

## SÍNTESIS

La presente tesis, elaborada bajo experiencias basadas en Industria del Alkali S.A.de C.V. tiene como finalidad brindar la información necesaria a las personas que están relacionadas con el proceso de diseño de ingeniería eléctrica, y relacionado con el estudio de los principios y fundamentos básicos de los elementos a proteger, aplicando la coordinación de protecciones, desde la correcta selección del cable, graficas de límite de corriente y capacidad en amperes por calibre del conductor, ya que un cable mal seleccionado provoca daños por la capacidad de corriente que circula por el conductor o también si se selecciona con una capacidad mayor de la necesaria, implica un gasto innecesario no solo porque se incrementa el costo del cable, sino por la necesidad de seleccionar otros elementos de mayor tamaño, como por ejemplo la tubería conduit.

Además se ofrece un amplio estudio de los diversos fusibles para proteger motores de inducción, y subestaciones secundarias. En las subestaciones se utilizan fusibles de ácido bórico que tienen el tiempo de repuesta más rápido que el eslabón fusible tipo "K" o tipo "T"; éstos fusibles de ácido bórico se instalan en interruptores de alta tensión, lo que se ilustra con fotografías para una mayor claridad; se dan a conocer las diferentes tablas de selección de fusibles dependiendo del rango de voltaje de alimentación, la potencia de los transformadores y motores eléctricos; se aplican las diferentes gráficas de corriente permitida en cada tipo de fusible para determinar la correcta coordinación de protecciones y no afectar toda la línea de trasmisión, o se produzcan daños en los transformadores por el primario y secundario. Todo esto con la finalidad que al presentarse un problema no afecte otros equipos ajenos al punto donde se registró el problema.

En la industria antes mencionada el incremento de equipo eléctrico, consiste en subestaciones y motores de inducción de gran capacidad, en lo que es importante abundar en las protecciones del transformador por el secundario, y en los motores de inducción, seleccionando los diferentes tipos de interruptores termomagnéticos y electromagnéticos aplicando tablas de selección según su capacidad de conducción y sus graficas de disparo de máxima corriente de corto circuito, y la capacidad interruptiva de los mismos interruptores termomagnéticos.

Se muestran los diferentes modelos de contactores y protecciones contra sobre cargas sostenidas. En este proyecto se utilizaron también arrancadores electrónicos, que es hoy la tecnología de punta, a su vez los arrancadores electrónicos tiene su característica de disminuir la corriente de arranque de los motores de inducción de gran capacidad, en lo que se refleja, el ahorro de energía.

Se analizaron las protecciones por relevadores electromecánicos para hacer más segura la coordinación de protecciones; se muestran diversos diagramas para la conexión de los relevadores y con fotografías se ilustra lo que se realizó en el campo, tanto en instalaciones de relevadores, como de transformadores y motores eléctricos.

Basándose en la información dada, se utilizaron los dispositivos correctos de protección de acuerdo con experiencias anteriores en protecciones en sistemas eléctricos. Se incluyen estudios de coordinación basados en ejemplos reales de la industria mencionada con el fin de ilustrar el campo de aplicación donde se logró una coordinación tal que opere solamente el dispositivo más cercano a la falla.

# **CAPITULO 1**

## **COORDINACION DE PROTECCIONES EN SISTEMAS ELECTRICOS INDUSTRIALES EN INDUSTRIA DEL ALCALI S.A. DE C.V.**

### **1.1. - DESCRIPCION DEL PROBLEMA A RESOLVER.**

En las instalaciones eléctricas de industria del Alkali S.A.de C.V. Se aumento el equipo eléctrico, lo que origino realizar un estudio apropiado de las protecciones de los motores de inducción, y de los transformadores de potencia.

Esta situación origina lo siguiente;

- ❖ **Motores quemados.**
- ❖ **Cortes de energía de las subestaciones reductoras de voltaje.**
- ❖ **Calentamiento en conductores.**

El resultado final repercute directamente en incrementos de los costos en equipo eléctrico, mantenimiento, baja calidad de los productos, y perdidas en la producción.

### **1.2. -OBJETIVO DE LA TESIS.**

Desarrollar un estudio analítico en el sistema eléctrico de las instalaciones de la industria mencionada, para establecer la secuencia de coordinación adecuada en las protecciones de los circuitos para las redes de suministro de energía.

El mencionado objetivo, se logra mediante la correcta selección de los dispositivos de seguridad eléctricos, para con esto obtener las protecciones adecuadas en las personas, instalaciones, y equipos. Su cobertura incluye: Motores de Inducción, Interruptores, Elementos Fusibles y Transformadores.

### **1.3. - HIPOTESIS.**

Con este estudio se muestra un panorama optimo para eliminar el índice de frecuencia de fallas en los sistemas eléctricos, de las instalaciones de los motores y de los cortes de energía de las subestaciones.

### **1.4. -JUSTIFICACION.**

En la empresa antes mencionada se justifica esta tesis debido al aumento del equipo eléctrico y la necesidad de actualizar nuestro estudio de corto circuito y coordinación de protecciones para evitar problemas mayores en las instalaciones eléctricas sin afectar la producción.

### **1.5. - LIMITES DE ESTUDIO.**

Comprende: Desde la protección local de los motores a baja tensión 480volts incluyendo transformadores reductores de 110kv. a 13.8kv y de 13.8kv. a 480volts.

### **1.6. - METODOLOGIA.**

- ❖ Memorias de calculo para:  
Selección de Cables eléctricos.  
Motores de Inducción  
Transformadores  
Interruptores
- ❖ Análisis de Protección para motores por sobre cargas sostenidas.
- ❖ Estudio de corto circuito para los motores y transformadores.

- ❖ Aplicación de Curvas de disparo de los fusibles en alta tensión y de los Interruptores.

- ❖ Análisis de Protección para la subestacion por:  
Sobre corriente, sobre voltaje, desbalance de fases, y falla de fases. Aplicado con Relevadores electromecánicos.

- ❖ Propuestas finales con soluciones definitivas.

## **1.7.- Revisión Bibliografica.**

Para el desarrollo de este trabajo se uso la literatura de autores como Altuve Ferrer, Donal Beeman, Gilberto Enriquez Harper, y Russell Masón, de los cuales se aprovecho su conocimiento de la energía eléctrica, su distribución y sus protecciones además de aportar algo de experiencia propia.

Los sistemas eléctricos de potencia han tenido un notable desarrollo en las ultimas décadas, esto debido al considerable crecimiento de nuestra población, sabiendo que el servicio de las redes de distribución debe ser más eficiente cada día, para ello se requiere de mayores y mejores sistemas de protección de las mismas, no pasando por alto la integridad de las personas.

Se aplico conceptos de la Norma Oficial Mexicana, y el código Nacional Eléctrico para normatizar los ejemplos basándose en ella para una selección de materiales adecuados y el cableado adecuado.

Se uso manuales que están descritos en la bibliografía para la selección de cables y sus tablas de aplicación, así como el amplio conocimiento de los diversos tipos de fusibles, e interruptores termomagnéticos y electromagnéticos mostrando graficas y tablas de diversos marcos y Capacidades, se muestran los arrancadores electrónicos y protecciones de Motor Saver lo cual es tecnología de punta para una mejor protección del equipo, se tomo catálogos de arrancadores allen bradley para ver la diversidad de contactores así como lá protecciones de sobrecorriente , esto para tener diversidad en la selección de materiales dependiendo marcas y presupuesto económico de la industria .

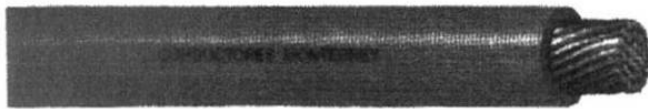
De las paginas de Internet se reviso productos y materiales para la industria.

# CAPITULO 2

## TIPOS DE CABLES ELÉCTRICOS Y DESCRIPCIÓN DE USOS

Alambres y cables vinicon LS alta capacidad (105°C), tipo THW/THHW.

FIGURA 2.1



### DESCRIPCIÓN :

Alambre o cable de un conductor con aislamiento termoplástico.

### CONSTRUCCIÓN DEL CONDUCTOR:

Alambre o cable de cobre suave en cableado concéntrico clase B comprimido.

Alambres según NOM –J-36 y NOM – J-10.

Calibres 14 AWG a 6 AWG (2.08mm<sup>2</sup> a 507mm<sup>2</sup>).

**AISLAMIENTO:**

Material termoplástico extruido, a base de policloruro de vinilo (pvc) especialmente formulado para 105°C., con características de número de propagación de incendio y baja emisión de humos densos y tóxicos.

**TENSIÓN MÁXIMA DE OPERACIÓN DEL CONDUCTOR:**

600 VOLTS.

**TEMPERATURA DE OPERACIÓN DEL CONDUCTOR:**

105°C., máxima, en ambiente seco, 90°C en ambiente húmedo y 75°C en presencia de agua.

**APLICACIONES:**

Estos alambres y cables vinicon LS alta capacidad están diseñados para usarse en alambrado general, iluminación circuitos de energía de baja tensión, en construcciones comerciales, centros comerciales, edificios públicos y habitacionales. Así como en áreas confinadas inclusive en presencia de agua y aceite.

## **FIGURA 2.2 CABLE VIAKON RHW/ RHH XLPE, 600 VOLTS, 75/90°C**



### **DESCRIPCIÓN GENERAL:**

Conductor formado por un cable de cobre suave, con aislamiento de polietileno de cadena cruzada.

