = \frac{K_n K_1 f_{n1} I_{cc} \sqrt{T}}{163 + 0.25 f_{n2}}$$

L - Longitud mínima del conductor enterrado en metros incluyendo las varillas.

K_n - Coeficiente que toma en cuenta los conductores de la malla en cuanto a número, calibres y disposición

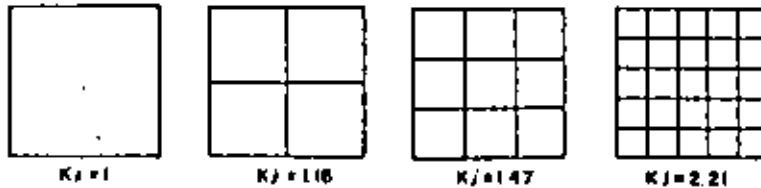
$$K_n = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{D^2}{16hd} + \frac{1}{\pi} \ln \left(\frac{3}{4} \right) \left(\frac{3}{6} \right) \left(\frac{7}{8} \right) \dots$$

(n) términos →

- D - Separación entre conductores de la malla (m)
 d - Diámetro de los conductores que forman la malla en (m)
 P - Profundidad a la que se entierra la red en (m)
 a - Espacimientos de la malla.

K_f - Factor de corrección por irregularidades, tomando en cuenta la distribución irregular del flujo de corrientes a tierra.

(factores K_f sugeridos por Walter Koch.)



- ρ_{s1} - Resistividad del terreno en (ohms - m)
 ρ_{s2} - Resistividad del terreno que tocan los pies en (ohms - m)
 I_{cc} - Corriente eficaz máxima que fluirá de la red en conjunto hacia la tierra.
 en (AMP)

$$I_{cc} = I_c \times A \times D$$

- A - Factor de Ampliación
 D - Factor de Decremento

DURACION DE LA FALLA		FACTOR DE DECREMENTO
CICLOS A 60 Hz	SEG.	D
0.5	0.008	1.65
5	0.10	1.25
15	0.25	1.10
30 0 más	0.5 6 más	1.00

Para cálculos más precisos del Factor de decremento se puede emplear la siguiente fórmula:

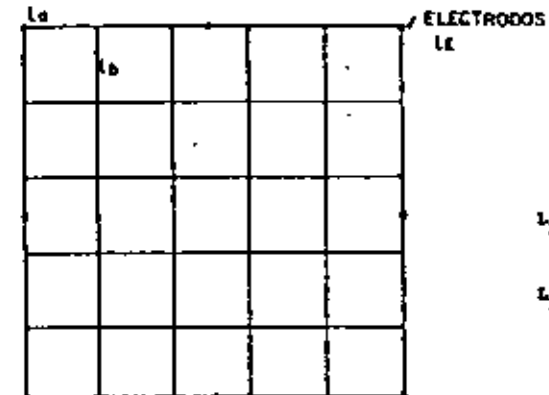
$$D = \sqrt{\frac{1}{T} \left[T + \frac{1}{\omega} \frac{X}{R} \left(1 - e^{-\frac{2\omega T}{X/R}} \right) \right]}$$

T - Duración de la falla en (seg)

$$\omega = 2\pi f$$

X - Reactancia total del sistema en (ohms)

R - Resistencia total del sistema en (ohms)



$$L_x = \sum L_a + \sum L_b + \sum L_c$$

L_x - Longitud real del conductor enterrado, incluyendo varillas en (m).

$$L_x > L$$

En caso contrario rediseñar la red hasta cumplir la condición.

5.- Cálculo de la resistencia de la red de tierras.

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

r - Radio equivalente de la superficie de la red de tierras en (m)

A - Área de la red de tierras en (m²).

$$R = \frac{\rho_g}{4r} + \frac{\rho_s}{L_M}$$

R - Resistencia entre la red y tierra en (ohms)

6.- Cálculo del máximo aumento de potencial de la red en caso de falla.

$$E = I_f R$$

7.- Cálculo del potencial de paso en el piso adyacente a la red.

$$E_s = K_s K_d \rho_M \frac{I_f}{L_M}$$

E_s - Potencial entre los pies de una persona al dar un paso cuando está circulando la corriente máxima de falla de la red hacia la tierra en (Volts)

K_s - Coeficiente que considera la profundidad de enterrado de la red de tierra y el número de conductores transversales de la red.

$$K_s = \frac{1}{N} \left[\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+6} + \frac{1}{2D} + \frac{1}{3D} + \frac{1}{4D} + \dots + \frac{1}{13D} \right]$$

Hasta el número de espacios transversales.

K_d - Factor de corrección por irregularidad.

ρ_M - Resistividad del terreno en (ohms - m)

$$E_s < E_s^1 = \frac{155 + \rho_{M2}}{\sqrt{t}}$$

En caso contrario rediseñar la red para que esta condición se cumpla.

8.- Cálculo de potencial entre piso y elementos conectados a tierra.

Si $L_M \gg L$ se considera que el potencial entre el piso y puntos tocados con la mano están dentro de los límites aceptables.

Como un ejemplo de aplicación presentamos el cálculo de la red de tierra de la unidad 4 de Salamanca.

1.- Determinación de la corriente máxima de falla a tierra.

a) Características del equipo:

Generador.- 144.44 MVA, 20 KV, F.F. = 0.9, 3 φ.

60 cps, 3600 R.P.M.

x_d = reactancia sincrónica = 157.0 Ω

x_{d'} = reactancia transitoria = 28.0 Ω

x₁ = x_{d''} = reactancia subtransitoria = 20.5 Ω

x₂ = reactancia de secuencia negativa = 18.0 Ω

x₀ = reactancia de secuencia cero = 8.5 Ω

Transformadores Principales.- Trás de 107 MVA c/u.

70 / 230 KV, 1 φ, 60 cps.

ε X = 10.4

Sistema.- En el bus de 230 Kv. La capacidad interruptiva del mismo se considera de 15,000 MVA.

b) Corriente de falla a tierra en el lado de 230 Kv
BASE: 1 MVA.

Reactancias del Sistema:

$$X_{1S} = X_{2S} = X_{0S} = \frac{1 \times 10^4}{15,000} = 0,000\ 066 \ \Omega$$

Reactancias de Transformadores Principales:

$$X_{1T} = X_{2T} = X_{0T} = \frac{0,104}{3 \times 107} = 0,000\ 324 \ \Omega$$

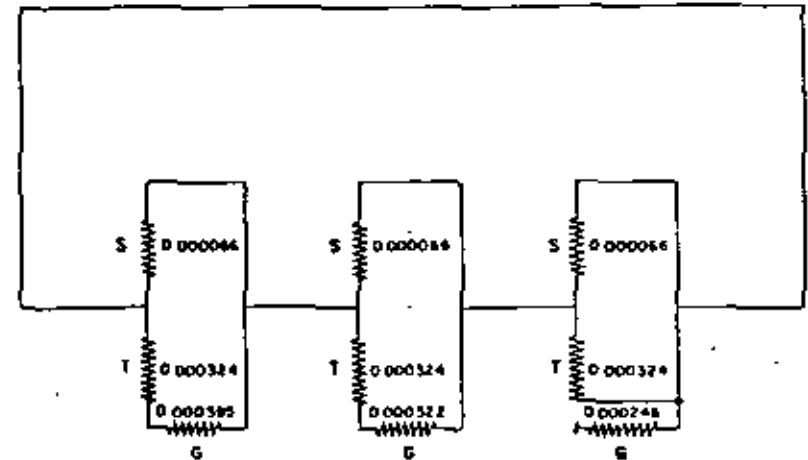
Reactancias del Generador:

$$X_{1G} = X'_{dG} = \frac{0,205 \times 1}{344,44} = 0,000\ 595 \ \Omega$$

$$X_{2G} = \frac{0,18 \times 1}{344,44} = 0,000\ 522 \ \Omega$$

$$X_{0G} = \frac{0,085 \times 1}{344,44} = 0,000\ 246 \ \Omega$$

REFERENCIA



Cálculo de X_{1R} , X_{2R} , X_{0R}

$$0,000\ 324 + 0,000\ 595 = 0,000\ 919$$

$$X_{1R} = \frac{0,000\ 919 \times 0,000\ 066}{0,000\ 919 + 0,000\ 066} = 0,000\ 0615$$

$$0,000\ 324 + 0,000\ 522 = 0,000\ 846$$

$$X_{2R} = \frac{0,000\ 846 \times 0,000\ 066}{0,000\ 846 + 0,000\ 066} = 0,000\ 0612$$

$$X_{0R} = \frac{0,000\ 324 \times 0,000\ 066}{0,000\ 324 + 0,000\ 066} = 0,000\ 0548$$

Fórmula para determinar la corriente de falla a tierra:

$$I_G = \frac{I}{X_{1R} + X_{2R} + X_{0R}}$$

Sustituyendo:

$$I_G = \frac{3}{0.000\ 0615 + 0.000\ 0612 + 0.000\ 0548} = 16901.4 \text{ A}$$

$$I_G = \frac{16901.4 \times 1000}{\sqrt{3} \times 230} = 42426.2 \text{ Amp}$$

Determinación de la sección del conductor según la siguiente tabla UNEDEROME:

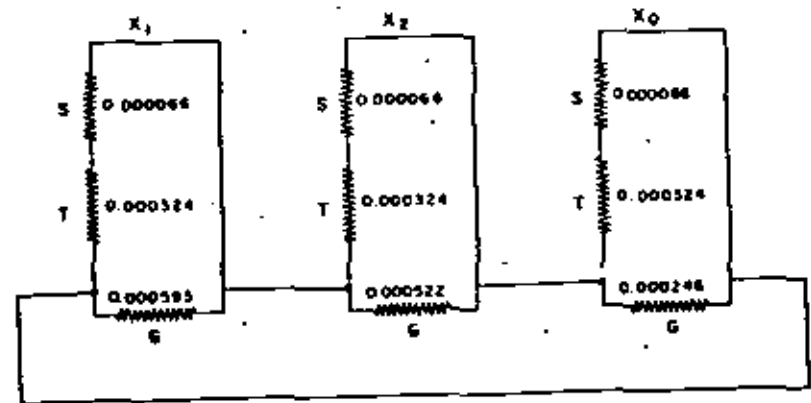
Calibres mínimos para evitar fusión.

DURACION DE LA FALLA EN SEC.	CM / A		
	CABLE	CONEXIONES SOLDADAS.	CONEXIONES MECÁNICAS.
30	40	50	65
4	14	20	24
1	7	10	12
0.5	3	6.5	8.5

Como se recomendaron juntas soldadas y un tiempo de falla de 0.5-seg., se determinará la sección del conductor con la constante 6.5 CM / A lo que nos da:

$$42426.2 \text{ A} \times 6.5 \frac{\text{CM}}{\text{A}} = 275770 \text{ CM}$$

c) Corriente de falla a tierra en el lado de 20 Kv.



Cálculo de X_{1R} y X_{2R}

$$0.000\ 064 + 0.000\ 324 = 0.000\ 39$$

$$X_{1R} = \frac{0.00039 \times 0.000595}{0.00039 + 0.000595} = 0.0002355$$

$$X_{2R} = \frac{0.00039 \times 0.000522}{0.00039 + 0.000522} = 0.0002332$$

$$I_G = \frac{3}{0.0002355 + 0.0002332 + 0.000246} = 4257.13 \text{ A}$$

$$I_G = \frac{4257.13 \times 1000}{3 \times 20} = 132892.78 \text{ A}$$

Como esta corriente es mayor que la calculada en el ledo de 130 Kv, será la que tomaremos en cuenta para el cálculo de nuestro sistema de tierra.

Para determinar el valor de la resistividad emplearemos la siguiente fórmula del D. P. WEBSTER.

$$\rho = \frac{4\pi A^2 R}{1 + \frac{2A}{\sqrt{A^2 + 4B^2}} + \frac{2A}{\sqrt{4A^2 + 4B^2}}}$$

en donde

- ρ = resistividad del terreno en $\Omega \cdot m$
- R = resistencia por medición en Ω (se obtiene con el Megger)
- A = distancia entre electrodos adyacentes en M.
- B = profundidad de enterramiento de los electrodos en M.

Dado que se carece de datos se tomó el valor de la resistividad igual que el de la Unidad J que fué de $6 \Omega \cdot m$

2.- Diseño Preliminar de la Red de Tierras

De acuerdo con la tabla anterior se tomó $6.5 \text{ CM} / A$ para determinar el calibre

$$S = 6.5 \frac{\text{CM}}{A} \times 122892 = 798802 \text{ C.M. Calibre inmediatamente superior. } 1000 \text{ MCM } \phi = 0.029$$

Residencia de Salamanca pidió un calibre de 750 M.C.M. con el propósito de utilizar el material existente,

Por lo tanto se tiene un diámetro de $0.0253 \text{ m. } (0.997")$.

El diámetro está en función con la longitud del conductor (L) y del coeficiente que toma en cuenta conductores de la malla en cuanto a número, calibre, y disposición (Km) tenemos que diseñar un arreglo tal que cumpla con estas condiciones.