### **ESPECIFICACIONES:**

Cumplen con la NOM - 063-SCFI , productos eléctricos y requisitos de seguridad.

### **PRINCIPALES APLICACIONES:**

Son productos de uso general por su mayor espesor pueden instalarse directamente enterrados. También su uso en sistemas de distribución en baja tensión y colocado en charola o en tubo conduit, iluminación de edificios públicos e instalaciones industriales , centros comerciales, y centros recreativos.

### **CARACTERÍSTICAS:**

TENSIÓN MÁXIMA 600 VOLTS SU TEMPERATURA MÁXIMA DE OPERACIÓN 75°C . en ambiente mojado.

También a 90°C en ambiente húmedo o seco.

Se fabrican en calibres 14 AWG, A 1000KCM , aislamiento negro que lo hace resistente a la luz solar.



## **VENTAJAS:**

Ofrece magnificas características electricas, físicas y mecanicas.  
Su mayor espesor de aislamiento permite instalarlo directamente enterrado.  
Resistente a la luz solar , su aislamiento termofijo ofrece mayor estabilidad termica.

## **FIGURA 2.3 ALAMBRE Y CABLE VIAKON TIPO INTERPERIE 600 VOLTS 75°C**



## **DESCRIPCIÓN GENERAL:**

Conductor formado por un alambre o cable o cobre semiduro, con aislamiento termoplástico de polietileno de alta densidad en color negro.

## **ESPECIFICACIONES:**

Cumplen con la NOM-063-SCFI equipos eléctricos t requisitos de seguridad.

## **APLICACIÓN:**

Los alambres o cables tipo interperie de uso general en instalaciones industriales y distribución de energia electrica en baja tensión.

## **CARACTERÍSTICAS:**

Tensión máxima de operación 600 volts temperatura de operación 75°C calibres disponibles 12 AWG A 2 AWG. Y de calibre 8 AWG A 4/0 aislamiento negro que lo hace resistente a la luz solar.

## **VENTAJAS:**

Su temple semiduro le permite soportar la tensión de instalación y mayores longitudes su aislamiento de polietileno le ayuda a resistir la abrasión de ramas de arboles , resistente a la luz solar.

## **FIGURA 2.4 ALAMBRES Y CABLES VIAKON XHHW, 600 VOLTS 90°C**



## **DESCRIPCIÓN GENERAL:**

Conductor formado por un alambre o cable de cobre suave, con aislamiento de polietileno de cadena cruzada .

## **ESPECIFICACIONES:**

Los alambres y cables de viakon cumplen las especificaciones NOM-063-SCFI productos eléctricos y requisitos de seguridad.

## **PRINCIPALES APLICACIONES:**

Son productos de uso general en sistemas de distribución de baja tensión, son adecuados para usarse en circuitos de energía o de control para el diámetro reducido.

## **CARACTERÍSTICAS:**

Tensión máxima de operación 600 volts temperatura de operación 75°C en ambiente mojado y 90°C en ambiente humedo.

En alambres se fabrican en calibre 14 AWG A 10 AWG .

En cables de 14 AWG A 1000KCM.

Aislamiento color negro que lo hace resistente a la luz solar.

### **VENTAJAS:**

Su temple semiduro le permite soportar la tensión de instalación y mayores longitudes su aislamiento de polietileno le ayuda a resistir la abrasión de ramas de arboles , resistente a la luz solar. Mayor cables en un mismo conduit.

### **FIGURA 2.5 CABLE VIAKON DE COBRE DESNUDO.**



### **DESCRIPCIÓN GENERAL:**

Cable de cobre desnudo en temple duro, semiduro o suave.

### **ESPECIFICACIONES:**

Los alambres y cables de viakon cumplen las especificaciones NOM-063-SCFI productos eléctricos y requisitos de seguridad.

### **PRINCIPALES APLICACIONES:**

Los cables de cobre en función de su temple y construcción se usan sobre aisladores en líneas de distribución eléctrica.

Se usan además en conexiones de neutros, y puestas a tierra de equipos y sistemas eléctricos.

## **CARACTERÍSTICAS:**

El material de el cable es 99.9% cobre de alta pureza , se fabrican en construcciones concéntricas.

Ademas se fabrican en calibres 20 AWG A 1000KCM se fabrica en temple duro o semiduro según los requerimientos.

## **VENTAJAS:**

Por su alta conductividad electrica el cobre es el metal ideal para las instalaciones electricas.

Los conductores de cobre son resistentes a la corrosion y se tiene mayor flexibilidad por su construcción.

## **FIGURA 2.6**

### **CABLE VIAKON DE ALUMINIO DESNUDO CON ALMA DE ACERO.(ASCR)**



## **DESCRIPCIÓN GENERAL:**

El cable desnudo ASCR de aluminio en temple duro con alma de acero galvanizado.

## **ESPECIFICACIONES:**

Los alambres y cables de viakon de aluminio con alma de acero galvanizado cumplen las especificaciones NOM-063-SCFI productos eléctricos y requisitos de seguridad.

## FIGURA 2.7 CABLE VIAKON MEDIA TENSIÓN EPR, TIPO DS, 5,15,25,35 KV CON PANTALLA METALICA Y CUBIERTA



**Descripción general:** cable monoconductor formado por conductor de cobre suave o de aluminio duro. Con pantalla semiconductora de conductor y aislamiento de etileno propileno (EPR) pantalla de aluminio extruida. Pantalla metálica a base de alambres de cobre y cubierta de policloruro de vinilo (PVC).

**Especificaciones:** los cables tipo EPR tipo DS con pantalla y cubierta cumplen con la NOM- J-142 cables de energía con pantalla metálica, aislados con polietileno de cadena cruzada a base de etileno para tensiones de 5 a 115kv.

### Principales aplicaciones:

- Redes de distribución primaria en zonas comerciales donde la densidad de carga es muy elevada.
- Alimentación y distribución primaria de energía eléctrica en plantas industriales y en general.
- Redes de distribución primaria en zonas residenciales
- En la distribución de alimentación de edificios

### Características:

- Tensión máxima de operación de 5 a 35 kv en diferentes calibres.
- Niveles de energía del 100% y 133%
- Temperaturas máxima de operación 90°C .
- Los conductores son de cobre suave de aluminio en cableado concéntrico y en calibres de 8 AWG a 1,000 KCM.
- La pantalla esta formada por alambres de cobre de calibre 22 AWG con el siguiente numero de alambres

Tabla de selección de cable EPR

Calibre AWG / KCM	Tension en volt Numero de alambres			
	5000	15000	25000	35000
8 a 4	7	-	-	-
2 a 4/0	10	12	14	16
250 a 500	14	16	18	20
600 a 1,000	18	20	22	24

**Ventajas :**

- Su pantalla metálica, permite hacer conexiones a tierra lo cual mejora las condiciones de seguridad del personal durante la operación del cable. Confina y uniformiza el campo electroestático permite operar equipos de protección contra fallas eléctricas.
- La cubierta proporciona protección adicional contra malos tratos durante la instalación y operación del cable.
- Puede instalarse directamente enterrado.
- Su cubierta antifiama lo hace resistente a la intemperie, luz solar, y agentes químicos.

**TABLA 2.1 CABLE VINICON LS DE ALTA DENSIDAD TIPO THW/ THHW.**

CALIBRE AWG O KCM	AREA DE LA SECCION TRANSVERSAL NOMINAL	ESPESOR DE AISLAMIENTO NOMINAL	CAPACIDAD DE CONDUCCION EN CORRIENTE	NUMERO DE ALAMBRES
	mm <sup>2</sup>	pulgadas	amperes	
14	2.082	0.03	40	7
12	3.307	0.03	48	7
10	50260	0.03	65	7
8	8.367	0.045	90	7
6	13.3	0.06	115	7
4	21.15	0.06	155	7
3	28.67	0.06	180	7
2	33.62	0.06	210	7
1	42.41	0.8	245	19
1/0	53.48	0.8	290	19
2/0	67.43	0.8	335	19
3/0	85.01	0.8	390	19
4/0	107.2	0.8	450	19
250	128.8	0.95	505	37
300	152.2	0.95	565	37
350	177.6	0.95	635	37
400	202.6	0.95	685	37
500	253.1	0.95	780	37
600	303.7	0.11	870	61
750	379.3	0.11	985	61
1000	506.7	0.11	1175	61

**TABLA 2.2 CABLE VIAKON RHW / RHH XLPE, 600V. 75 / 90°C**

CALIBRE AWG O KCM	NUMERO DE HILOS	AREA NOMINAL DE LA SECCION TRANSVERSAL	CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE		
			AMPERES		
			65°C	75°C	90°C
14	7	2.08	20	20	25
12	7	3.307	25	25	30
10	7	5.28	30	35	40
8	7	8.367	40	50	55
6	7	13.3	55	65	75
4	7	21.45	70	85	95
2	7	33.62	95	115	130
1	19	42.41	110	130	150
1/0	19	53.48	125	150	170
2/0	19	67.43	145	175	195
3/0	19	85.01	165	200	225
4/0	19	107.2	195	230	260
250	37	126.7	215	255	290
300	37	152	240	285	330
350	37	177.3	260	310	350
400	37	202.7	280	335	380
500	37	263.4	320	380	430
600	61	304.4	355	420	475
750	61	380.1	400	475	535
1000	61	506.7	455	545	615



## **2.1. - DISEÑO Y FUNCIONAMIENTO DE CABLES DE ENERGIA CON AISLAMIENTOS SOLIDOS.**

En los diseños y construcciones de obras, ya sean urbanas, industriales, comerciales o domesticas lo constituye la instalación eléctrica que a grandes rasgos debe de proveer los medios necesarios para la alimentación de energía y las interconexiones requeridas en fuerza motriz, alumbrado, control.