Tenemos:

$$L = \frac{Km \times K1 \times \rho \times I_{cc} \times \sqrt{E}}{165 + 0.25 \rho} \quad (M)$$

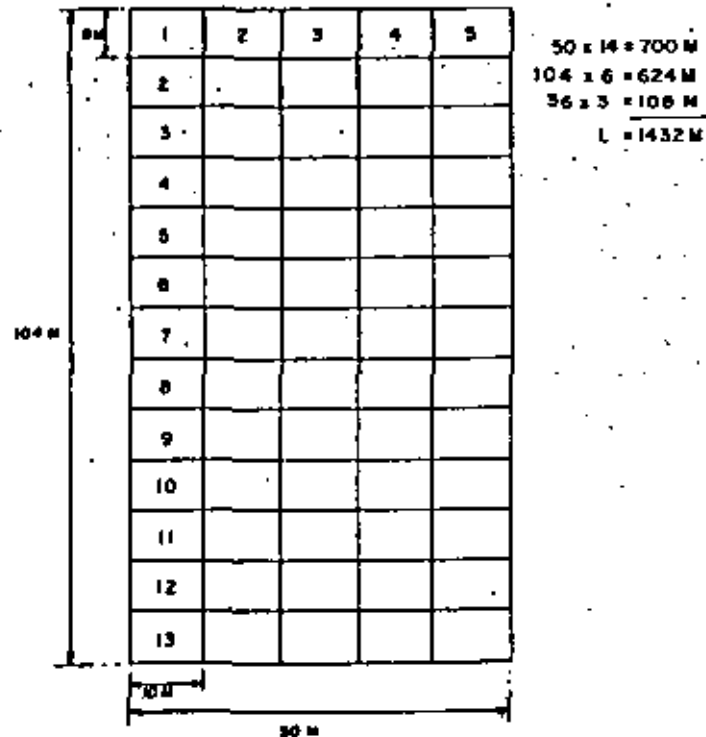
En donde:

- L : longitud total del conductor enterrado en metros, incluyendo verillas.
- Km : coeficiente que toma en cuenta los conductores de la malla en cuanto a número, calibre y disposición.

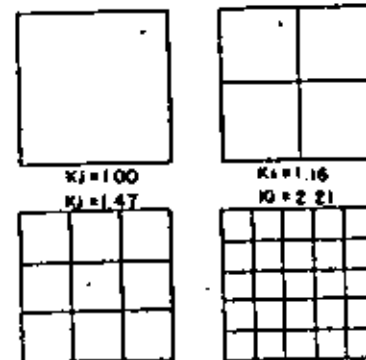
$$Km = \frac{1}{2\pi} \left[\frac{0^2}{1624} + \frac{1}{\pi} \ln \left(\frac{1}{4} \right) \left(\frac{5}{6} \right) \left(\frac{7}{8} \right) \right]$$

En donde:

- D : separación entre conductores de la malla en metros (3 metros).
 d : diámetro de los conductores que forman la malla = 0.0253 metros
 h : profundidad a la que se entierra la red = 0.60 metros.



K_i : Factor de corrección por irregularidades, toma en cuenta la distribución irregular del flujo de corrientes a tierra.



Factor K_i superior por Walter Koch.

- ρ : resistividad promedio del terreno = 6 Ω -M
 I_{OC} : corriente eficaz máxima que fluirá de la red en conjunto, hacia la tierra, afectada por el factor de decremento D y el factor de ampliación A.

$$I_{OC} = I \times A \times D.$$

Factor de ampliación A = 1.00

Factor de decremento D :

Duración de la falla en ciclos.	D
$\frac{1}{2}$	1.65
4	1.25
15	1.10
30 ó más	1.00

$$I_{cc} = 122\ 892.76 \times 1 \times 1 = 122\ 892.76 \text{ A.}$$

R_s = Resistividad del terreno que tocan los pies.
= 1000 Ω -M (para concreto armado).

Como la malla tiene un espaciamiento uniforme, se pueda hacer la determinación empírica del número de términos de la fórmula de K_m .

$$n = 14 + 2 = 12 \text{ términos.}$$

Por lo tanto:

$$K_m = 0.1591549 L_n \frac{g^2}{16 (0.6) (0.0253)} + 0.3183099 L_n \left(\frac{3}{4}\right) \left(\frac{5}{4}\right) \left(\frac{7}{8}\right) \left(\frac{9}{10}\right) \left(\frac{11}{12}\right) \dots$$

[12 términos]

$$K_m = 0.159154 \times 5.5740709 + 0.3183099 L_n \cdot 0.309962$$

$$K_m = 0.5143025$$

El tiempo $t = 0.5 \text{ seg.}$

$$K_1 = 2.21$$

Por lo tanto

$$L = \frac{0.5143025 \times 2.21 \times 6 \times 122\ 892.76 \times \sqrt{0.5}}{165 + 0.25 \times 1000}$$

$$L = 1427.99 \text{ M.}$$

La longitud obtenida debe ser menor que la indicada en el arreglo

$$1427 < 1432.$$

En los cálculos anteriores, podemos ver que el diámetro que se utilizó (0.0253) el cual corresponde a 750 MCh, cumplen con todas las condiciones para nuestro arreglo en cuanto a longitud y separación entre conductores.

4.- CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE LA RED DE TIERRAS.

Para este cálculo se determinará primero el radio de un círculo cuya superficie sea igual a la superficie total encerrada por la red.

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

en donde

r = radio del círculo

A = superficie encerrada por la malla

$$50 \times 104 = 5200 \text{ m}^2$$

$$r = \sqrt{\frac{5200}{3.14}} = 40.6842 \text{ M}$$

Para el cálculo de la resistencia de la red, se aplica la siguiente

te fórmula:

$$R = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L}$$

L = longitud calculada.

Sustituyendo:

$$R = \frac{6}{4 \times 40.6842} + \frac{6}{1427.99} = 0.04107 \text{ ohms}$$

CALCULO DEL MAXIMO AUMENTO DE POTENCIAL DE LA RED EN CASO DE FALLA,

Aplicando la fórmula

$$E = IR$$

y teniendo $I = 122\ 892.76$ Amp.

$$R = 0.04107 \text{ ohms.}$$

resulta $E = 122892.76 \times 0.04107 = 5047.70$ Volts.

6.- CALCULO DEL POTENCIAL DE PASEO EN EL PISO ADYACENTE A LA RED.

Este cálculo se hará con la siguiente fórmula

$$E_p = K_p \times K_1 \times P_n \frac{I}{L}$$

en donde

E_p : Potencial entre los pies de una persona al dar un paso cuando se está circulando la corriente máxima de la falla de la red hacia la tierra.

K_p : Coeficiente que considera a que profundidad está enterrada la red, en metros y el número de conductores transversales de la red (n).

$$K_1 = \frac{1}{n} \left[\frac{1}{2b} + \frac{1}{D+k} + \frac{1}{2D} + \frac{1}{3D} + \frac{1}{4D} \dots \frac{1}{11D} \right]$$

hasta el número de espacios transversales.

donde b : profundidad de enterramiento (0.60 mts.) D : espacio longitudinal (8 mts.)

Sustituyendo valores

$$K_1 = \frac{1}{11} \left[\frac{1}{2 \times 0.60} + \frac{1}{8 + 0.60} + \frac{1}{2 \times 8} + \frac{1}{3 \times 8} \dots \frac{1}{11 \times 8} \right] = 0.4183176$$

Por lo tanto

$$E_p = 0.4183176 \times 2.21 \times 8 = \frac{122892.76}{1427.99} = 477.36 \text{ volts.}$$

Voltaje máximo permisible entre pies sobre el piso.

Para concreto armado

$$E'_p = \frac{165 + C_u}{\sqrt{L}} = \frac{165 + 1000}{\sqrt{0.5}} = 1647.55 \text{ volts.}$$

$$E_p < E'_p$$

si $E_p > E'_p$ se rediseña la red aumentando (L)

7.- CALCULO DE POTENCIAL ENTRE PISOS Y ELEMENTO CONECTADO A TIERRA.

Si la longitud del cable usado es igual ó mayor que la calculada, se considera que los voltajes entre el piso y el punto tocado con la mano está dentro de los límites aceptables.

De acuerdo con la figura del terreno, tenemos que (L) = 1432 Mts.

Se incluyen 36 varillas de 3.0 mts. cada una:

Esta longitud es mayor que la calculada, por lo tanto cumple con lo anotado al principio de ésta inciso..

8.- Verificación de las condiciones de seguridad.

Para que la red diseñada sea considerada como segura, se deberá cumplir la siguiente fórmula

$$\frac{E_m \times K_1 \times P_n}{L} \times I_{cc} \times \sqrt{t} - 0.25 P_n < 165$$

Sustituyendo valores, tenemos:

$$\frac{0.5143025 \times 7.31 \times 6 \times 122892.76 \times \sqrt{0.5}}{1432} - 0.25 \times 1000 = 163.8$$

$$163.8 < 165$$

Al cumplirse la fórmula podemos decir que la red diseñada está dentro de los límites de seguridad.

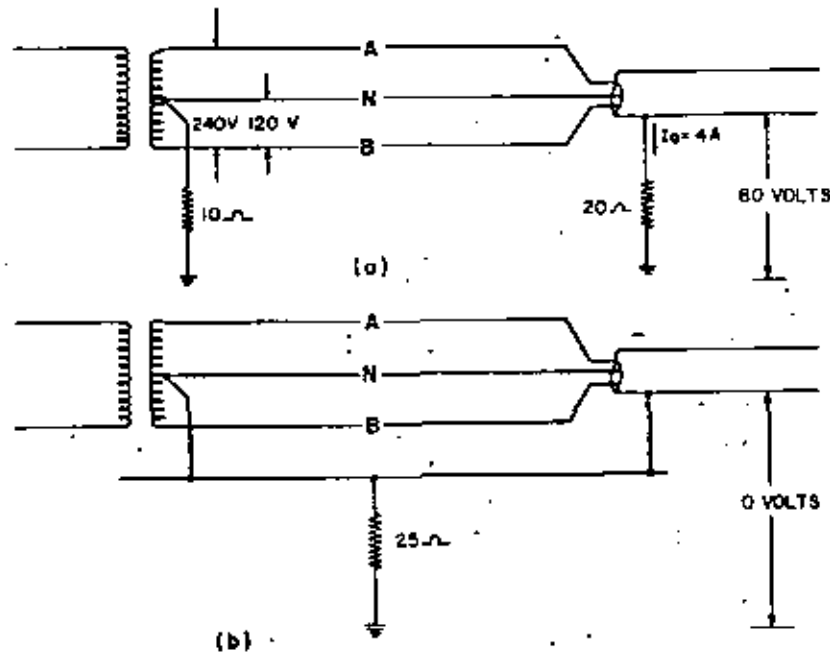
7.3 ATERRIZAMIENTO DE EQUIPO

Los propósitos principales por los que las canalizaciones o estructuras metálicas que conducen conductos energizados deben estar interconectadas a un sistema de tierras son:

- 1.- Mantener una diferencia de potencial baja entre las partes metálicas cercanas dentro de una determinada área y asegurar que el personal que allí se encuentre no corra peligro de sufrir descargas eléctricas.
- 2.- Proveer de un camino efectivo las corrientes de falla a tierra las cuales deberán fluir sin evidencia de los esfuerzos térmicos, los cuales son peligrosos y pueden ocasionar incendios de material combustible o por presencia de gases en la atmósfera.

Por lo tanto, Todas las canalizaciones y cubiertas metálicas de conductores o equipos, armazones de motores, et. Deberán ser puestas a tierra para satisfacer los requerimientos anteriores.

En caso de una falla de aislamiento a lo largo de un conductor de un circuito eléctrico, entre el conductor energizado y alguna porción metálica (Tubo, Conduit o Sherola), si la parte metálica no fué apropiadamente aterrizada, podría existir un potencial de suficiente magnitud tal que genere daños por descargas eléctricas a cualquiera que toque dichas partes.



La importancia de un circuito metálico continuo de baja resistencia para canalizar las corrientes de falla, se explica en la figura anterior (A). En ella se muestra el neutro del transformador conectado a tierra -- por medio de un electrodo que tiene una resistencia de $10\ \Omega$ a tierra, el tubo conduit está conectado a otro electrodo separado, el cual tiene $20\ \Omega$ a tierra. Una falla ocurre entre el conductor B y el Conduit

$$\text{Corriente de falla} = \frac{120}{20 + 10} = 4\ \text{A}$$

Caída de potencial de Conduit a tierra será:

$$4 \times 20 = V = 80\ \text{Volts.}$$

En cambio en la figura (B), tanto el neutro del transformador como el tubo conduit, están conectados a una red de tierra común, la que es conectada a tierra a través de un electrodo que tiene $25\ \Omega$ de resistencia.

Lo anterior no infiere que un potencial de 80 volts necesariamente era fatal, sino que como ejemplo se ilustra el hecho de una inadecuada puesta a tierra puede ocasionar diferencias de potencial que provocarían daños humanos, sobre todo a las personas.

De acuerdo a estadísticas, los accidentes en la Industria Eléctrica, indican que un gran número de personas se han lesionado como resultado de recibir "SHOCK" eléctrico al entrar en contacto con partes metálicas que por momentos no están energizadas o se suponía que estaban desenergizadas.

Así mismo, uno de cada siete incendios en diferentes establecimientos fueron originados en el sistema eléctrico, por ello, un desarrollo y adopción de prácticas más efectivas en el aterrizamiento de equipo harían disminuir los riesgos por incendio.

" Factor de suma importancia para la seguridad del personal en plantas industriales, es el aterrizamiento adecuado del propio equipo".

" Conecte a una misma red de tierras, todas las partes metálicas por donde pasan conductores energizados, tubo conduit, charolas, cables con armadura metálica, cajas de conexiones, gabinetes, carcasa de motores, del transformador, etc. Todo aquello que encierre equipo eléctrico o sirva para operar eléctricamente un equipo".

DEFINICIONES:

Electrdo de Tierra.- es un conductor enterrado en tierra, usado para mantener el potencial de tierra, los conductores conectados al electrdo, y para disipar en la tierra todas las corrientes a ella conducidas.

Red de Tierras.- es una red de conductores desnudos enterrados, usada para establecer un potencial uniforme dentro y alrededor de un establecimiento cualquiera. Debe quedar ligado sólidamente a los electrdo de tierra.

Conductor de tierra.- es usado para conectar a la red de tierra las carcasas de los equipos, canalizaciones o partes metálicas por donde pasan circuitos energizados.

Cálculo de los conductores de tierra por corriente.- queda determinado por la magnitud de la corriente y el equipo de falla, empleándose las siguientes fórmulas.

Cuando el BUS tenga conexiones ensambladas o empalmadas, considerando una temperatura inicial de 26°C

$$A = 10.6 I \sqrt{E}$$

Si las conexiones son soldadas a temp. inicial de 26 °C

$$A = 8.3 I \sqrt{E}$$

A = sección del conductor en CM

I = corriente de falla en A

E = tiempo de flujo en seg.

En sistemas con neutro aterrizado, la corriente y el tiempo de flujo queda determinado por la impedancia. Normalmente el tiempo está entre 10 y 60 seg.

En sistemas no aterrizados la corriente de falla es aproximadamente igual a la corriente de línea a línea.

En sistemas adecuadamente aterrizados, la corriente de falla es aproximadamente igual a la corriente de falla trifásica.

Además de las consideraciones técnicas existen limitaciones prácticas que finalmente pueden determinar el tamaño máximo o mínimo de la red de tierra, ya que por esfuerzos mecánicos no debe ser menor a un conductor de No. 2 / 0 AWG y usualmente no es necesario que sea mayor de 500 MCM, para grandes estaciones, y del No. 4 / 0 AWG, para pequeñas estaciones o plantas industriales.

RESISTENCIA DE LA RED A LA TIERRA FÍSICA.

En grandes estaciones no debe exceder de 1 Ω .

En pequeñas estaciones o plantas industriales no debe ser mayor de 5 Ω .

Para clientes residenciales debe aterrizarse el neutro a tubería de agua, la cual proporciona una conexión a tierra de baja resistencia (aproximadamente 1 Ω) y donde esto no sea posible, utilizar un electrodo, pero la resistencia a tierra no exceda 25 Ω .

Aterrizamiento de equipo en tableros eléctricos.

Deberá ser instalado en los tableros, un BUS de tierra como complemento de los mismos.

Los tableros o estructuras que contengan equipos primarios tales como:

Transformadores de corriente, transformadores de potencial, interruptores de potencia, desconectadores, relevadores, instrumentos de medición, etc., tal que todos ellos requieren aterrizarse y que son considerados adecuadamente aterrizados a través de su montaje sobre la estructura, siempre y cuando cada una de éstas estructuras, paneles o soportes metálicos estén conectados al BUS de tierras en forma individual. El BUS de tierra, por lo menos será capaz de conducir un 25 % de la más alta corriente nominal en el tablero, generalmente es usada una barra de cobre de 2" x 1/4" , — éste BUS por supuesto estará interconectado adecuadamente al BUS general de tierras.

Consideraciones Generales.

10.- Los conductores de tierra deben protegerse cuando estén expuestos a daño mecánico, deben tener continuidad, desde el equipo por aterrizar hasta el BUS de tierra.

12.- El calibre del BUS de tierra en corriente alterna, no será menor que a los que a continuación se indican en la siguiente tabla.

Tabla : Calibre de la red principal de tierras (para acometidas)

ACOMETIDA * (ANG O MCM) MATERIAL COBRE.	BUS DE TIERRA (ANG O MCM) MATERIAL COBRE.
2 o menor	8
1 / 0	6
2 / 0 a 3 / 0	4
4 / 0 a 350	2
400 a 600	1 / 0
600 a 1100	2 / 0
1100 a más	3 / 0

* 0 Alimentador Principal.

Calibre de los conductores para puesta a tierra de equipos y canalizaciones interiores.















Capacidad nominal o ajuste del dispositivo de protección contra sobrecorriente ubicado antes del equipo, conductor, etc.	Calibre del conductor a tierra. (ANG O MCM)	
	Cobre	Aluminio
No mayor de (ampéres)		
15	14	12
20	14	12
30	12	10
40	10	8
60	10	8
100	8	6
200	6	4
400	4	2
600	2	2 / 0
800	1 / 0	3 / 0
1000	2 / 0	4 / 0
1200	3 / 0	250 MCM
1600	4 / 0	350 "
2000	250 MCM	400 "
2500	350 "	500 "
3000	400 "	600 "
4000	500 "	800 "
5000	700 "	1000 "
6000	900 "	1200 "

7-46

IEEE STD
142-1972

OF INDUSTRIAL AND COMMERCIAL POWER SYSTEMS

Table 10
Formulas for Calculation of Resistances to Ground*†

	Hemisphere radius a	$R = \frac{\rho}{2\pi a}$
	One ground rod length L , radius a	$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right)$
	Two ground rods $s > L$; spacing s	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} - 1 \right) + \frac{\rho}{4\pi s} \left(1 - \frac{L^2}{3s^2} + \frac{2L^4}{3s^4} \right)$
	Two ground rods $s < L$; spacing s	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^3}{16L^3} + \frac{s^5}{312L^5} \dots \right)$
	Buried horizontal wire length $2L$, depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} + \ln \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^3}{16L^3} + \frac{s^5}{312L^5} \dots \right)$
	Right-angle turn of wire length of arm L , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} - 0.2373 + 0.2146 \frac{s}{L} + 0.1015 \frac{s^2}{L^2} - 0.0474 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
	Three-point star length of arm L , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{6\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 1.071 - 0.209 \frac{s}{L} + 0.238 \frac{s^2}{L^2} - 0.054 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
	Four-point star length of arm L , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{8\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 2.912 - 1.071 \frac{s}{L} + 0.645 \frac{s^2}{L^2} - 0.145 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
	Six-point star length of arm L , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{12\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 0.851 - 3.128 \frac{s}{L} + 1.758 \frac{s^2}{L^2} - 0.490 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
	Eight-point star length of arm L , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{16\pi L} \left(\ln \frac{2L}{a} + \ln \frac{2L}{s} + 10.98 - 4.51 \frac{s}{L} + 3.26 \frac{s^2}{L^2} - 1.17 \frac{s^4}{L^4} \dots \right)$
	Ring of wire - diameter of ring D , diameter of wire d , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{2\pi^2 D} \left(\ln \frac{8D}{d} + \ln \frac{4D}{s} \right)$
	Buried horizontal strip length $2L$, section a by b , depth $s/2$, $b < a/8$	$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{a} + \frac{a^2 - ab}{2(a+b)^2} + \ln \frac{4L}{s} - 1 + \frac{s}{2L} - \frac{s^3}{16L^3} + \frac{s^5}{312L^5} \dots \right)$
	Buried horizontal round plate radius a , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{8\pi} + \frac{\rho}{4\pi s} \left(1 - \frac{7}{12} \frac{s^2}{a^2} + \frac{33}{40} \frac{s^4}{a^4} \dots \right)$
	Buried vertical round plate radius a , depth $s/2$	$R = \frac{\rho}{8\pi} + \frac{\rho}{4\pi s} \left(1 + \frac{7}{24} \frac{s^2}{a^2} + \frac{99}{320} \frac{s^4}{a^4} \dots \right)$

*See Ref. 1.

†Approximate formulas including effects of images. Dimensions must be in centimeters to give resistance in ohms.
 ρ = resistivity of earth in ohms per cm² (MΩ/m²).



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

INSTALACIONES ELECTRICAS INDUSTRIALES

SELECCION Y APLICACION DE MOTORES DE INDUCCION

SEPTIEMBRE, 1982

Selección y Aplicación de Motores de Inducción.

Selección y Aplicación de Motores de Inducción.

- 1.- Introducción.
 - 1.1 Definición del Motor Eléctrico
 - 1.2 Principio del Motor Eléctrico
 - 1.3 Características de los Motores Eléctricos

- 2.- Características de la Carga y del Motor.
 - 2.1 Métodos de Acoplamiento
 - 2.2 Selección del Motor
 - 2.3 Características de Par de las Máquinas
 - 2.4 Características del Motor.

- 3.- Sistemas de Arranque.
 - 3.1 Arranque del Motor a través de la línea
 - 3.2 Arranque con Autotransformador.
 - 3.3 Arranque con Resistencias
 - 3.4 Arranque para Devanado Bipartido
 - 3.5 Arranque Estrella-Delta.

- 4.- Condiciones Ambientales y Aislamiento.
 - 4.1 Condiciones Ambientales
 - 4.2 Temperatura Ambiente
 - 4.3 Altura sobre el Nivel del Mar
 - 4.4 Impacto y Vibración
 - 4.5 Contaminantes Atmosféricos

1.- Introducción: El motor impulsor de uso industrial más ampliamente usado es el polifásico de inducción de corriente alterna conocido como motor de inducción jaula de ardilla. Sus principales ventajas son las siguientes:

- a).- Bajo Costo Inicial
- b).- Control no complicado y de bajo costo
- c).- Bajo costo de mantenimiento
- d).- Versatilidad de Diseño
- e).- Alta eficiencia.
- f).- Aceptable factor de Potencia.

La simple y robusta construcción que contribuye a un mínimo mantenimiento es evidente en el rotor jaula de ardilla que básicamente es un cilindro formado por un cierto número de barras de aluminio, cobre, etc., las cuales están conectadas en ambos extremos por unos anillos de corto circuito.

1.1 Definición de Motor Eléctrico: Las máquinas eléctricas son dispositivos capaces de transformar la energía eléctrica en energía de otro tipo ó viceversa. Se denomina motor eléctrico a aquella máquina que transforma la energía eléctrica en energía mecánica.

1.2 Principio del Motor Eléctrico: Sabiendo que se puede producir electricidad haciendo que un conductor atraviese un campo magnético, éste es en esencia el principio de funcionamiento de cualquier máquina eléctrica rotativa de tal manera que lo que sucede en el motor de inducción es lo siguiente: Cuando el estator es energizado con corriente alterna un campo magnético giratorio es establecido; inmediatamente las barras del rotor son cortadas por las líneas de flujo de éste campo, como resultado un voltaje se induce en las barras y causa un flujo de corriente en ellas que origina un campo magnético alternado con polos Norte (N) y Sur (S) en el rotor. Fuerzas de atracción y repulsión entre los polos del estator y rotor ponen en movimiento a éste último tratando de llevarlo a la velocidad del flujo del campo giratorio del estator.

1.3 Características de los Motores Eléctricos.

1.3.1 Potencia: La Potencia nominal de cualquier aparato de inducción es la potencia útil que puede suministrar junto con las características de voltaje, corriente y frecuencia indi-

razón por el fabricante. Generalmente la potencia de los motores eléctricos se mide en HP, mejor conocidos como caballos de potencia, ahora bien un caballo de potencia equivale a 745.7 Watts.

1.3.2.- Par: Es la fuerza en la flecha que el motor en un momento dado puede proporcionar así se tienen varias clases de pares:

a).- Par de Plena Carga: Es el correspondiente para producir la potencia nominal a la velocidad especificada en la placa de datos.

b).- Par de arranque: Es el par mínimo que un motor desarrolla con el rotor frenado a velocidad cero aplicando tensión y frecuencia nominales.

c).- Par mínimo: Es el mínimo desarrollado durante su curva de operación.

d).- Par de Aceleración: Es la diferencia ó exceso de pares entre los desarrollados por el motor y los demandados por la carga; en un período comprendido desde el reposo hasta la velocidad de operación.

e).- Par Máximo: Es el máximo desarrollado por el motor bajo frecuencia y tensión nominales sin que suceda un descenso brusco de la velocidad del motor. También se le conoce como: par de desenganche.

1.3.3.- Velocidad Síncrona: La velocidad síncrona del campo giratorio de un motor de inducción (jaula de ardilla) está determinada por la frecuencia del suministro de energía y el número de polos para los cuales el motor está embobinado. La velocidad síncrona se puede obtener de la siguiente expresión:

$$N_s = \frac{120 F}{P}$$

donde:

N_s = Velocidad Síncrona (RPM)

F = Frecuencia de la fuente de alimentación (Hz).

P = Número de Polos.

1.3.4.- Deslizamiento: La diferencia que existe entre la velocidad síncrona y la velocidad real del motor se le conoce como deslizamiento, el cual se expresa generalmente como porcentaje por lo tanto:

$$S = \frac{(N_s - N_r)}{N_s} \times 100$$

donde:

S es el por ciento de deslizamiento

N_s es la velocidad síncrona

N_r es la velocidad del rotor.

1.3.5.- Corrientes: De la corriente (amperes) que toma de la línea un motor eléctrico se desprenden ciertas características tales como:

a).- Corriente de Plena Carga: Es la corriente nominal de datos de placa que el motor debe tomar de la fuente de alimentación para que a voltaje y frecuencia nominales satisfaga todas sus características de placa.

b).- Corriente en vacío: Esta viene siendo la corriente sin carga del motor de inducción y está formada por dos componentes: Corriente magnetizante que es la corriente requerida para mantener el flujo en el circuito magnético y corriente activa que es la que se requiere para alimentar las pérdidas sin carga; éstas pérdidas sin carga son las pérdidas del núcleo, las de fricción y ventilación y las pérdidas del cobre del embobinado debidas a la corriente en vacío.

c).- Corriente de corto Circuito: Es la corriente que toma un motor de inducción de la línea cuando el rotor está frenado a velocidad cero.