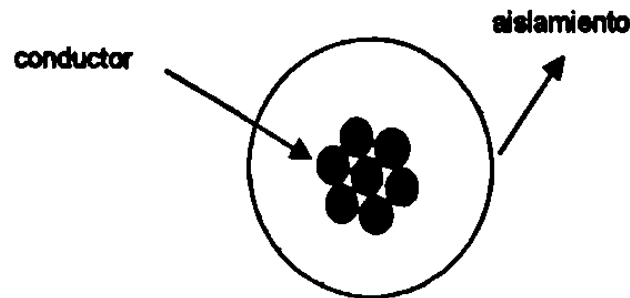
Esta instalación incluye a los conductores eléctricos como parte importante del equipo, los cuales podrían ser de tipos diferentes y usarse en proporciones que varían de acuerdo a la instalación especifica.

En cuanto a los conductores se refiere, sé vera simplificado si se tiene una idea clara de los factores que gobiernan el diseño y funcionamiento de los cables eléctricos, además de asegurarse que se esta especificando e instalando el cable adecuado para cumplir con los requisitos que impone la operación, regulaciones del tipo legal y los impuestos por la seguridad en la aplicación especifica.

Los requisitos que determinan el diseño de los cables de energía, y los recursos con que contamos para satisfaserlos, haciendo énfasis en el diseño de los cables de energía para voltajes de 5 a 69 kilovolts con aislamiento seco, ósea que se lo apliquen en la conexión a alto voltaje entre el alimentador y los transformadores.

Un cable simple de bajo voltaje para potencia, esta constituido por dos elementos como se ve en la figura 2.11 y estos son conductor y aislamiento.

Figura 2.8



## CONDUCTOR.

El primero de los elementos de un cable cualquiera ya sea de energía o no, es el conductor, en cuyo diseño es necesario considerar cuatro factores.

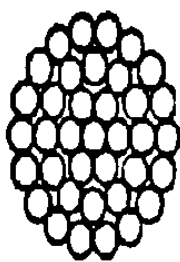
- ❖ Material.
- ❖ Flexibilidad.
- ❖ Forma.
- ❖ Calibre.

### Selección de metal

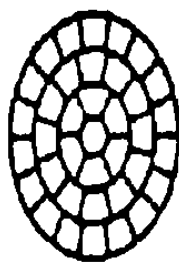
Para el conductor eléctrico es material principalmente económica y se decide basándose en las siguientes características.

1. - Disponibilidad del material para el conductor, que implica abundancia, uniformidad en el abasto y la calidad.
2. - Conductividad equivalente por unidad de área ya sea de cable terminado, de ducto subterráneo o de charola.
3. - facilidad de elaboración de terminales y empates, ósea la colocación o soldado de zapatas terminales o conectores.
4. - Coeficiente de expansión térmica, que afectara el resto del cable en los ciclos de carga normal, sobrecarga y corto circuito.
5. - Características térmicas como calor específico del metal, que determinara la capacidad de corriente en corto circuito.
6. - Estabilidad química, la cual será relacionada con la vida útil del cable.

**FIGURA 2.9 TIPOS DE CABLES**



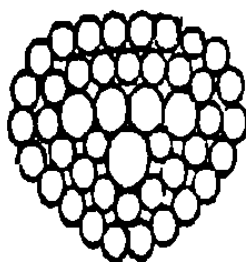
**cable concentrico**



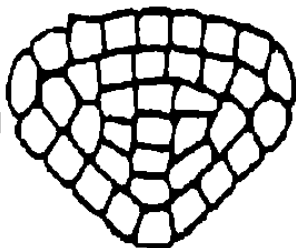
**cable concentrico compacto**



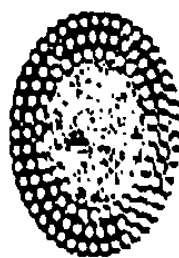
**cableado semiflexible**



**conductor sectorial**



**conductor sectorial compacto**



**conductor anular**



**conductor segmental**

## **CABLEADO CONCENTRICO:**

Este consiste de un alambre central rodeado por una o más capas de alambres aplicados helicoidalmente. Cada capa tiene seis alambres mas que la anterior.

Excepto en cableado concéntrico compacto, los alambres de las capas están aplicados en direcciones alternas ósea una capa en "S" la siguiente en "Z" y así sucesivamente.

El cableado concéntrico compacto tiene una construcción parecida al anterior excepto que los alambres de las capas están aplicados en la misma dirección y están compactados eliminando gran parte de los intersticios.

## **CABLEADO SEMIFLEXIBLE EN CLASES G Y H**

Se construye de forma muy similar al cableado concéntrico solo que lo que en cableado concéntrico era un alambre, en el semiflexible es un cableado de cables, lo que resulta mayor flexible.

## **CONDUCTORES SECTORIALES.**

Son cables cuya sección transversal es aproximadamente la de un sector circular y sirven para hacer unos cables multiconductores, que al reunirlos ya aislados, dan como resultado cables con menor diámetro que los que harían con conductores circulares.

## **CONDUCTORES SEGMENTALES.**

Estos conductores redondos, compuestos cada uno de tres o cuatro sectores aislados uno de otro.

## **PANTALLA DEL CONDUCTOR**

En un cable de alto voltaje, los fenómenos eléctricos son mas complicados y críticos por lo que es necesario analizarlos mas detenidamente para considerarlos en el diseño del cable. La figura 2.13 muestra la sección transversal de un cable con conductor y aislamiento simplemente. Veamos lo que sucede dentro del aislamiento de un cable al estar en operación.

De entre los materiales como buenos conductores de la electricidad tenemos Plata, Cobre, Oro, Aluminio, la Plata y el Oro quedan descartados debido a su gran precio t relativa escasez, quedan el cobre y el aluminio como los materiales usados universalmente en la fabricación de cables eléctricos de potencia.

Generalmente el cobre se usa en temple suave y en algunos casos semiduro, debido a que el temple afecta la conductividad. El Aluminio generalmente se usa en temple duro.

El segundo factor de diseño del conductor es la flexibilidad, queda determinado por el manejo que tiene que soportar el cable tanto en su instalación como en su operación.

Los recursos de que se dispone para dar al conductor la flexibilidad deseada son el temple del material y principalmente su construcción, dentro de la cual él numero de hilos es un factor determinante del cual prácticamente depende la flexibilidad.

Las construcciones comunes de conductores eléctricos son:  
Alambre, Cordones y Cables.

El alambre es un conductor unifilar, sólido cilíndrico generalmente y su uso esta limitado a secciones pequeñas debido a su rigidez.

**Cables** hay varias formas de construir conductores cableados, los más comunes están mostrados en la figura 2.12. Donde se observan cableado concéntrico y concéntrico compacto, cableado semiflexible, conductor sectorial, y sectorial compacto, conductor anular y conductor segmental.

Cuando un cable se sujeta a voltaje, se formara un campo eléctrico en el aislamiento, cuya configuración depende de la forma del conductor y de las propiedades del dialéctico

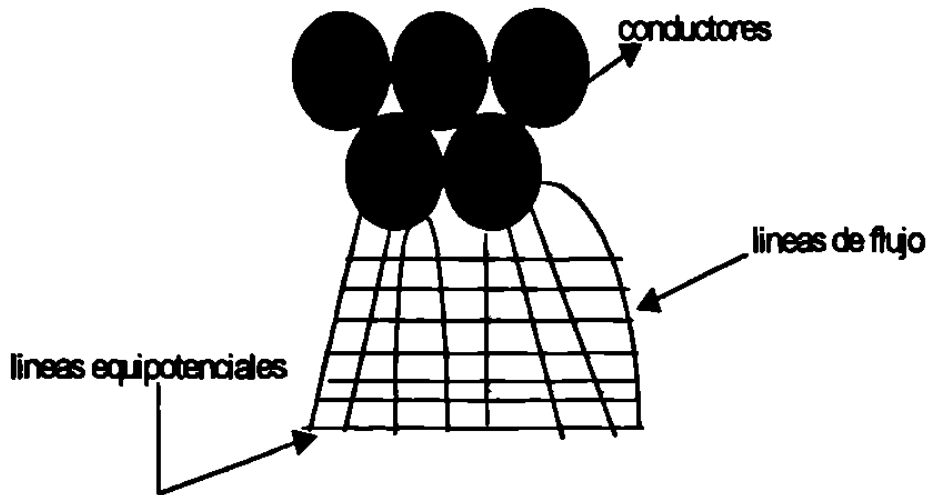


Figura 2.10 configuración del campo próximo al conductor.

## 2.2 .- PROTECCION DE CONDUCTORES.

Las normas tecicas para instalaciones electricas (NOM-0001-SEMP 1994) y el NEC consideran las disposiciones normativas para instalaciones electricas en baja tension, es decir, menores de 600 volts. Para conductores de mas de 600 volts, como son los alimentadores de los motores, se deben de tener dispositivos de proteccion contra corto circuito para cada conductor que no este aterrizado. Los dispositivos de proteccion deben de ser capaces de detectar e interrumpir todos los valores de corriente que sean mayores que los valores de disparo, o bien, de fundido de fusibles.

Para la proteccion de cables se debe asegurar que su curva de daño quede sobre la correspondiente del dispositivo que la protege.

y en el caso de interruptores, se deben ajustar a valores de corriente no mayores al 600% de la ampacidad del conductor. Para el calculo de la curva de daño del cable, se utiliza la ecuacion proporcionada por el fabricante, o en su defecto la siguientes ecuaciones.

$$\frac{(I)}{(CM)^2}(t)^{Fac} = 0.0297 \text{Log}_{10} \left( \left( t_f + (2811) \right) / \left( t_o + 2281 \right) \right)$$

DONDE:

I= Corriente que fluye por el cable

C.M.= Calibre del conductor.

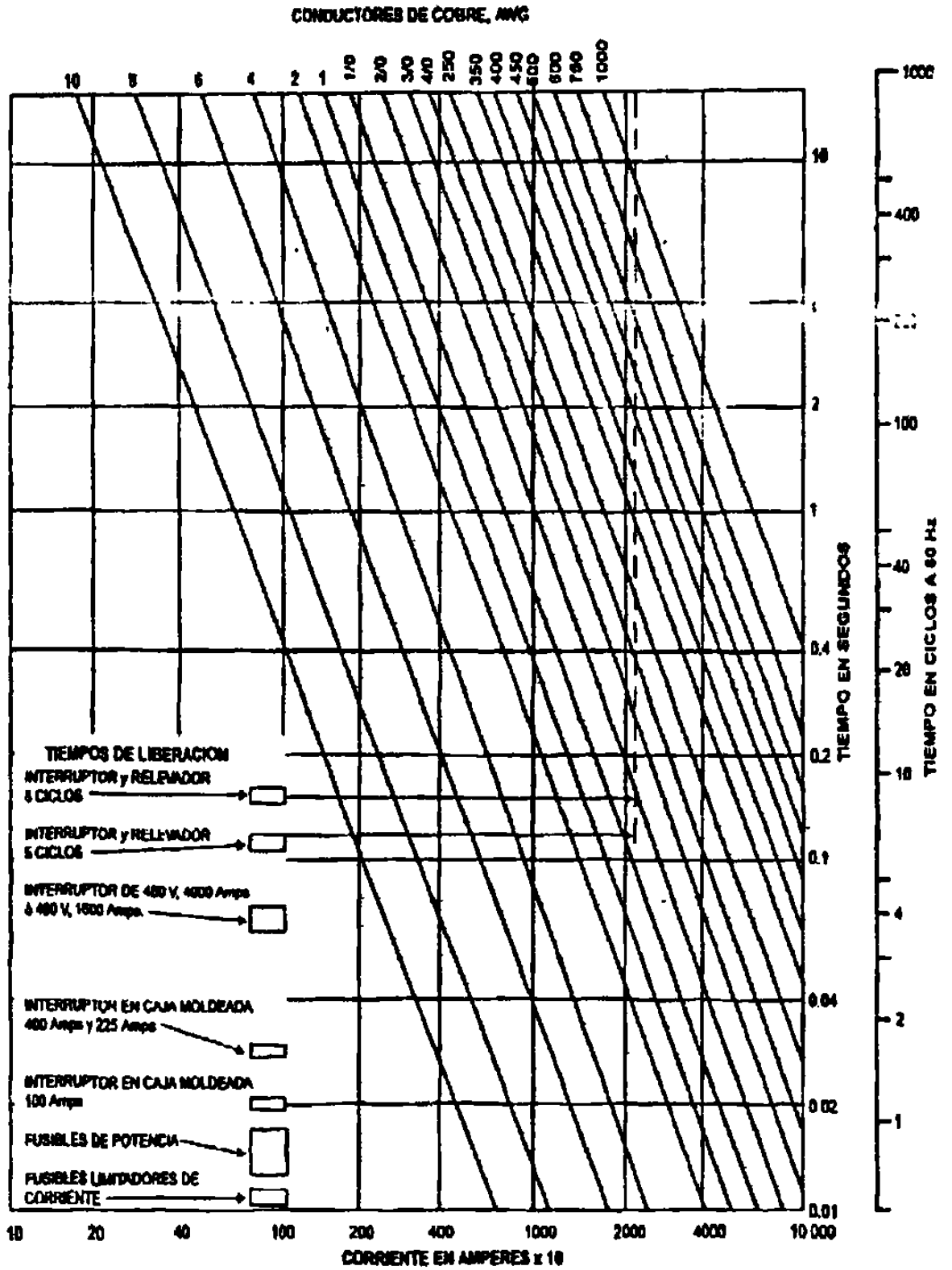
t= Tiempo que fluye la corriente.

t<sub>o</sub>= Temperatura inicial antes de un cambio de corriente.(°c)

t<sub>f</sub> = Temperatura despues de un cambio de corriente.(°c)

Fac= relacion del efecto piel o relacion CA aCD

**FIGURA 2.11 CORRIENTE MAXIMA DE CORTO CIRCUITO PARA CONDUCTORES DE COBRE TEMPERATURA INICIAL 75°C TEMPERATURA FINAL 200°C**





**TABLA 2.3 ALAMBRES Y CABLES VIAKON TIPO INTERPERIE****600 VOLT, 75°C**

CALIBRE	AREA NOMINAL DE LA SECCION TRANSVERSAL	DIAMETRO EXTERIOR APROXIMADO	CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE *
AWG	mm <sup>2</sup>	mm	Amperes
8	8.367	6.2	70
6	13.3	7.2	95
4	21.15	8.4	125
2	33.62	10	170
1/0	53.48	12.9	230
2/0	67.43	14.1	265
3/0	85.01	15.4	310
4/0	107.2	16.9	360

**TABLA SELECCION DE ALAMBRE TIPO INTERPERIE**

CALIBRE	AREA NOMINAL DE LA SECCION TRANSVERSAL	DIAMETRO EXTERIOR APROXIMADO	CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE *
AWG	mm <sup>2</sup>	mm	Amperes
12	3.307	3.8	35
10	5.26	5.1	50
8	8.367	5.8	70
6	13.3	6.7	95
4	21.15	7.8	125
2	33.62	9.3	170

\* Basada en la tabla 310-17 de la NOM – 001 SEMP para una temperatura de operación de 75°C y una temperatura ambiente de 30°C

**TABLA 2.4 ALAMBRES Y CABLES VIAKON XHHW, 600 VOLT, 90°C**

NUMERO DE ARTICULO	CALIBRE	AREA NOMINAL DE LA SECCION TRANSVERSAL	DIAMETRO EXTERIOR APROXIMADO	CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE AMPERES*		
				60°C	75°C	90°C
	AWG	mm <sup>2</sup>	mm			
1501	14	2.082	3.5	20	20	25
1502	12	3.307	4	25	25	30
1503	10	5.26	4.8	30	35	40
H991	8	8.367	6.2	40	50	55
R057	6	13.300	7.2	55	65	75
R059	4	21.150	8.4	70	85	95
1680	2	33.620	10.0	95	115	130
N633	1	42.410	11.7	110	130	150
N635	1/0	53.480	12.7	125	150	170
N637	2/0	67.430	13.9	145	175	195
N638	3/0	85.010	15.2	165	200	225
N640	4/0	107.200	16.7	195	230	260
N641	250	126.700	18.5	215	255	290
N642	300	152.000	19.9	240	285	320
R068	350	177.300	21.2	260	310	350
N644	400	202.700	22.4	280	335	380
N646	500	253.400	24.6	320	380	430
N647	600	304.000	27.5	355	420	475
N649	750	380.000	30.2	400	475	535
O944	1000	506.700	35.1	455	545	615

**TABLA VIAKON ALAMBRE XHHW 600 VOLT**

NUMERO DE ARTICULO	CALIBRE	AREA NOMINAL DE LA SECCION TRANSVERSAL	DIAMETRO EXTERIOR APROXIMADO	CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE AMPERES*		
				60°C	75°C	90°C
	AWG	mm <sup>2</sup>	mm			
CP66	14	2.082	3.3	20	20	25
Q998	12	3.307	3.8	25	25	30
CP67	10	50260	4.3	30	30	40

\* Basada en la tabla 310-16 de la NOM- 001- SEMP para una temperatura ambiente de 30°C