1.3.6.- Pérdidas: Las pérdidas ó energía no aprovechable de un motor de inducción se pueden encerrar en tres grupos:

a).- Pérdidas por fricción y ventilación: Las pérdidas por fricción de un motor de inducción se deben a los apoyos (baleros) y las pérdidas por ventilación dependen de la con-

trucción del motor y son muy difíciles de calcular. Las pérdidas combinadas de fricción y ventilación son del orden del 3% de la potencia demandada por el motor.

b). - Pérdidas en el Núcleo: Las pérdidas en el núcleo para motores de inducción se componen de las de histéresis; las de dispersión en dientes y yugos más las pérdidas adicionales. Estas pérdidas adicionales comprenden las superficiales en los dientes debido a variaciones en la densidad del estatorhierro, las de pulsación en los dientes debido a variaciones en la densidad de los dientes, pérdidas debidas a rebabas en las ranuras, pérdidas debidas al flujo no distribuido uniformemente, etc.

Las pérdidas por unidad de peso a varias densidades de flujo y para diferentes calidades de acero eléctrico se obtienen de curvas las cuales se tratan a partir de pruebas en muestras. Las pérdidas adicionales no se pueden calcular.

c). - Pérdidas en el Cobre: Tanto en los circuitos de corriente alterna como en las de corriente continua las pérdidas, ($I^2 R$) en el cobre se calculan multiplicando el cuadrado de la intensidad de corriente en amperes por la resistencia óhmica de los conductores a través de los cuales circula la corriente, el resultado viene dado en watts. En los motores de inducción las corrientes del estator y rotor producen pérdidas en el cobre de la máquina para cualquier valor de carga ó del deslizamiento y se pueden calcular por medio del circuito equivalente del motor.

1.3.7.- Factor de Potencia: A la función trigonométrica (coseno) del ángulo que forman la corriente activa y la corriente de plena carga se le llama factor de potencia; ya que representa la relación que existe entre la potencia real consumida (potencia activa) y la potencia absorbida (aparente) de la fuente de alimentación.

1.3.8.- Eficiencia.- La eficiencia de un motor eléctrico es la relación que existe entre la potencia entregada y la potencia consumida por lo que generalmente se expresa en porcentajes.

$$\eta = N = \frac{W_o}{W_e} \times 100$$

1.3.9.- Factor de Servicio: El factor de servicio para motores es un multiplicador que aplicado a la potencia nominal, indica la sobrecarga continua máxima permisible que puede llevar el motor bajo las condiciones especificadas en sus datos de placa.

3)

1.3.10.- Letra de Código NEMA.- La placa de características de cualquier motor de corriente alterna, deberá ser marcada con una letra clave, seleccionada de acuerdo a la tabla adjunta, para indicar los KVA a rotor bloqueado por H.P. Esta letra de código deberá ser a tensión y frecuencia nominales.

Clave para KVA a Rotor bloqueado por HP.

Letra:	KVA/HP	Letra:	KVA/HP.
A	0 - 3.15	K	8.0 - 9.0
B	3.15 - 3.55	L	9.0 - 10.0
C	3.55 - 4.0	M	10.0 - 11.2
D	4.0 - 4.5	N	11.2 - 12.5
E	4.5 - 5.0	P	12.5 - 14.0
F	5.0 - 5.6	R	14.0 - 16.0
G	5.6 - 6.3	S	16.0 - 18.0
H	6.3 - 7.1	T	18.0 - 20.0
J	7.1 - 8.0	U	20.0 - 22.4
		V	22.4 - y mayores.

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

2.- Características de la carga y del motor: tales como acoplamiento del motor a la carga, velocidad, capacidad en, C.P., pares requeridos, características de inercia y aceleración y ciclo de trabajo.

3.- 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.

4.- Condiciones ambientales y aislamiento: tales como temperatura ambiente, altura sobre el nivel del mar, abusos mecánicos y contaminantes. Estos factores determinan el tipo de aislamiento, así como la cubierta o protección del motor.

Los motores se encuentran normados en México bajo las normas de CONNIE (Comisión Nacional de Normalización de la Industria Eléctrica). En éste artículo nos basaremos en éstas Normas y en las Normas americanas de la NEMA.

2.- Características de la Carga y del Motor.-

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

④ Transmisión con banda o cadena.- Al aplicar éstos métodos de transmisión y reducción de velocidad a motores, deben comprobarse siempre dos factores.

- a).- Carga radial adicional sobre la chumacera 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 Armazón.	No. de Polos.	Velocidad Sincronica, RPM.	C.P. 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 rielos 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 se palian 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.

2.2 Selección del Motor.-

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

- 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:

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

c).- Comparación.- Si a) ó 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.

Par.- 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 trocos en la industria del papel.

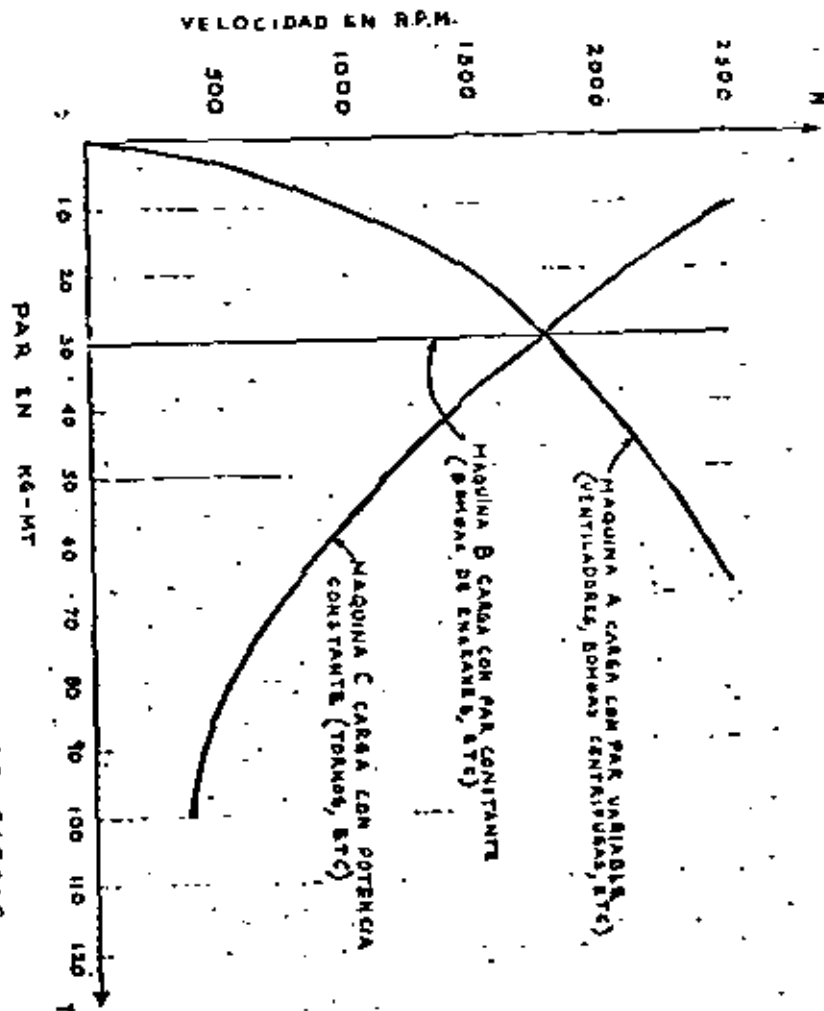
b).- Par de Aceleración.- En cargas de alta inercia tales como las antes mencionadas, el par en exceso que desarrolla el motor y que sirve para acelerar la carga en un tiempo determinado es importante para que el motor no se sobrecaliente. Este aspecto lo veremos más en detalle al analizar las características de pares de los motores.

c).- Par máximo.- En el caso de cargas variables, el motor debe ser capaz de desarrollar suficiente par para prevenir que el mismo se freo o se "siente", cuando la demanda de energía por parte de la máquina es máxima.

(5)

FIG. 1

CARACTERÍSTICAS DE PAR DE ALGUNAS CARGAS



Características de Par de las Máquinas.-

En general existen tres tipos de requerimientos de par en las máquinas movidas como se muestra en la figura No. 1.

Máquina A.- "Carga de Par Variable".- En estas máquinas el par varía con el cuadrado de la velocidad de operación, como en ventiladores, sopladores y bombas centrífugas, todas las cuales requieren pares mucho más bajos a velocidades bajas que a velocidades altas. En estas máquinas el par de arranque solo es el requerido por fricción e inercia, que son relativamente bajas.

Máquina B.- "Carga de Par Constante".- En estas los requerimientos de par no varían con la velocidad. La carga principal en estas máquinas es de fricción, como en transportadores, máquinas para las industrias del hule y papel, líneas de proceso, bombas de engranes, etc.

Máquinas C.- "Carga de Potencia Constante".- En este tipo de máquinas, la demanda de par aumenta al decrecer la velocidad. La potencia requerida permanece constante para todo el rango de velocidades. Típico de esta carga, son algunos tornos donde se hacen cortes gruesos a velocidades bajas.

Sin embargo existen máquinas que no caen bajo ninguna de estas tres clasificaciones. En este caso es necesario obtener la curva Par-velocidad del fabricante.

Máquinas con Velocidad Constante y Carga Variable.-

En muchos casos una máquina de velocidad constante, tiene una carga variable, es decir requiere de una potencia variable. Esto no siempre dicta el uso de un motor cuya potencia sea la equivalente a la máxima requerida por la carga. Para determinar la potencia es necesario determinar el valor cuadrático medio de la misma como sigue:

1.- Multiplíquese el cuadrado de la potencia por el tiempo requerido en segundos, en cada una de las fases del ciclo de trabajo.

2.- Divídase la suma de estos resultados por el tiempo efectivo en segundos para completar el ciclo total. Usense 1/3 de los tiempos de reposo para motores abiertos y 1/2 de los mismos para motores cerrados, debido a la distorsión calorífica reducida cuando el motor se encuentra parado.

3.- Extraíga-se la raíz cuadrada de este último resultado.

Por ejemplo, una máquina herramienta tiene el ciclo siguiente:

8 CP durante 4 minutos

6 CP durante 50 segundos.

10 CP durante 3 minutos.

Un periodo de reposo de 6 minutos.

Se usará un motor abierto.

$$CP^2 \text{ cuadr. med.} = \frac{(8^2 \times 240) + (6^2 \times 50) + (10^2 \times 180)}{240 + 50 + 180 + 360/3} = 59.8$$

$$C.P. = 7.73 \text{ C.P.}$$

Se escogería un motor de 7 1/2 CP., que como puede observarse es sobrecargará en 33% durante 3 minutos.

2.4 Características 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. 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.

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

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

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

$$\text{Potencia en CP} = \frac{T \times \text{RPM}}{716} \dots\dots (1)$$

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

Abajo 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 inductores de 2 y 4 polos.

Costo relativo de motores de 10 CP., abiertos.

Polos.	Velocidad en la flecha a 60 hertz, RPM.	Armazón.	Costo Relativo.
2	3475	213 T	103 %
4	1745	215 T	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 mas alta velocidad, es el comprobar que la flecha es adecuada para transmitir por bandas. También si el sentido de rotación del motor tiene que invertirse frecuentemente, los motores de alta velocidad tienen menor capacidad térmica para ello que los de baja velocidad.

Definición de los Pares del Motor de Inducción.

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 movida, 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 No. 2, ilustra 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 Máximo" se muestra en (2). Este es el par máximo en el área de la cúpula que sigue al arranque. Como veremos más adelante, en muchos motores no hay este descenso de par, después de arrancar.

(8)

VELOCIDAD SINCRÓNICA PORCIENTO

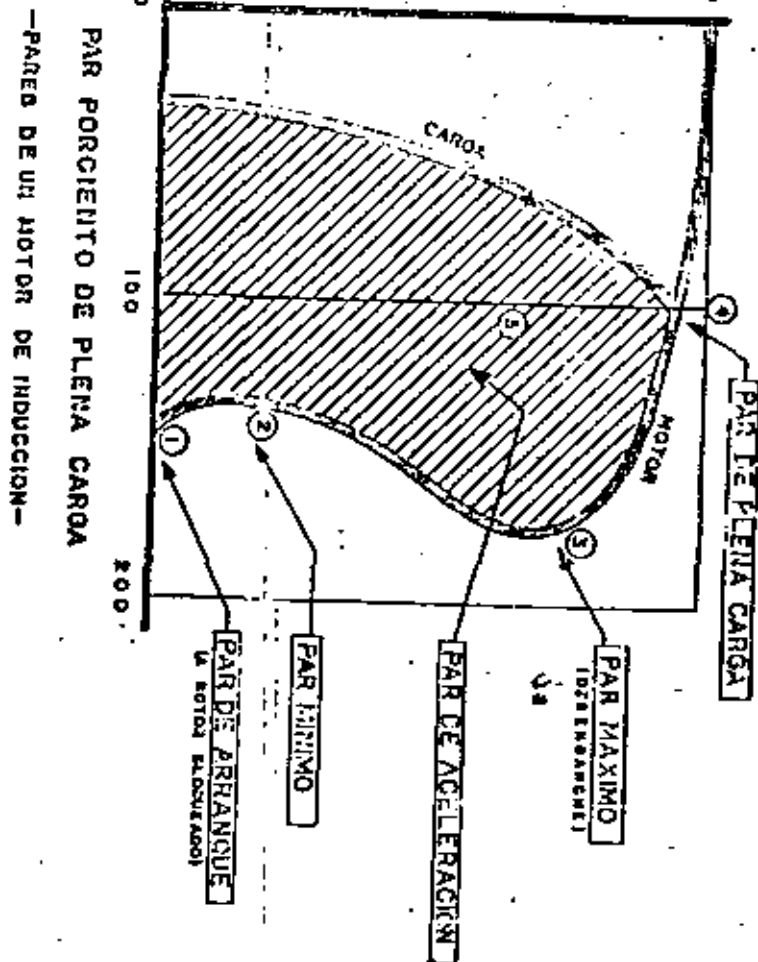


FIG. 2

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 o en vacío. 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 ésta misma área.

Estos pares son extremadamente importantes y deben entenderse perfectamente para aplicar, adecuadamente los motores a cargas variadas. La marca de un buen vendedor es el adecuar el motor a la carga.

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 al 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.

Selección de un Motor para Carga Fluctuante.

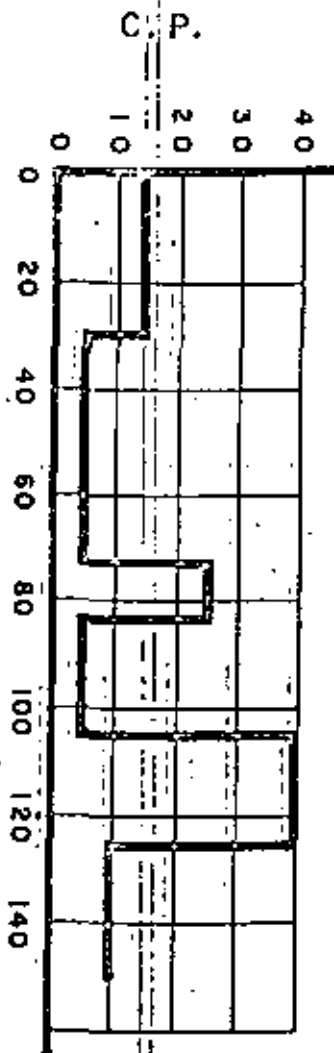
Al seleccionar un motor para carga fluctuante, como por ejemplo un transportador de descarga de minerales, el primer paso es calcular la potencia cuadrática media como ya se ilustró antes. Supongamos que la capacidad cuadrática media es de 18.1 CP.

Un motor de 15 CP con factor de servicio de 1.15, no es suficiente, por lo que uno de 20 CP., parece ser el indicado.

Sin embargo hay que profundizar el análisis para determinar si este motor tiene la capacidad necesaria para llevar todos los picos de carga del ciclo de trabajo. El segundo paso es determinar la capacidad máxima requerida. Esta información puede obtenerse del ciclo de trabajo en forma gráfica mostrado en la Figura No. 3, o bien de una tabulación preparada con el mismo obje-

— CICLO DE TRABAJO DE UNA CARGA FLUCTUANTE —

TIEMPO EN MINUTOS



to. En este ejemplo, la capacidad máxima requerida es 40 C.P.

El siguiente paso es comprobar si el motor tiene un par máximo suficiente para manejar las demandas máximas de 40 C.P. Según Normas un motor de 20 CP tiene un par máximo de 200 %.

De lo anterior se concluye que un motor de 20 CP., apenas puede manejar la carga en cuestión. Sin embargo no existe ningún margen para tomar en cuenta variaciones de voltaje o de la carga de la máquina. Por lo tanto el motor de 20 CP., no debe ser usado en esta aplicación.

Una regla práctica establece que los pares de arranque mínimo y máximo del motor, deben estar por lo menos 25% por arriba de los pares correspondientes requeridos por la carga.

Por lo tanto la selección aquí recaería sobre un motor normal de 25 CP o sobre un motor especial de 20 CP y con 250% de par máximo.

Uso de las Curvas Par-Velocidad.

Muchos de los usuarios de motores piensan y trabajan en términos del par de los mismos. Esto es especialmente cierto en el campo de los fabricantes de equipo original, en donde se diseñan maquinarias. Además, las características de par nos dan una idea mejor acerca de los requerimientos de las máquinas y del comportamiento del motor, que no son evidentes cuando se considera la capacidad solamente.

Una curva típica se muestra en la Figura No. 4, veamos que información podemos sacarle. Esta curva es típica para toda una familia de motores (NEMA Clase B), pero para esta discusión vamos a suponer que corresponde a un motor de jaula de ardilla con 10 C.P., 6 polos y 1160 RPM., a 60 Hertz. El par a plena carga calculado por la fórmula 1, resulta ser de 8.30 kg.-mts.

Al analizar la curva arranquemos en (2): este es el par de arranque que es uno de los factores críticos de selección. El valor es de 150% del par a plena carga, o sea 9.30 kg.-mts. para este motor.

Ahora siguiendo la curva hacia arriba, vemos que el par cae un poco al levantar velocidad y hasta que se alcanza más o menos el 30% de la velocidad sincrónica que es de 1200 RPM. De aquí en adelante el par sigue aumentando junto con la velocidad, hasta alcanzar el 75% de la velocidad sincrónica (3). El motor en este punto muestra el par máximo o de desenganche. La abscisa en este punto nos muestra que el par es de 200% del par a plena carga, o sea 12.4 kg.-mts. a 900 RPM. (75% de 1200 RPM).

Este es otro factor crítico de selección, particularmente para cargas de carácter fluctuante. Nótese que ningún punto en el ciclo de trabajo de la máquina movida puede exceder a este par máximo, si esto ocurre el motor se frena o se desengancha. Los mecánicos de taller dirían que el motor se "sienta".

De aquí en adelante el par decrece al aproximarse el motor a su velocidad de operación, muy cercana a la velocidad sincrónica. En (4) el motor alcanza su par a plena carga y opera a 1160 RPM. Como es de esperarse, es precisamente en este punto donde el motor desarrolla su potencia nominal o de placa.

La velocidad sincrónica es aquella a la que gira el campo magnético rotatorio que se desarrolla en el estator y que es el que impulsa a nuestro motor de inducción. Esta velocidad se calcula por la fórmula:

$$\text{Velocidad sincrónica} = \frac{120 \times \text{Frecuencia}}{\text{No. de Polos}} \text{ en RPM.}$$

en nuestro ejemplo:

$$\text{Velocidad sincrónica} = \frac{120 \times 60}{6} = 1200 \text{ RPM.}$$

Notamos que en el punto (4) correspondiente a la plena carga del motor, la velocidad de operación de 1160 RPM, está 40 RPM por abajo de la velocidad sincrónica. La diferencia entre la velocidad sincrónica del campo rotatorio del estator y la velocidad a la que gira el rotor se llama "deslizamiento". En el motor el deslizamiento en % es:

$$d = \frac{(1200 - 1160)}{1200} \times 100 = \frac{40 \times 100}{1200} = 3.33\%$$

Después de todo lo anterior, resulta obvio que mientras la curva Par-Velocidad de la máquina movida permanezca dentro, o a la izquierda, de la curva Par-Velocidad del motor, éste no tendrá dificultad para acelerar y para mover la carga. Sin embargo, si alguna porción de la característica de par de la máquina se sale a la derecha de la curva del motor, deberá seleccionarse otro motor de mayor capacidad.

Por ejemplo la línea puntuada (5) representa la curva Par-Velocidad para un molino de bolas. La curva completa cae

dentro del área de operación del motor. Nótese sin embargo que para el arranque, la curva de la carga se acerca peligrosamente a la del motor en el punto (2). Por ello si la tensión o voltaje de alimentación es estable, sería seleccionarse el motor de 10 CP., 6 polos, NEMA D, arrancándolo a plena tensión. Si la tensión no es estable y cae frecuentemente, sería más conveniente seleccionar un motor de la misma capacidad pero con más par de arranque como el NEMA C, como veremos más adelante.

Veamos ahora la curva de carga (6), que corresponde a un molino de laminación cargado. Aquí vemos que el par de arranque es de 200% y que está por encima de la curva. Par-Velocidad del motor diseño NEMA B. Aquí también habría que usar otro tipo de motor como el NEMA C.

Pero refirámonos más a fondo a estos otros diseños. Como declinamos la curva mostrada en la Figura No. 4, corresponde a un motor con diseño NEMA B. Existen otros diseños que discutiremos a continuación o sea los NEMA A, C y D. cada diseño tiene su uso apropiado.

Características de Par, Diseños NEMA A, B y C.

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 o D pueda manejar mejor la carga.

La gráfica de la Figura No. 5, muestra las curvas Par-Velocidad para los diseños NEMA A, B y C. La curva "B" es la misma que ya vimos. La curva "A" como puede verse se parece mucho a la "B". El diseño A tiene un par de arranque ligeramente más bajo y un par máximo ligeramente más alto, que el diseño B.

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, de modo que éste se usa solo en motores grandes (totalmente cerrados de más de 100 CP., en donde resulta muy difícil limitar por diseño la corriente de arranque a las Normas NEMA-CONNIE. El diseño B es el normal para todos los motores a prueba de golpe hasta 200 C.P. y para motores cerrados hasta de 100 CP.

Como muestra la curva de línea llena, un motor con diseño C, tiene un par de arranque mayor que el "A" o el "B". Este par es de aprox. 225 %, que en el caso del motor de 10 C.P., es de 14 kg-mts.

En cambio el par máximo o de desenganche, es menor que para los diseños A o B. A pesar de que no hay un punto definido para este par, su valor se establece en aprox. 100% (11.9 kg-mts, para el ejemplo del motor de 10 C.P., 6 Polos).

El par a plena carga es igual que para los diseños A y B. La curva (1) corresponde a la curva (6) de la figura anterior No. 4 o sea a un molino laminador cargado. Un motor de diseño NEMA C podría manejar esta carga debido a su par de arranque mayor. De acuerdo con la regla básica ya establecida, la curva de carga queda totalmente dentro de la curva del motor.

Los motores del diseño NEMA C debido a su alto par de arranque y de aceleración son aplicables a escaleras eléctricas, pulverizadores, compresores sin válvula de descarga, transportadores, etc. Se construyen en tamaños de 3 C.P., 6 Polos para arriba. Abajo de este límite los motores normales NEMA B, inherentemente desarrollan pares que corresponden al NEMA C.

Características de Par, Diseño NEMA D.

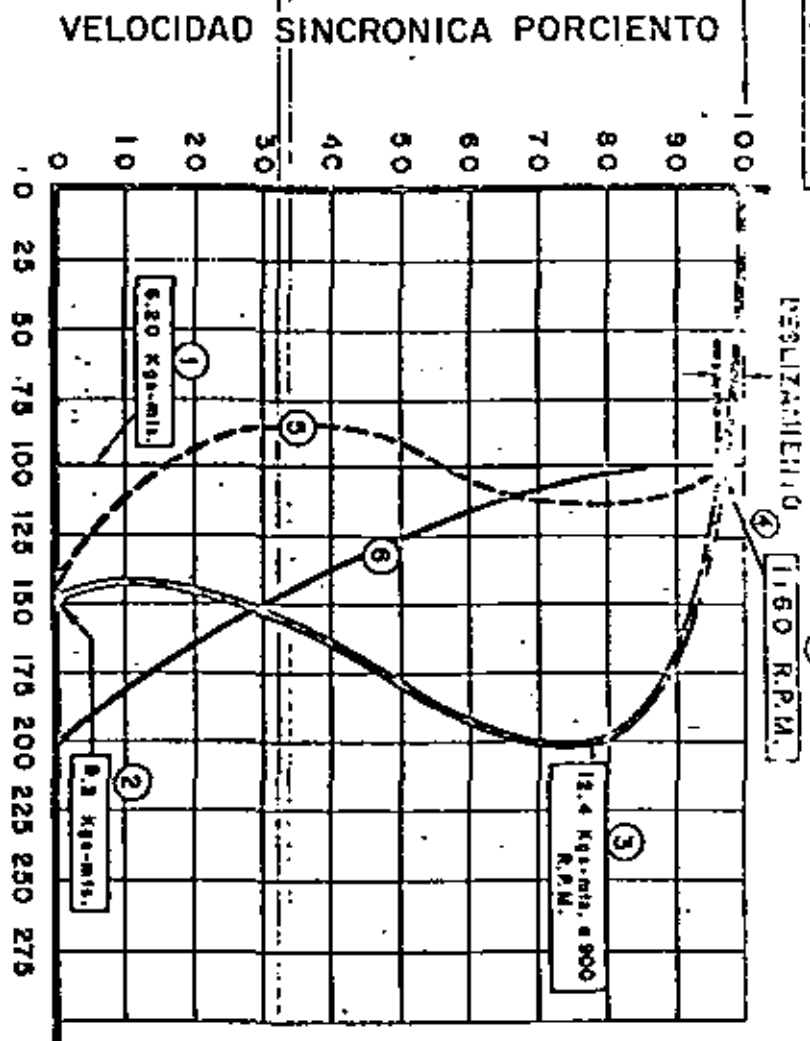
La curva de línea sólida, mostrada en la Fig. 6, muestra la característica Par-Velocidad para un motor de diseño NEMA D. Este diseño desarrolla un par de arranque (1) muy alto y que es aprox. el 275% del par a plena carga. Sin embargo, como puede verse de la curva, el par decae gradualmente durante el período de aceleración, por lo que no hay un par máximo o de desenganche bien definido como en los diseños A y B.