TABLA 2.5 CABLE VIAKON DE COBRE DESNUDO

CABLE AVG KCM	AREA NOMINAL DE LA SECCION TRANSVERSAL mm <sup>2</sup>	CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE AMPERES 1	TEMPLE DURO		TEMPLE SEMIDURO		TEMPLE SUAVE	
			CLASE AA		CLASE A		CLASE B	
			NUMERO DE ARTICULO	NUMERO DE HILOS	NUMERO DE ARTICULO	NUMERO DE HILOS	NUMERO DE ARTICULO	NUMERO DE HILOS
								7
20	0.519	-					DL78	7
18	0.8235	-					H183	7
16	1.307	-					DL79	7
14	2.082	-					H88	7
12	3.307	-					H191	7
10	5.28	-					H192	7
9	6.633	-					DL80	7
8	8.367	90					H154	7
7	10.55	110					DL81	7
6	13.3	130					H153	7
5	16.78	150					DL82	7
4	21.15	180	DL54	3	A080	7	N113	7
3	26.67	200	DL55	3	DL71	7	H883	7
2	33.62	230	DL56	3	A079	7	H185	7
1	42.41	270	DL57	3	DL72	7	H537	19
10	53.48	310	A085	7	A083	7	H181	19
20	67.43	360	A086	7	A084	7	H182	19
30	85.01	420	A087	7	A085	7	H183	19
40	107.2	480	A088	7	A086	7	H184	19
250	126.7	540	DL58	12	A087	19	H186	37
300	152	610	DL59	12	A088	19	N197	37
350	177.3	670	DL60	12	A089	19	H188	37
400	202.7	730	DL61	19	A090	19	H189	37
450	228	780	A073	19	A091	37	H539	37
500	253.4	840	DL62	19	A092	37	H594	37

(1) CALCULADA PARA UN CONDUCTOR DESNUDO, EXPUESTO AL SOL, OPERANDO A UNA TEMPERATURA AMBIENTE DE 75°C  
TEMPERATURA DE AMBIENTE 25 °C

**TABLA 2.6 Cable Viakon de Aluminio Desnudo con Alma de Acero (ACSR) ...**

Numero de articulo	Calibre	Hilos de aluminio		Hilos de acero		Capacidad de Conduccion en amperes	Calibre Equivalente en cobre
		Num.	Diametro	Num.	Diametro		
			Nominal.		Nominal.		
D922	8	6	1.33	1	1.33		10
D921	7	6	1.36	1	1.5		9
D920	6	6	1.68	1	1.68	100	8
D919	5	6	1.89	1	1.89	120	7
D918	4	6	2.12	1	2.21	140	6
DM03	3	6	2.38	1	2.38	160	5
D916	2	6	2.67	1	2.67	180	4
D915	1	6	3	1	3	200	3
D914	.1/0	6	3.37	1	3.37	230	2
D913	.2/0	6	3.78	1	3.78	270	1
D912	.3/0	6	4.25	1	4.25	300	.1/0
D911	.4/0	6	4.77	1	4.77	340	.2/0
D909	266.8	6	5.36	7	4.79	460	.3/0
D910	266.8	26	2.57	7	2	460	188.7
DM04	266.8	18	3.09	1	3.09	478	188.7
DM05	300	26	2.73	7	2.12	490	.4/0
D908	300	30	2.54	7	2.54	509	.4/0
U887	336.4	18	3.47	1	3.47	518	250
D905	336.4	26	2.89	7	2.25	530	250
D906	336.4	30	2.69	7	2.69	530	300

**TABLA 2.7 CABLE DE ALTA TENSION "EPR" TIPO DS, 5,15,25,35,KV CON PANTALLA METALICA Y CUBIERTA.**

EPR-5-15KV.				100% nivel de aislamiento espesor del aislamiento 2.99mm		133% nivel de aislamiento espesor del aislamiento 2.99mm	
Calibre	Area nominal de la seccion Transversal	Numero de Hilos	Diámetro del conductor	Diámetro sobre el aislamiento	Diámetro total aproximado	Diámetro sobre el aislamiento	Diámetro total aproximado
AWG/KCM	mm <sup>2</sup>		mm	mm	mm	mm	mm
8	8.367	7	3.6	9.5	17	10.8	18.4
6	13.298	7	4.5	10.5	18	11.8	19.4
4	21.149	7	5.7	11.7	19.3	13	20.7
2	33.624	7	7.2	13.3	21	14.6	22.4
1/0	53.49	19	9.2	15.4	24.3	16.7	25.7
2/0	67.43	19	10.3	16.5	25.5	17.9	26.9
3/0	85.011	19	11.6	17.9	26.9	19.2	28.3
4/0	107.219	19	13	19.4	28.5	20.7	29.9
250	126.677	37	14.2	20.9	30.1	22.2	31.5
300	152.012	37	15.5	22.3	31.5	23.6	32.9
350	177.348	37	16.8	23.6	32.9	24.9	34.3
400	202.683	37	17.9	24.8	34.2	26.1	35.6
500	253.354	37	20	27	37.2	28.4	38.6
600	304.024	61	22	29.3	39.6	30.7	41
750	380.031	61	24.6	32.1	42.5	33.4	43.9
1000	506.707	61	28.4	36	48.4	37.4	49.8

EPR-15-35KV.				100% nivel de aislamiento espesor del aislamiento 2.99mm		133% nivel de aislamiento espesor del aislamiento 2.99mm	
Calibre	Area nominal de la seccion Transversal	Numero de Hilos	Diámetro del conductor	Diámetro sobre el aislamiento	Diámetro total aproximado	Diámetro sobre el aislamiento	Diámetro total aproximado
AWG/KCM	mm <sup>2</sup>		mm	mm	mm	mm	mm
2	33.624	7	7.2	17.8	26.8	22.3	31.6
1/0	53.49	19	9.2	19.9	29.1	24.4	33.8
2/0	67.43	19	10.3	21.1	30.3	25.6	35
3/0	85.011	19	11.6	22.4	31.7	26.9	37.1
4/0	107.219	19	13	23.9	33.3	28.4	38.7
250	126.677	37	14.2	25.4	34.87	29.9	40.2
300	152.012	37	15.5	26.8	37	31.3	41.7
350	177.348	37	16.8	28.1	38.4	32.6	43.1
400	202.683	37	17.9	29.3	39.6	33.9	44.4
500	253.354	37	20	31.6	42	36.1	48.4
600	304.024	61	22	33.9	44.4	38.4	50.8
750	380.031	61	24.6	36.6	48.9	41.1	54.8
1000	506.707	61	28.4	40.6	54.2	45.1	59

## 2.2 SELECCIÓN DE TABLAS PARA CONDUCTORES

Tabla 2.8 sección mínima de los conductores de puesta a tierra.

Capacidad de conducción nominal o ajuste del dispositivo automático de sobrecorriente ubicado antes del equipo, tubería, etc. No mayor en amperes.	Sección transversal Cobre		Sección transversal Aluminio	
	mm <sup>2</sup>	AWG KCM	mm <sup>2</sup>	AWG KCM
15	2,082	14	3,307	12
20	3,307	12	5,26	10
30	5,26	10	8,367	8
40	5,26	10	8,367	8
60	5,26	10	8,367	8
100	8,367	8	13,3	6
200	13,3	6	21,15	4
300	21,15	4	33,62	2
400	27,67	3	42,14	1
500	33,62	2	53,48	1/0
600	42,14	1	67,43	2/0
800	53,48	1/0	85,01	3/0
1000	67,43	2/0	107,2	4/0
1200	85,01	3/0	126,7	250
1600	107,2	4/0	177,3	350
2000	126,7	250	202,7	400
2500	177,3	350	304	600
3000	202,7	400	304	600
4000	253,4	500	405,4	800
5000	354,7	700	612	1200
6000	405,4	800	612	1200

Tabla 2.9 capacidad de corriente en amperes de conductores aislados de o a 2000 volts a 60°C a 90°C no más de tres conductores en un cable en una canalización o directamente enterrados y para una temperatura ambiente de 30°C.

Area de la seccion transversal (AWG- KCM)	Temperaturas Maximias de Operacion					
	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C
	Tipos TW UF	Tipos RHW,THW THHW THW-LS THHW-LS THWN,XHHW	Tipos SA,SIS,FEP FEBP,RHH RHW-2,THW-2 THHW THHW-LS,TT XHHW-2	Tipos TW UF	Tipos RHW,THW THHW THW-LS THHW-LS THWN,XHHW	Tipos SA,SIS,FEP FEBP,RHH RHW-2,THW-2 THHW THHW-LS,TT XHHW-2
C O B R E			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			
18	.....	.....	14	.....	.....	.....
16	.....	.....	18	.....	.....	.....
14	20*	20 *	25 *	.....	.....	.....
12	25*	25 *	30 *	20 *	20 *	25 *
10	30	35 *	40 *	25 *	30 *	35 *
8	40	50	55	30	40	45
6	55	65	75	40	50	60
4	70	85	95	55	65	75
2	95	115	130	75	90	100
1	110	130	150	85	100	115
1/0	125	150	170	100	120	135
2/0	145	175	195	115	135	150
3/0	165	200	225	130	155	175
4/0	195	230	260	150	180	205
250	215	255	290	170	205	230
300	240	285	320	190	230	255
350	260	310	350	210	250	280
400	280	335	380	225	270	305
500	320	380	430	260	310	350
600	355	420	475	285	340	385
750	400	475	535	320	385	435
1000	455	545	615	375	445	500
FACTORES DE CORRECCION						
Temperatura ambiente °c	para temperatura diferente a 30°C, multiplique las capacidades de corriente de la tabla mostrada arriba por el factor de correccion correspondiente					
21-25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04
26-30	1	1	1	1	1	1
31-35	0,91	0,94	0,96	0,91	0,94	0,96
36-40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91
41-45	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87
46-50	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82
51-55	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76
56-60	....	0,58	0,71	....	0,58	0,71
61-70	....	0,33	0,58	....	0,33	0,58
71-80	....	....	0,41	....	....	0,41

\* la proteccion contra sobrecorrientes para conductores de cobre, aluminio o aluminio cobre estan marcados con asterisco no deben de exeder de 15 amp. Calibre 14 , 30 amp. Para calibre 10 esto para conductores de cobre. 15 amp. Para calibre 12 y 25 amp. Para calibre 10 esto para conductores de aluminio o aluminio cobre.

Tabla 2.10 Capacidad de conducción de corriente en amperes de cables monoconductores aislados de 0 a 2000 volts, al aire libre y para una temperatura ambiente de 30°C

Area de la seccion transversal (AWG- KCM)	Temperaturas Maximias de Operacion					
	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C
	Tipos TW UF	Tipos RHW, THW THHW THW-LS THHW-LS THWN, XHHW	Tipos SA, SIS, FEP FEBP, RHH RHW-2, THW-2 THHW THHW-LS, TT XHHW-2	Tipos TW UF	Tipos RHW, THW THHW THW-LS THHW-LS THWN, XHHW	Tipos SA, SIS, FEP FEBP, RHH RHW-2, THW-2 THHW THHW-LS, TT XHHW-2
	C O B R E			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE		
18	.....	.....	18	.....	.....	.....
16	.....	.....	24	.....	.....	.....
14	25*	30*	35*	.....	.....	.....
12	30*	35*	40*	25*	30*	35*
10	40	50*	55*	35*	40*	40*
8	60	70	80	45	55	60
6	80	95	105	60	75	80
4	105	125	140	80	100	110
2	140	170	190	110	135	150
1	165	195	220	130	155	175
1/0	195	230	260	150	180	205
2/0	225	265	300	175	210	235
3/0	260	310	350	200	240	275
4/0	300	360	405	235	280	315
250	340	405	455	265	315	355
300	375	445	505	290	350	395
350	420	505	570	330	395	445
400	455	545	615	335	425	480
500	515	620	700	405	485	545
600	575	690	780	455	540	615
750	655	785	885	515	620	700
1000	780	935	1055	625	750	845
FACTORES DE CORRECCION						
Temperatura ambiente °c	para temperatura diferente a 30°C, multiplique las capacidades de corriente de la tabla mostrada arriba por el factor de correccion correspondiente					
21-25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04
26-30	1	1	1	1	1	1
31-35	0,91	0,94	0,96	0,91	0,94	0,96
36-40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91
41-45	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87
46-50	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82
51-55	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76
56-60	....	0,58	0,71	....	0,58	0,71
61-70	....	0,33	0,58	....	0,33	0,58
71-80	....	....	0,41	....	....	0,41

\* la proteccion contra sobrecorrientes para conductores de cobre, aluminio o aluminio cobre estan marcados con asterisco no deben de exeder de 15 amp. Calibre 14 , 30 amp. Para calibre 10 esto para conductores de cobre. 15 amp. Para calibre 12 y 25 amp. Para calibre 10 esto para conductores de aluminio o aluminio cobre.



Tabla 2.11 Factores de caída de tensión unitario para cables de cobre

CALIBRE	TC=75°C				TC=80°C			
	FP=80%		FP=100%		FP=80%		FP=100%	
AVGMOM	METALICO	NO METALICO	METALICO	NO METALICO	METALICO	NO METALICO	METALICO	NO METALICO
20	3313	3312	413	413	3473	3473	433	433
18	2086	2086	26	26	2187	2187	273	273
16	1314	1314	163	163	1378	1378	171	171
14	831	831	103	103	87	87	1076	1076
12	524	525	647	647	55	55	677	677
10	332	332	406	406	348	348	426	426
8	212	212	255	255	222	222	268	268
6	135	135	16	16	142	142	168	168
4	0874	0874	101	101	0914	0914	106	106
2	0574	057	0637	0637	0599	0599	0667	0667
10	0388	0381	04	0401	0403	0397	0419	042
20	032	0312	0316	0317	0333	0325	0332	0333
30	0288	026	0261	0233	0278	027	0274	0265
40	0225	0217	021	0202	0233	0225	022	0211
250	0201	0198	0178	0171	0208	02	0199	0179
300	0178	017	0151	0144	0184	0175	0198	015
350	0162	0154	0131	0124	0167	0159	0137	013
400	0151	0142	0116	011	0156	0146	0121	0115
500	0145	0125	0085	009	0138	0128	0099	0094
600	0124	0114	0081	0076	0128	0117	0084	008
750	0144	0108	0068	0064	0116	0105	007	0066
1000	0105	0088	0054	0052	0107	0094	0066	0054

Tabla 2.12 factores de corrección por temperatura ambiente.

TEMP. AMBIENTE (°C)	TEMPERATURA MÁXIMA PERMISIBLE EN EL AISLAMIENTO (°C)						
	60	75	85	90	110	125	200
31 - 40	0,82	0,88	0,90	0,91	0,94	0,95	-----
41 - 45	0,71	0,82	0,85	0,87	0,90	0,92	-----
46 - 50	0,58	0,75	0,8	0,82	0,87	0,89	-----
51 - 55	0,41	0,67	0,74	0,76	0,83	0,86	-----
56 - 60	-----	0,58	0,67	0,71	0,79	0,83	0,91
61 - 70	-----	0,35	0,52	0,58	0,71	0,76	0,87
71 - 80	-----	-----	0,3	0,41	0,61	0,68	0,84
81 - 90	-----	-----	-----	-----	0,50	0,61	0,80
91 - 100	-----	-----	-----	-----	-----	0,51	0,77
101 - 120	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0,69
121 - 140	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0,59

Tabla 2.13 Factores de corrección por variación de temperatura ambiente.

## CABLES DIRECTAMENTE ENTERRADOS O EN DUCTOS SUBTERRANEOS

MAX. TEMP. DEL CONDUCTOR	TEMP. DEL TERRENO (°C)				
	15	20	25	30	35
60	1,13	1,07	1,00	0,93	0,85
75	1,1	1,05	1,00	0,95	0,88
80	1,09	1,04	1,00	0,96	0,90
90	1,07	1,03	1,00	0,97	0,92

Tabla 2.14 Cables instalados al aire.

## CABLES INSTALADOS AL AIRE

MAX TEMP. DEL CONDUCTOR (°C)	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)							
	15	20	25	30	35	40	45	50
60	1,50	1,41	1,32	1,22	1,12	1,00	0,87	0,71
75	1,31	1,25	1,20	1,13	1,07	1,00	0,93	0,85
80	1,27	1,22	1,17	1,12	1,06	1,00	0,94	0,87
90	1,22	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,89

Tabla 2.15 factores de agrupamiento para cables en tubería conduit.

NUMERO DE CONDUCTORES	FACTOR
1 A 3	1,00
4 A 6	0,80
7 A 24	0,70
25 A 42	0,60
43 Y MAS	0,50

**TABLA 2.16 DATOS DEL CONDUCTOR**

CALIBRE DEL CONDUCTOR	CAPACIDAD EN AMPERES		CAIDA DE TENSION 100 MTS.
	60°C	75°C	
10	30	35	0.59
8	40	50	0.38
6	55	65	0.25
4	70	85	0.16
3	85	100	0.12
2	95	115	0.11
1	110	130	0.09
0	125	150	0.08
00	145	175	0.07
000	165	200	0.06
0000	195	230	0.05
250M	215	255	0.04
300M	240	285	0.04
350M	260	310	0.03
400M	280	335	0.03
500M	320	380	0.03
600M	355	420	0.03
750M	400	475	0.03

**TABLA 2.17 MULTIPLICADOR DE CONDUCTOR PARA TEMPERATURAS  
MAYORES A 30°C**

TEMPERATURA AMBIENTE °C	TEMPERATURA					
	31-40	41-45	46-50	51-55	56-60	61-70
TIPO 60°C	0.82	0.71	0.58	0.41		
TIPO 75°C	0.88	0.82	0.75	0.67	0.58	0.35

**TABLA 2.16 DATOS DEL CONDUCTOR**

CALIBRE DEL CONDUCTOR	CAPACIDAD EN AMPERES		CAIDA DE TENSION 100 MTS.
	60°C	75°C	
10	30	35	0.59
8	40	50	0.38
6	55	65	0.25
4	70	85	0.16
3	85	100	0.12
2	95	115	0.11
1	110	130	0.09
0	125	150	0.08
00	145	175	0.07
000	165	200	0.06
0000	195	230	0.05
250M	215	255	0.04
300M	240	285	0.04
350M	260	310	0.03
400M	280	335	0.03
500M	320	380	0.03
600M	355	420	0.03
750M	400	475	0.03

**TABLA 2.17 MULTIPLICADOR DE CONDUCTOR PARA TEMPERATURAS  
MAYORES A 30°C**

TEMPERATURA AMBIENTE °C	31-40	41-45	46-50	51-55	56-60	61-70
TIPO 60°C	0.82	0.71	0.58	0.41		
TIPO 75°C	0.88	0.82	0.75	0.67	0.58	0.35

**Ejemplo 2.1**

Calcular el calibre motor 250 hp, alimentado, 480 volts, 3 fases, en una longitud de 50 mts. Un f.p. .94, eficiencia .9 y a una temperatura de 31 a 35 °c

$$I = \frac{P(746)}{1.73(E)(N)(FP)}$$

$$I = \frac{250(746)}{1.73(480)(0.85)(0.94)} = \frac{186,500}{663.487} = 281amp.$$

Un cable que soporte esta carga de 351 amp. Es calibre 400 MCM a 90°c tipo THHW, O THW, RHW. Que es para 380 amp. El conductor multiplicandolo con un factor correccion .96 = (380) (.96)= 364 amp. Con una caida de tension de 0.02 volts en 100 mts. Ver anexos tabla 2.9 y tabla 2.16 y figura del cable o descripcion figura 2.2, y figura 2.3

**CORRIENTE AFECTADA DEL CONDUCTOR.**

$$IA = \frac{IR}{FA(FT)} = \frac{351}{(.8)(.88)} = \frac{351}{.704} = 498.57amp.$$

**DONDE :**

IA = Corriente afectada

IR = Corriente de regulacion

FA= Factor de agrupamiento (tabla 2.15)

FT= Factor de temperatura (tabla 2.9 y 2.17)

**Cable de tierra:**

IR – IA = 351-498.57 = 147 Amperes.