Otra característica poco usual en este tipo de motor es su alto deslizamiento (2) a plena carga. La curva mostrada corresponde a un motor diseño D con deslizamiento de 10%. Los motores diseño NEMA D más usuales trabajan con deslizamientos entre 5 y 8% y el otro grupo menos usual con deslizamientos entre 8 y 13%. Las características de este diseño lo hacen muy útil para su aplicación en dos grandes categorías de máquinas. En primer lugar, su alto par de arranque lo hace adecuado para acelerar cargas difíciles de arrancar, particularmente las del tipo pulsatorio. En segundo lugar, la característica en declive de la curva Par-Velocidad, lo hace idealmente aplicable para aquellas cargas en que se requiere de aceleración del motor durante los períodos o picos de carga, de tal manera que pueda liberarse la energía cinética almacenada en el volante. Aplicaciones típicas incluyen prensas para troquelado o embulido y prensas dobladoras de cortina. Tan pronto como ha pasado el pico de carga máxima al aplicarse la carrera de trabajo, el motor volverá a impulsar el volante acelerándolo y almacenando energía en preparación de el próximo ciclo de trabajo.

Por ejemplo una prensa troqueladora de 120 Toneladas, y 6 pulg. de carrera se usa para perfilar y cortar discos de 1/2 -

... CURVA PAR-VELOCIDAD.-NEMA B -

FIG. 4



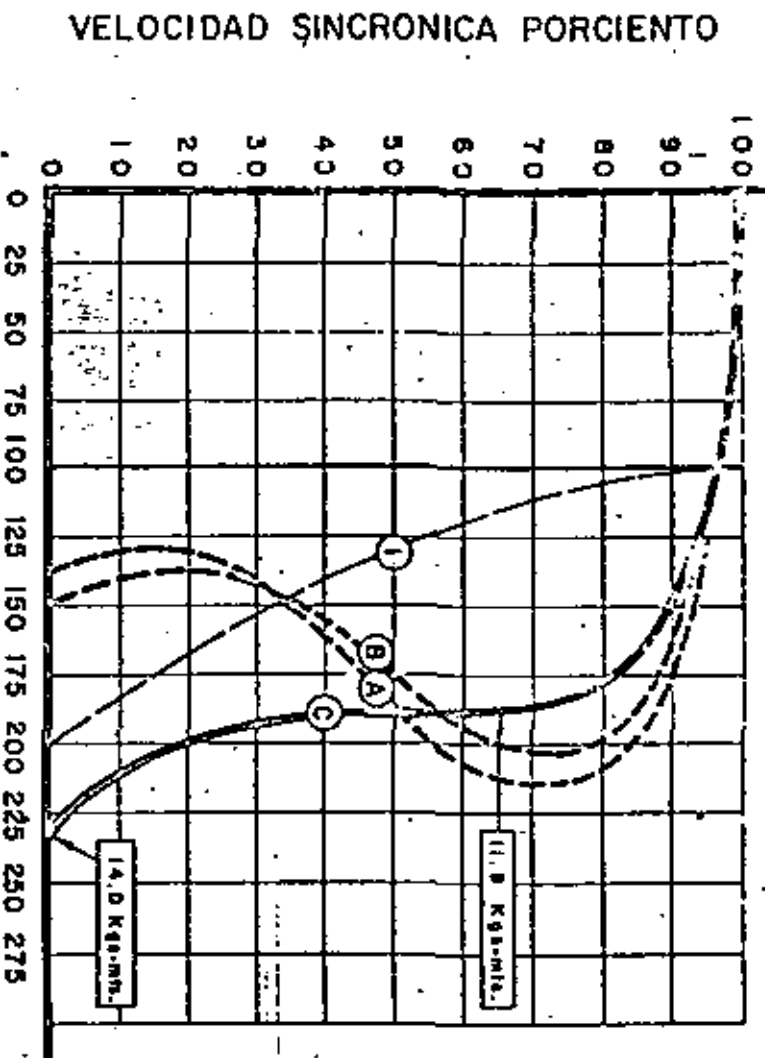


FIG. 5

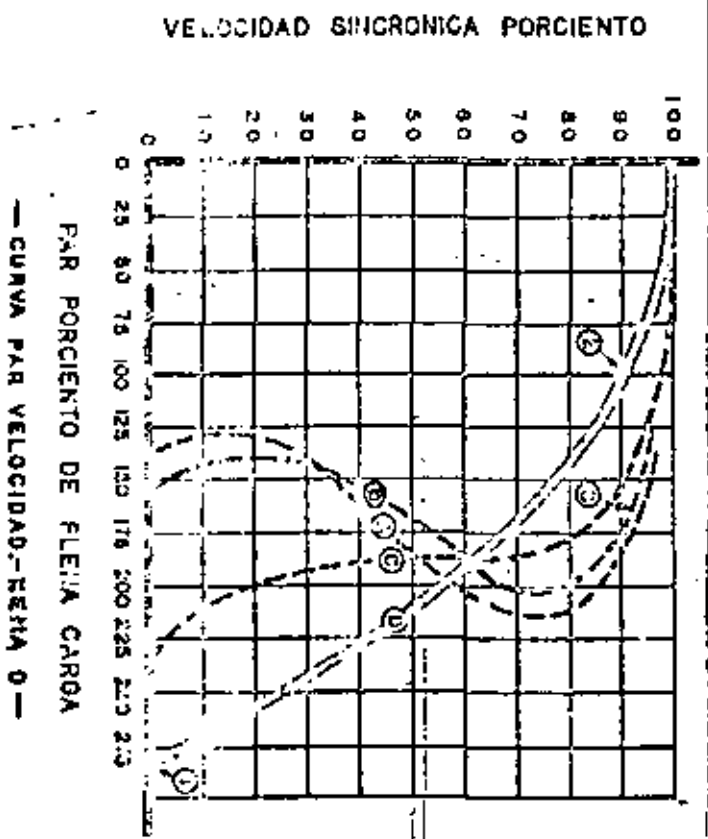


FIG. 6

durante los periodos o picos de carga, de tal manera que puede liberarse energía cinética almacenada en un volante. Sus aplicaciones incluyen prensas para troquelado, prensas dobladoras de cor-tina. Tan pronto como ha pasado el pico de carga máxima al aplicarse la carrera de trabajo, el motor volverá a impulsar el volante acelerándolo y almace-nando energía en preparación del próximo ciclo de trabajo. Las desventajas de este tipo de motor es su baja eficiencia comparado con los otros diseños, ya que el alto par de arranque y el alto deslizamiento se obtienen a base de altas pérdidas en el rotor.

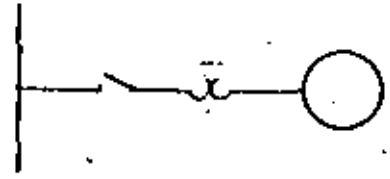
(17)

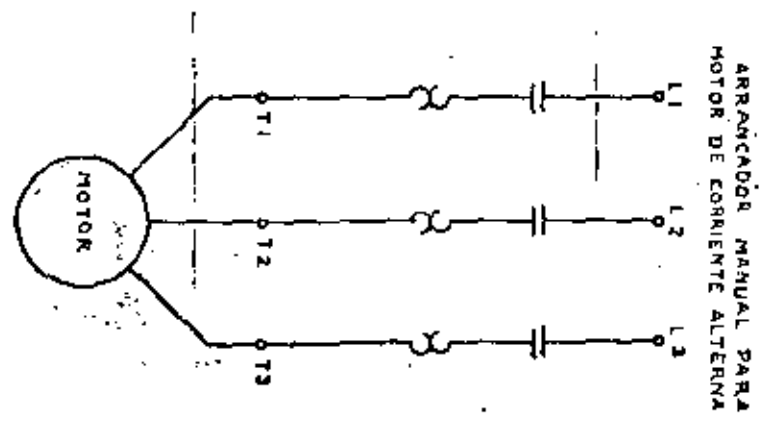
Este tipo de arrancador sencillo tiene un interruptor de acción rápida de "cerrado" y "abierto" que se acciona por una palanca. Este motor de inducción toma entre 6 y 8 veces, el valor de la corriente de plena carga al ser arrancado tensión plena. Esta fuerte demanda de energía y de corriente puede ser indesea-ble por la elevada caída de tensión que produce en la línea de alimentación, causando parpadeo en las luces o disturbios en equipo sensible a las variaciones de voltaje. También puede ser objetable por las limi-taciones de demanda en kVA que establece la Compañ. Alimentadora, o bien la subestación. Como norma se tiene que motores hasta de 1/2 media HP, pueden conec-tarse directamente a la línea, sin riesgo de dañosles e provocar perturbaciones en el sistema eléctrico.

SISTEMAS DE ARRANQUE APLICABLES AL MOTOR

El sistema mas simple de arrancar los motores es conectarle directamente a la línea de alimentación, pero no se tendría control sobre el motor, por lo que es necesario emplear un dispositivo intermedio para con-trolar al motor. Este equipo de control recibe ordenes dadas por un operario que regula la operación y al propio tiempo protege el equip-

Los motores mayores de 1/2 HP, pero menores de 10 HP, deben ser arrancados por un arrancador a tensión plena, según lo establece el Reglamento de Obra e Instalaciones Eléctricas. (Art. 28.15) Estos tipos de arrancadores, ^{pueden ser manuales o magnéticos.} Los manuales consisten en una caja que contiene un interruptor de acción rápida de cerrado o abierto que se acciona por una palanca montada al frente del arrancador. Estos arrancadores proporcionan una protección contra sobrecarga, por medio de una uni-dad térmica tipo fusible. Algunas aplicaciones son el control de pequeñas máquinas herramientas,





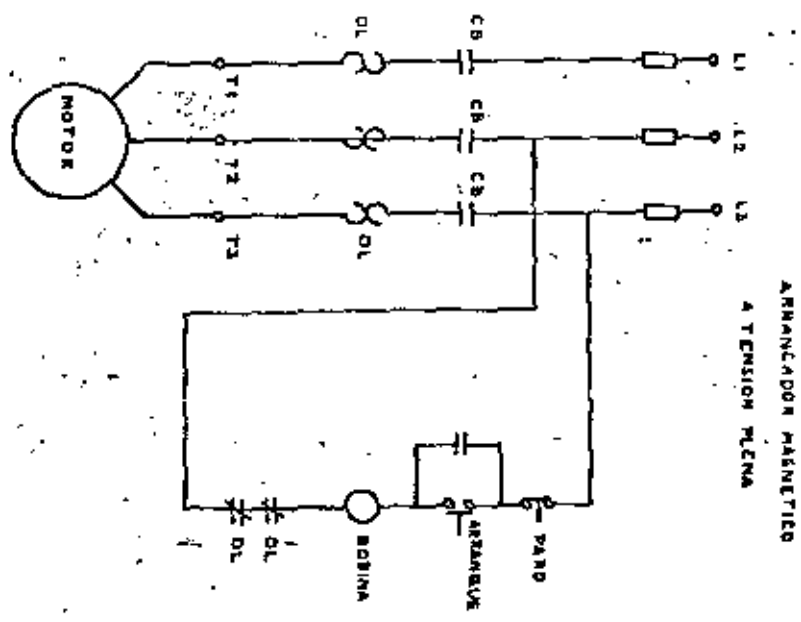
ventiladores, bombas, quemaderas de petróleo, sopladores, unidades calefactoras y en general todos los motores fraccionarios. FIG 6

El otro tipo de arrancadores a tensión plena, son los magnéticos que emplean energía electromagnética para cerrar los interruptores del arrancador, este proporciona un medio seguro conveniente y económico para arrancar motores. Generalmente se usan cuando al motor se le puede aplicar el par de arranque a voltaje pleno, se controlan por dispositivos piloto, tales como estación de botones, interruptores de placa o relevadores de control de tiempo.

El motor, como anteriormente se dijo, al recibir la plena tensión, tomará durante el periodo de aceleración de la carga, una corriente que es entre cinco y diez veces la corriente de plena carga.

Este arrancador consiste en una caja donde van montados los contactos que son accionados por una bobina de solenoides.

La bobina es accionada por una estación de botones, o por algún otro medio, esta bobina nos sirve también como protección por bajo voltaje, ya que si existe un bajo voltaje, la bobina se desmagnetiza desconectando los contactos, abriendo el circuito de alimentación del motor.



Bajo cualquier condición de sobrecarga, el motor toma una corriente excesiva que causa sobrecalentamiento, por lo que el aislamiento de los devanados se pueden deteriorar. Existen límites establecidos para las temperaturas de operación del motor, empleando relevadores de sobrecarga para limitar la cantidad de corriente, ya sea por medio de fusibles en la línea ó relevadores bimetalicos de sobrecarga en el arrancador.

El motor en el arranque toma una corriente muy alta, que puede resultar objetable, pues produce una caída de tensión considerable, calentamiento de las líneas, del arrancador y del motor mismo que pueden ser objetables ó perjudiciales, por lo que es necesario usar un arrancador que reduzca el voltaje aplicado y en esta forma amortigue el transitorio de corriente a valores aceptables.