Calibre # 4 AWG. (TABLA 2.8)

Se instala en tuberia conduit de 2 ½ pulgadas (TABLA 4.10) TRES CABLES 400 M.C.M y uno de tierra calibre #4

### Ejemplo 2.2

Calcular la corriente de daño del cable (cobre), para un tiempo de 10 segundos, el tipo de aislamiento es XLP, calibre 400mcm, corriente 250 amperes, temperatura inicial 90°C, temperatura final 250°C, número de conductores por fase 1, factor de efecto piel. 1.10.

$$I = \left[ \left[ \frac{0.0297}{t(F_{EP})} X \log_{10} \left[ \frac{t_f + 234.5}{t_o + 234.5} \right] \right]^{1/2} X(CM) \right.$$

$$I = \left[ \left[ \frac{0.0297}{10(1.10)} X \log_{10} \left[ \frac{250 + 234.5}{90 + 234.5} \right] \right]^{1/2} X(400) \right.$$

$$I = 8671.9 \text{ AMP.}$$

Para un tiempo  $t=0.1$  seg.

$$I = \left[ \left[ \frac{0.0297}{0.1(1.10)} X \log_{10} \left[ \frac{250 + 234.5}{90 + 234.5} \right] \right]^{1/2} 400000 \right.$$

$$I = 86719 \text{ AMP.}$$

# **CAPITULO 3**

## **ESTUDIO DE PROTECCIONES POR MEDIO DE FUSIBLES**

### **3.1. PORQUE PROTEGER CONTRA SOBRECORRIENTES**

Todos los Sistemas Eléctricos experimentan eventualmente sobrecorrientes las cuales rápidamente sobrecalientan los componentes del sistema, dañan aislamientos conductores y equipo. Sobrecorrientes con larga duración en el tiempo pueden fundir conductores y equipo. Corrientes muy altas producen fuerzas magnéticas que tuercen y giran las barras del bus, pueden estirar cables desde sus terminales y romper aislamientos y espaciadores.

Muy frecuentemente fuego, explosiones, gases contaminantes y pánico acompañan las sobrecorrientes no controladas. Ellos no solo dañan sistemas eléctricos y equipos también pueden provocar la muerte del personal.

Para reducir estos riesgos, el Código Nacional Eléctrico (NEC), regulaciones de la OSHA, Norma Oficial Mexicana (NOM) y otros códigos aplicables requieren protección contra sobrecorrientes la cual desconectará el equipo por sobrecarga o en una falla de equipo.

La industria y organizaciones gubernamentales han tenido que desarrollar estándares para dispositivos de protección de sobrecorrientes y procedimientos de prueba que muestran la compatibilidad con los estándares y con el NEC. Estas organizaciones son; the American National Standards Institute (ANSI), National Electric Manufacturers Association (NEMA), y la National Prevention

Association (NFPA) trabajo con laboratorios de prueba reconocidos mundialmente como es Underwriters Laboratories (UL).

### **3.2 QUE ES UNA PROTECCION CON CALIDAD**

Un sistema de protección contra sobrecorrientes deberá de tener las siguientes características:

1. Cumplir con todos los requerimientos legales, como las del NEC, OSHA y NOM
2. Proveer máxima seguridad para el personal, excediendo los requerimientos de los códigos locales.
3. Minimizar los daños por sobrecorriente a propiedad, equipo y sistemas eléctricos.
4. Proveer una protección coordinada.
5. Costos efectivos. Proveer capacidad interruptiva de reserva para crecimientos futuros, requerir mínimo mantenimiento, y que lo que sea requerido pueda ser hecho por personal de mantenimiento.

### **3.3. TIPOS DE SOBRECORRIENTES Y EFECTOS**

Una sobrecorriente es una corriente que excede los niveles de Amperes de un conductor, equipo o dispositivo bajo condiciones de uso. El termino sobrecorriente incluye sobre carga y corto circuito, y esta ultima fluye por fuera de las vías de conducción normales.

#### **3.3.1. - SOBRECARGAS**

Son frecuentes entre un rango de seis veces al nivel de corriente nominal son causados por aumento de corriente t ocurren cuando los motores arrancan o se energizan los transformadores tales sobrecargas son temporales debido a su corta duracion.



### **3.3.2. - SOBRECARGAS SOSTENIDAS**

Estas cargas son comúnmente causadas por instalar equipo excesivo, como ejemplo agregar alumbrado, sobrecargas de equipo electromecánicos, etc. Si no se desconecta en un tiempo límite, la sobre carga sostenida sobrecalentará los componentes del circuito causando daño térmico a los aislamientos y a otras partes del sistema eléctrico.

La protección de sobrecorrientes deberá de desconectar los circuitos y equipo que estén experimentando sobrecargas continuas o sostenidas antes de que ocurra el sobrecalentamiento. El sobrecalentamiento reduce la vida del aislamiento, por ejemplo un motor que fue sobrecargado con el 15% puede reducir la vida del aislamiento en un 50%.

### **3.3.3. - SOBRECARGAS TEMPORALES**

Estas ocurren frecuentemente y pueden ser el resultado del arranque de cargas inductivas, como son motores y algo muy importante la protección de sobrecorrientes no deberá de abrir el circuito. Los fusibles seleccionador deberán de tener el suficiente retardo de tiempo (Time Delay) para soportar arranques de motores y sobrecargas temporales.

Pero si la falla se presenta continua los fusibles deberán de abrir el circuito antes de que sean dañados los componentes del sistema otras sobrecargas temporales son motores con rodamientos desgastados, o excedidos en su carga nominal los equipos.

Un ejemplo son los fusibles desarrollados por Littelfuse POWER-PRO® y POWER-GARD® con retardo de tiempo, los cuales cumplen con estas necesidades, ellos pueden soportar el 500% de la corriente por un tiempo de 10 segundos y abrir rápidamente para valores altos de corriente.

### **3.3.4.- CORTO CIRCUITO Y SUS CAUSAS**

Los cortos circuitos son divididos en fallas de arqueo, fallas a tierra y fallas firmes.

Un corto circuito es una corriente fuera de los niveles normales y son causadas por la ruptura del aislamiento o falla en la conexión. Durante una operación en un circuito funcionando normalmente, la corriente es determinada por la carga conectada, durante un corto circuito la carga es puenteada por un conductor, desde aquí se dice que no hay impedancia de carga, solo la impedancia total del sistema de distribución desde el generador o fuente de aplicación hasta la falla, la cual deberá de ser limitada por flujo de corriente.

### **3.3.5. - EJEMPLO:**

Un voltaje de 480 Volts de dos fases con una impedancia de 10  $\Omega$  según la ley de Ohm deberá de consumir

$$I=V/Z= 480/10 =48 \text{ A}$$

Por si la carga se pone en corto, la impedancia del circuito cae hasta 0.005  $\Omega$  y la corriente tomará el siguiente valor  $I=V/Z$ ;  $I=480/0.005=96,000 \text{ Amp.}$

Al llegar a este nivel de corriente deberá de actuar el fusible.

### **3.3.6. - EFECTOS DE CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO**

Si no son removidos rápidamente, los cortos circuitos pueden tener tres profundos efectos en el sistema eléctrico calentamiento, estrés magnético y arcos eléctricos.

### **3.3.7. - CALENTAMIENTO**

Cuando una corriente para a través de un sistema eléctrico, calienta cada parte de él. Cuando las sobrecorrientes son lo suficientemente largas en el tiempo, el calentamiento es prácticamente instantáneo y esta energía es medida

en Amperes-Cuadrados por Segundo ( $I^2T$ ). Una sobrecorriente de 10,000 A que dure 0.01 s tendrá una  $I^2T$  de 1,000,000. Si la corriente de un conductor se incrementa 10 veces, la  $I^2T$  se incrementara 100 veces, por ejemplo: Una corriente de solo 7,500 puede fundir un cable de cobre calibre 8 AWG en 0.1 segundo, otro ejemplo en ocho mili segundos (0.008 s) una corriente de 6,500 puede alcanzar la temperatura de un cable calibre 12 AWG THHN de cobre con aislamiento termoplástico alcanzando una temperatura de 150°C y teniendo temperatura de 75°C de operación y 150°C de corto circuito.

Aquí es donde confirmamos que altas corrientes pueden vaporizar inmediatamente aislamientos orgánicos. Arcos desde el punto de la falla, el interruptor mecánico e interruptores de transferencia pueden encender estos vapores causando explosiones violentas.