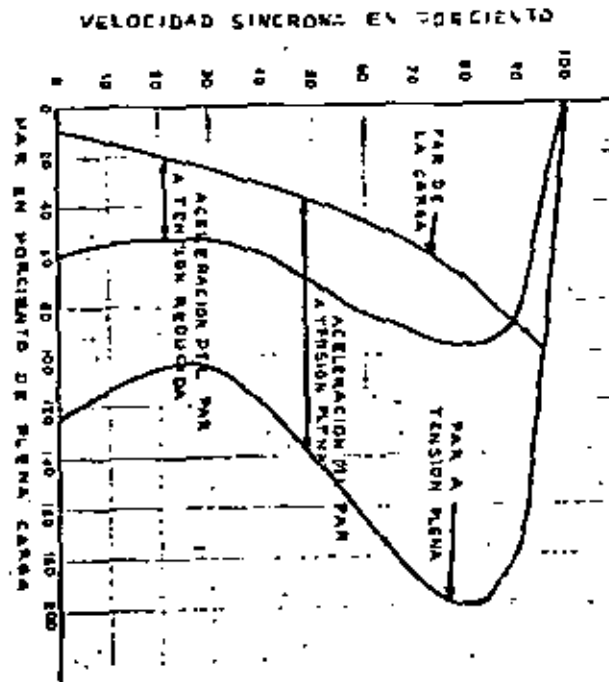
ARRANQUE DE MOTORES DE C.A. A VOLTAJE REDUCIDO.

Existen dos razones para utilizar arrancadores a tensión reducida:

- 1- Para reducir la corriente de arranque del motor
- 2- Para reducir el par aplicado a la carga en el arranque.

REDUCCION DE CORRIENTE.- Un motor de inducción jaula de ardilla, toma 6 seis veces la corriente

FIG 7 CURVA PAR-VELOCIDAD DE UN MOTOR



de plena carga durante el periodo de arranque, esta alta corriente frecuentemente produce una sobrecarga al sistema de distribución, causando una disminución en la luz de las lámparas y otros efectos perjudiciales.

Cuando el arranque del motor es a voltaje reducido, la corriente de arranque también es menor en proporción directa al voltaje aplicado. Por lo tanto el arranque a tensión reducida minimiza estos efectos adversos.

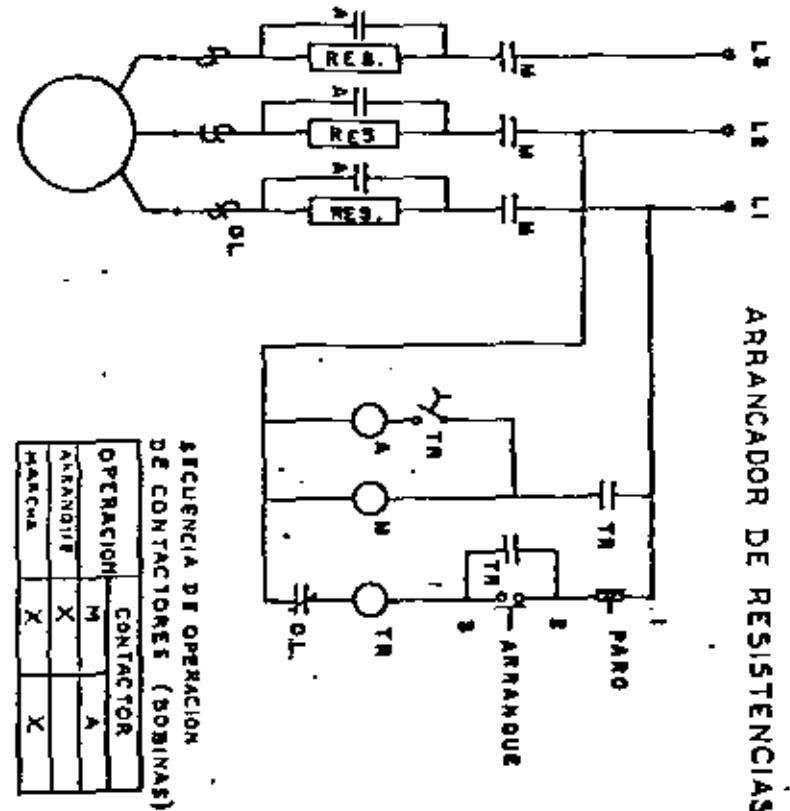
FIG 7

REDUCCION DEL PAR. - El arranque a tensión reducida minimiza el choque con la máquina conducida, porque reduce el par del motor. Esto es importante, porque un alto par aplicado puede causar deslizamiento en la banda o dañar el acoplamiento o engranes. Reduciendo el voltaje de arranque, en el motor, se reduce el par de arranque. Esta reducción en el par es proporcional al cuadrado de la reducción de voltaje. Por ejemplo, reduciendo el voltaje de línea al 50%, producirá solamente el 25% del par de arranque de plena carga.

MÉTODOS DE ARRANQUE: ARRANCADOR DE RESISTENCIAS.

Una de las formas más comunes de arranque a tensión reducida es empleando resistencias en serie con el motor durante su aceleración. La corriente tomada por el motor es menor, porque se

(11)
FIG. 8



ARRANCADOR DE RESISTENCIAS

ARRANCADOR DE RESISTENCIAS

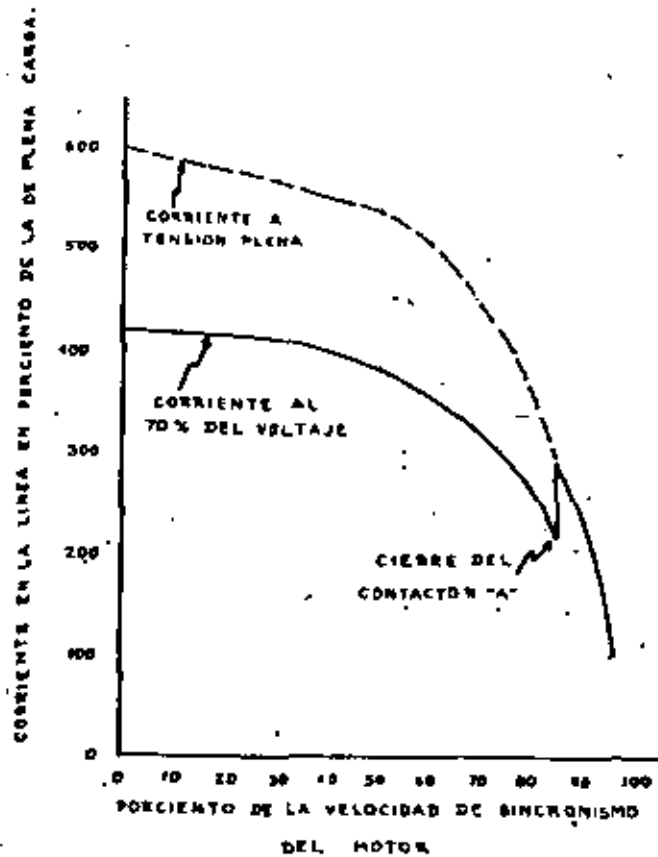


FIG 9 CORRIENTE DEL MOTOR CON UN ARRANCADOR AL 70% DEL VOLTAJE.

(B) disipa en las resistencias adicionales, mientras que el par es menor debido a la caída de tensión que reduce el voltaje en las terminales del motor. Como el motor está acelerando, la corriente a través de las resistencias, decrece para reducir la caída de voltaje e incrementar la tensión en las terminales del motor. El resultado es una aceleración suave con incrementos graduales del par y la tensión.

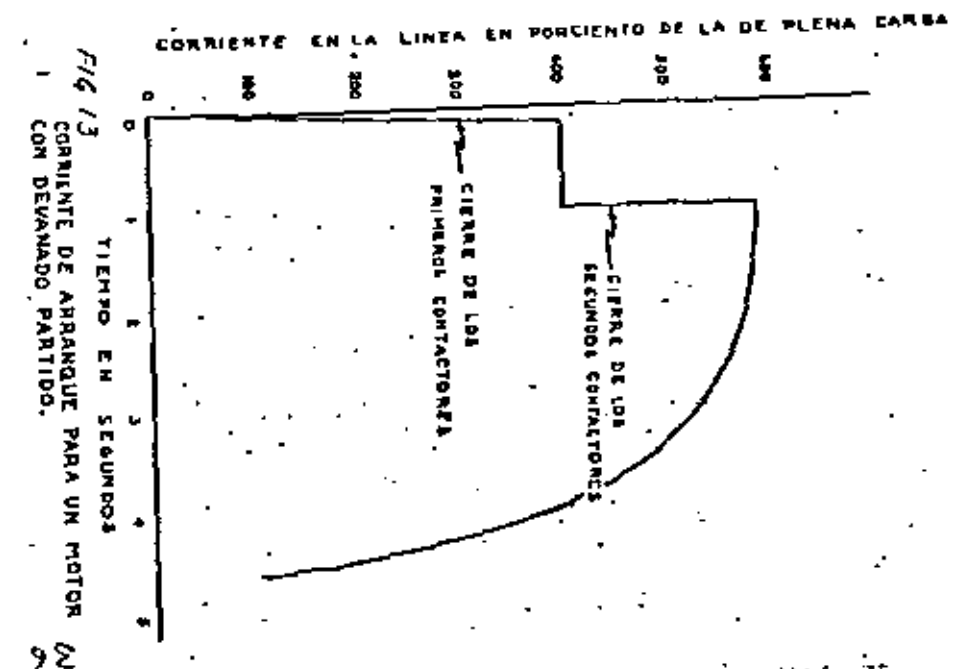
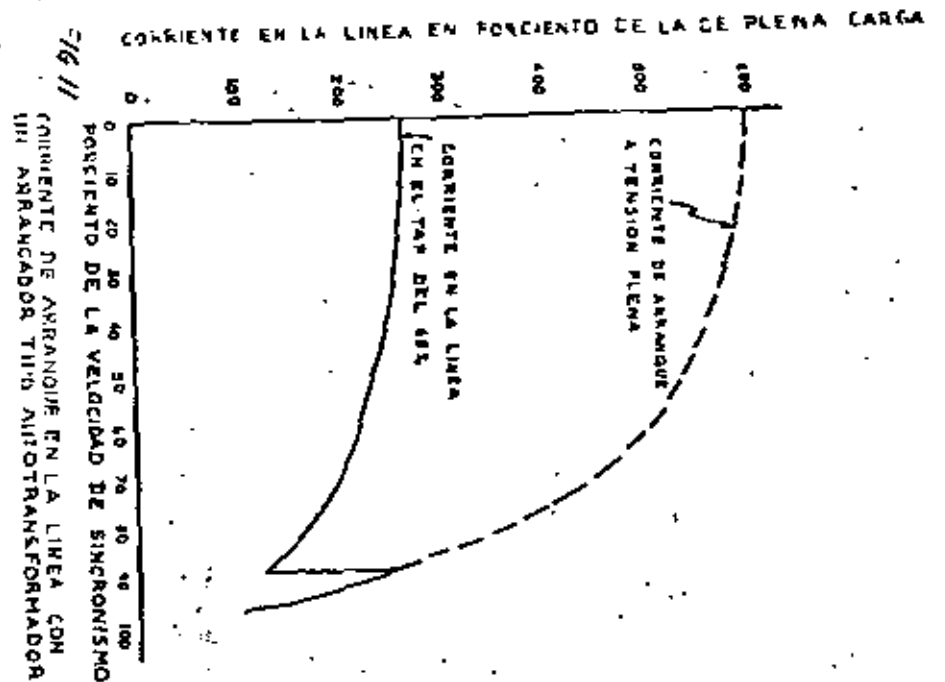
El ciclo de arranque es con transición cerrada, o sea que el motor nunca queda desconectado de la línea, desde el primer momento en que queda conectado, hasta que el motor opera a voltaje pleno. El arrancador por resistencias consume potencia que se ~~consume~~ disipa por calor pero se obtiene un alto factor de potencia. Existen arrancadores de resistencias de dos puntos de aceleración (simple paso de resistencias) ó de 3, 4, 5 y más puntos de aceleración. Si el voltaje está limitado a valores en los cuales no causen parpadeos perjudiciales a las lámparas, la corriente tomada por los motores en el arranque debe ser limitada a valores determinados de incremento, determinando así el número de puntos de aceleración. FIG 8 FIG 9

La aplicación de este arrancador es a maquinaria delicada, como escaleras eléctricas y transportadores que tengan que arrancar suavemente.

ARRANCADOR TIPO AUTO TRANSFORMADOR.- Este tipo de arrancador usa un autotransformador entre el motor y la alimentación que reducen el voltaje de arranque.

Una gran mayoría de arrancadores son de este tipo y utilizan un voltaje del 65% del de línea, cuando se requiere un mayor ^{pot.} se cambia al tap del 50%, cuando el voltaje al 65% crea una excesiva caída en el arranque se cambia al tap del 50% de voltaje de alimentación. Esta disponibilidad solo se obtiene con este tipo de arrancador. El voltaje reducido se obtiene por la acción del transformador y la corriente de línea es menor que la corriente del motor. FIG 10 FIG 11

El arranque por ~~(arranque)~~ auto transformador emplea la transición en circuito abierto. El estator recibe una tensión reducida (del autotransformador cuando los contactos IS están cerrados) cuya magnitud y corriente resultante en el arranque varía con el tap escogido. Después de un espacio de tiempo determinado, el interruptor puede llevarse a su posición de marcha abriendo los contactos IS y cerrando los R en la transición abierta. Aquí es necesaria la transición abierta para evitar que se cortocircuite una parte del devanado del transformador. Este método de arranque produce mayor par por amperaje de corriente en el arranque. Su uso es para arrancar cargas pesadas tales como compresoras, bombas, molinos, etc.

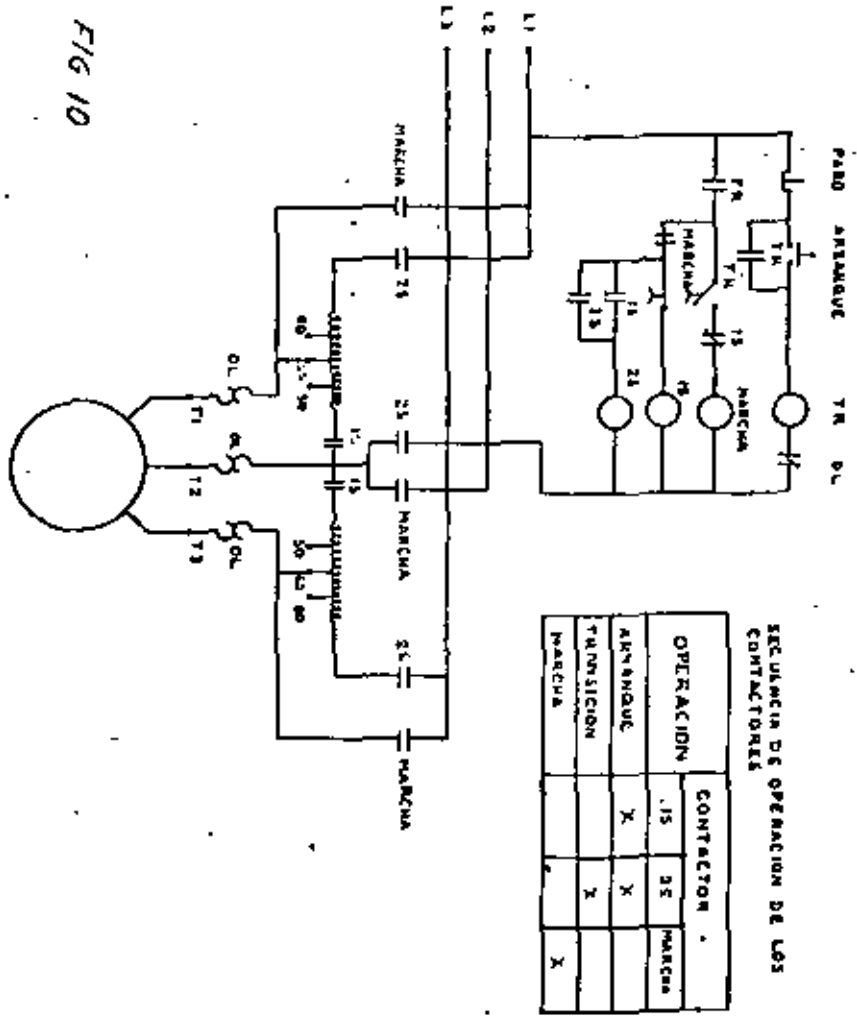


(20)

ARRANQUE POR DEVANADO PARTIDO.- Los motores con devanado partido son motores de inducción jaula de ardilla que tienen dos devanados en el estator iguales, estos devanados se pueden conectar en secuencia a la línea de alimentación para producir corriente y par reducidos. El motor se arranca utilizando la mitad de la totalidad del devanado trifásico del estator con la consiguiente reducción de la corriente en el arranque (a causa de la mayor impedancia del estator). La conexión es por transición cerrada. Como el arranque solo utiliza la mitad de los devanados conectados a la línea, el método se describe como bobinado parcial. Muchos motores de dos voltajes son adecuados para este tipo de arranque. Estos arrancadores son económicos cuando las necesidades de par en el arranque pueden manejarse con el 80% del par a tensión plena. Se usan en motores de 220/440 volts, es necesario asegurarse de que el par desarrollado es suficiente para acelerar la carga, sin producir un transitorio indeseado al conectar todo el devanado a la línea o bien un "golpe" en la carga cuando al ser esta acelerada al par pleno.

Los motores con devanado partido se emplean para impulsar cargas ligeras como ventiladores, sopladores, bombas centrífugas, etc.

FIG 12 FIG 13



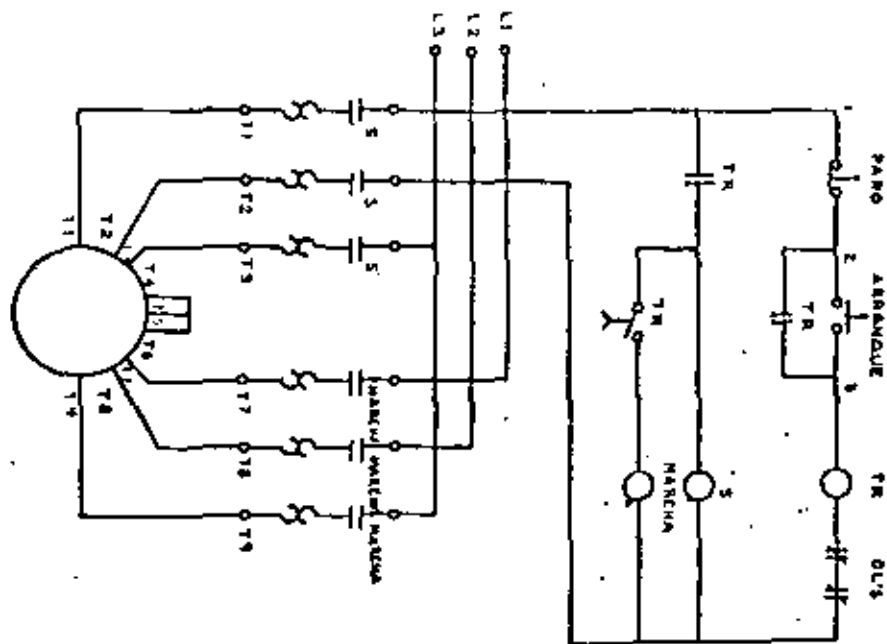


DIAGRAMA ESQUEMATICO
DE ARRANCADOR CON
DEVANADO PARTIDO.

SECUENCIA DE OPERACION DE
LOS CONTACTORES (BOBINAS)

OPERACION	CONTACTOR
ARRANQUE	MARCHA
MARCHA	MARCHA

② ARRANQUE AUTOMATICO PARA MOTORES EN ESTRELLA-DELTA.
Los motores en estrella-delta son de construcción similar a los jaula de ardilla excepto que ambos extremos de cada uno de los tres devanados se sacan hasta las terminales. Usando arrancadores con el mismo número de contactos que estén alambrados, el motor se puede arreglar para arrancar en estrella y funcionar en delta. Es requisito indispensable que el motor esté embobinado con los devanados de su estator conectados en delta y con todas las puntas accesibles al exterior. Los motores en estrella-delta se usan principalmente para impulsar cargas centrifugas, como ventiladores, bombas, etc., y en aplicaciones donde se requiere un par de arranque reducido ó corriente reducida. La velocidad sincrona del motor en estrella-delta depende del número de polos y de la frecuencia (ambas constantes) el motor funcionará a la misma velocidad en cualquier conexión. Si bien la corriente de arranque y la corriente en la línea serán menores al conectarse en estrella que cuando se conectan en delta, la corriente del embobinado de fase es menor que la de la línea cuando se conecta en delta. La corriente en el arranque y la corriente de línea en la conexión en estrella, es $\frac{1}{3}$ un tercio de la conexión en delta, mientras que la corriente del

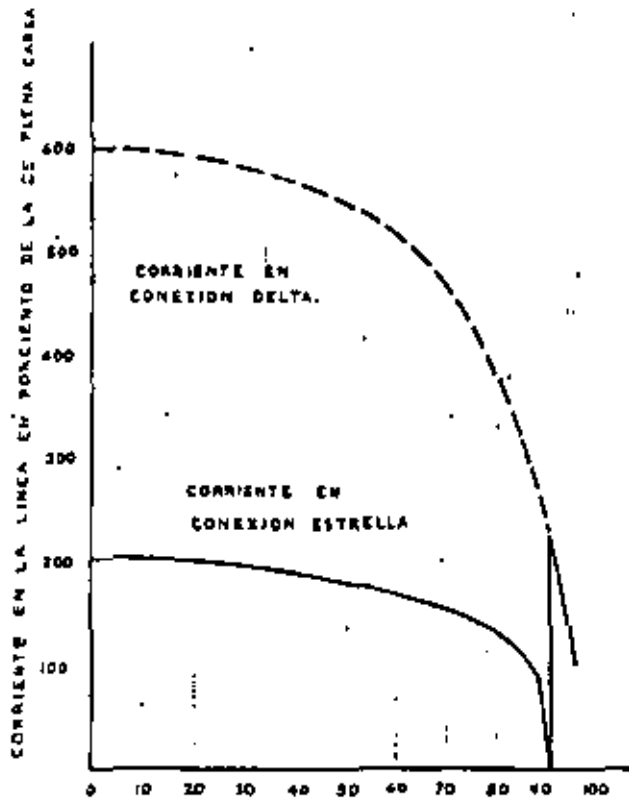


FIG 15

CONCORRIENTE DE ARRANQUE EN UN MOTOR, CON ESTRELLA-DELTA TIPO TRANSICION ABIERTA.

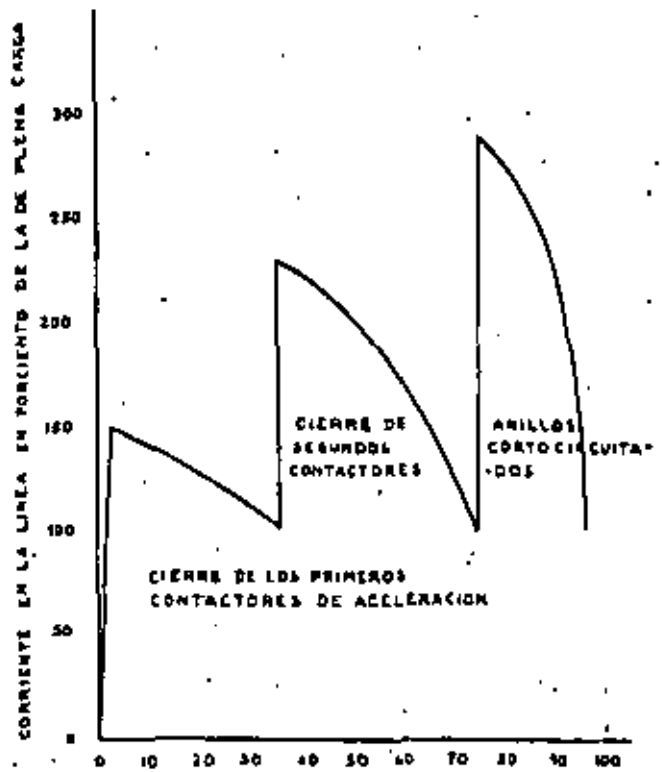
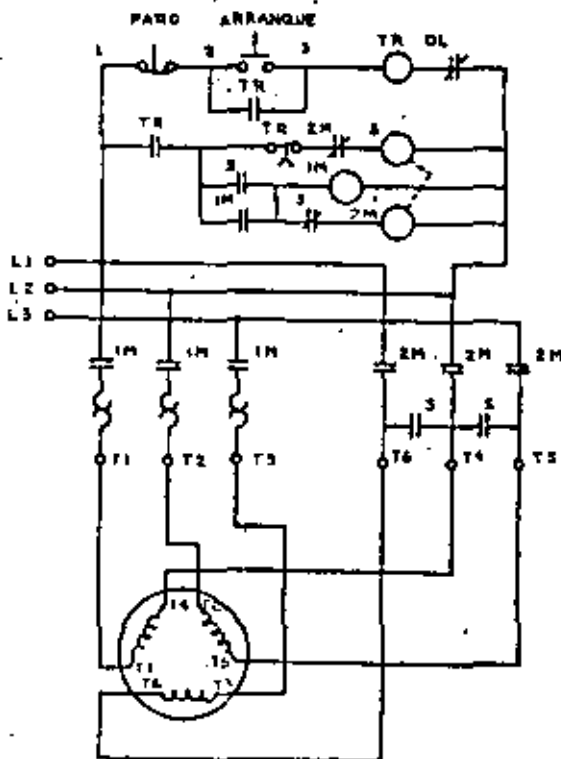


FIG 16

CORRIENTE DE ARRANQUE DEL MOTOR CON ARRANCADOR DE 3 PUNTOS

22



SECUENCIA DE OPERACION DE LOS CONTACTORES (BOBINAS)

OPERACION	CONTACTORES		
	S	1M	2M
ARRANQUE (ESTR)	X	X	
TRANSICION		X	
MARCHA (DELTA)		X	X

DIAGRAMA ESQUEMATICO DE UN ARRANCADOR ESTRELLA-DELTA CON TRANSICION ABIERTA

T14

42

(23)

113

devanado de fase en la conexión en estrella, es 1.732 veces ($\sqrt{3}$ veces mayor) de la conexión en delta.

Los relevadores de sobrecarga se deben seleccionar con base en la corriente del devanado, no a la corriente a plena carga de la conexión en delta.

$$I_{rel} = \frac{I_A}{\sqrt{3}}$$

FIG 14

FIG 15

FIG 16

FIG 17