### **3.3.8. - ESTRÉS MAGNETICO**

El estrés magnético o fuerza magnética esta en función del pico máximo de corriente al cuadrado. Fallas de corriente de 100,000 A pueden ejercer fuerzas de más de 7,000 libras por pulgada cuadrada de una barra sólida de un bus eléctrico. Este estrés puede dañar el aislamiento, estirar conductores desde sus terminales y pueden causar daños severos a los equipos.

### **3.3.9. - ARCO ELECTRICO**

El arco en el punto de la falla funde y vaporiza conductores y componentes involucrados en la falla. Adicional de los cortos circuitos, estas a menudo son creadas cuando el material vaporizado es depositado sobre aislamientos y otras superficies. Los arcos eléctricos sostenidos vaporizan el aislamiento orgánico y también pueden explotar o encender.

### **3.4. –CARACTERISTICAS DE LOS FUSIBLES (600VOLTS Y MENORES)**

Un fusible puede ser definido como un dispositivo el cual protege un circuito por apertura de un elemento fúndente en respuesta a una sobrecorriente o corto circuito que pase a través de él.

En las últimas décadas la aparición y desarrollo de los interruptores, en lugar de desplazar a los fusibles ha hecho que estos se perfeccionen para cubrir algunas necesidades de protección que se presentan en los sistemas de distribución modernos y que difícilmente se pueden solucionar con interruptores convencionales.

Para poder hacer una buena elección de fusibles se deben tomar en cuenta las siguientes características eléctricas:

#### **3.4.1. - NIVELES DE VOLTAJE**

El voltaje del fusible debe de ser igual o mayor al voltaje del circuito donde el fusible será usado, esto es para corriente alterna, para corriente directa no es recomendable usar fusibles de niveles de voltaje mayor. Por ejemplo para alterna un fusible de 600 Vca puede ser utilizado en circuitos de 440 Vca, 227 Vca incluso en un sistema de 32 Vca.

**Nota: esto no aplica para fusibles semiconductores.**

Los niveles de voltajes para fusibles de potencia en bajo voltaje aprobados por UL son de 125, 250, 300, 480 y 600 Volts y para corriente directa son de 60, 125, 160, 250, 300, 400, 500 y 600 Volts. Los fusibles pueden tener niveles solo de CA o de CD, pero también pueden tener ambos niveles de alterna y directa solo que tienen que especificar los máximos valores para cada uno de los voltajes.

### **3.4.2. - NIVEL MAXIMO DE INTERRUPCION DE CORRIENTE**

El nivel de interrupción de un fusible es la máxima corriente simétrica RMS que requiere para interrumpir satisfactoriamente a un nivel de voltaje de prueba estandarizado. Un fusible puede interrumpir todas las sobrecorrientes que estén arriba del su nivel de interrupción. Los fusibles están disponibles en los siguientes niveles de interrupción 10,000 AMP, 50,000 AMP, 200,000 AMP y 300,000 AMP.

La estandarización sobre fusibles menores de 200,000 Amperes de capacidad interruptiva (AIC) asegura que todos los fusibles tienen un adecuado nivel de interrupción, y proveen capacidad interruptiva para incrementos futuros factibles en una falla de corriente.

### **3.4.3. - FUSIBLES CON CAPACIDAD INTERRUPTIVA 300,000 AMPERES (AIC)**

Los fusibles de Littelfuse series PWOR-PRO tienen una certificación de niveles de interrupción de 300,000 Amperes simétricos. La prueba de los 300,000 A fue desarrollada en un laboratorio de prueba reconocido nacionalmente, y la prueba fue avalada por UL. UL tiene reglas para fusibles marcador con niveles de corriente arriba de los 200,000 A los cuales deberán de ser etiquetados como "Fusibles de Propósito Especial", y no pueden ser etiquetados como RK5, RK1, clase L, etc.

Littelfuse siente que la clasificación de "Propósito Especial" crea confusión. Solo un número muy pequeño de instalaciones tiene realmente la necesidad de usar fusibles como niveles de interrupción arriba de los 200,000 A, Littelfuse continuará certificando sus fusibles con UL por los estándares que tiene para capacidades de 200,000 A. Littelfuse tiene fusibles aprobados de 300,000 A en su laboratorio los cuales son marcados como: "300 kA (Certificado por Littelfuse)".

Los fusibles certificados por UL y llamados de propósito especial están disponibles por sobre pedido.

### **3.5. - CARACTERISTICAS TIEMPO - CORRIENTE**

La característica Tiempo - Corriente determina como rápidamente responde un fusible a una sobrecorriente. Todos los fusibles tienen una característica de tiempo inverso, la cual indica que el tiempo de apertura de un fusible se decrementa conforme el valor de la corriente se incrementa.

#### **3.5.1. - SOBRECARGAS**

Mientras los fusibles puedan desconectar conductores y equipos sobrecargados antes de que los conductores y componentes sean sobrecalentados seriamente, ellos no deberán de desconectar sobrecargas temporales. Para proveer protección de sobrecarga en sistemas de conductores, UL a establecido una apertura máxima de 135% y 200% veces la corriente nominal del fusible. Todos los fusibles certificados por UL deben de cumplir con estos limites ya sean de acción rápida o fusibles con retardo de tiempo.

#### **3.5.2. - FUSIBLES DE ACCION RAPIDA**

También llamados algunas veces como "Fusibles de Apertura Normal" no cuentan con retardo de tiempo. La apertura típica es de 500% veces la corriente nominal del fusible a un rango de tiempo de 0.05 hasta 2 segundos.

Los fusibles de acción rápida son aplicados para cargas no inductivas, como lamparas incandescentes y alimentadores de propósito general. Cuando se protegen cargas inductivas con fusibles de acción rápida se deben de tener niveles del 200% al 300% de la corriente nominal de la carga para prevenir la apertura del fusible en el arranque de la carga.

### **3.5.3. - FUSIBLES CON RETARDO DE TIEMPO**

Los fusibles clase CC, G, H, L, RK5 y RK1 (certificados por UL) y algunos misceláneos, pueden tener el retardo de tiempo y son identificados con una etiqueta en el fusible con la leyenda "Time Delay" (Retardo de Tiempo), TD o D. El tiempo mínimo de retardo varía dependiendo la clase de fusible y en algunos depende del nivel de corriente del fusible. Para los fusibles POWR-GARD en su serie de productos IDSR, FLNR\_ID y FLSR\_ID (clase RK5), LLNRK, LLSRK (Clase RK1) y JTD (Clase J) estos fusibles pueden conducir hasta el 500% de la corriente nominal por un tiempo mínimo de 10 segundos. Los estándares para CCMR y KLDR (UL clase CC) y SLC (UL clase G) pueden conducir hasta el 200% de la corriente por un mínimo de 12 segundos.

Aunque aquí no tenemos clasificación de Time Delay para fusibles Clase L estos pueden ser marcados como Time Delay y la cantidad de tiempo es determinada por el fabricante. POWR-PRO series KLPC y series KLLU pueden soportar hasta 500% de la capacidad del fusible por 10 segundos o más.

Aparte de proveer retardo de tiempo para sobrecargas cortas, los fusibles con time-delay deben cumplir con todos los requerimientos de UL en lo que respecta a protección de sobrecargas sostenidas. Para corrientes con valores muy altos la apertura del fusible debe de ser en menos de un medio ciclo (0.008 seg.).

Los fusibles con time-delay proveen la mejor protección para los casos más comunes protección de motores y circuitos de propósito general.

Los fusibles con time-delay pueden ser seleccionados con niveles de corriente más cercanos al valor que consume la carga. Por ejemplo, si se requiere proteger un motor y queremos seleccionar un fusible clase RK5 o RK1 el nivel de amperaje puede ser seleccionado del 125% al 150% de la corriente a plena carga del motor (FLA).

### **3.5.6. - FUSIBLES DE DOBLE ELEMENTO**

Los fusibles de Littelfuse® con time-delay IDSR, FLNR\_ID/FLSR\_ID clase RK5y LLNRK/LLSRK clase RK1 son construidos con doble elemento. El elemento time-delay es usado para protección de sobrecargas y separa el fusible de las cadenas de acción rápida los cuales son usados para proteger contra limite de corriente y corto circuito.

### **3.5.7. - FUSIBLES DE MUY RAPIDA ACCION**

Muchos de los fusibles de acción muy rápida son diseñados para responder rápidamente a sobrecargas y cortos circuitos. Ellos actúan por limite de corriente.

### **3.5.8.- Curvas de Tiempo – Corriente**

Estas curvas muestran el tiempo en que se funde el elemento contra la corriente en que debe de actuar el fusible, para tener una apreciación mejor de las curvas son mostradas en hojas logarítmicas en ambos ejes. En el eje de las "X" tenemos la corriente la cual empieza con la corriente nominal del fusible y termina con la corriente máxima de corto circuito y en el eje de las "Y" tenemos el tiempo que puede soportar la conducción de dicha corriente. En la Figura 3.1 se muestran las curvas típicas para la serie de fusibles con time-delay.



Esto provee una mejor protección, contra sobrecargas y corto circuito y también facilita para poner un interruptor más pequeño y más barato. El fusible con time-delay a estado reemplazando gradualmente a los fusibles renovables. Hoy en día más del 50% de los fusibles vendidos por los distribuidores eléctricos son del tipo del time-delay.

#### **3.5.4. - FUSIBLES DE ACCION MUY RAPIDA**

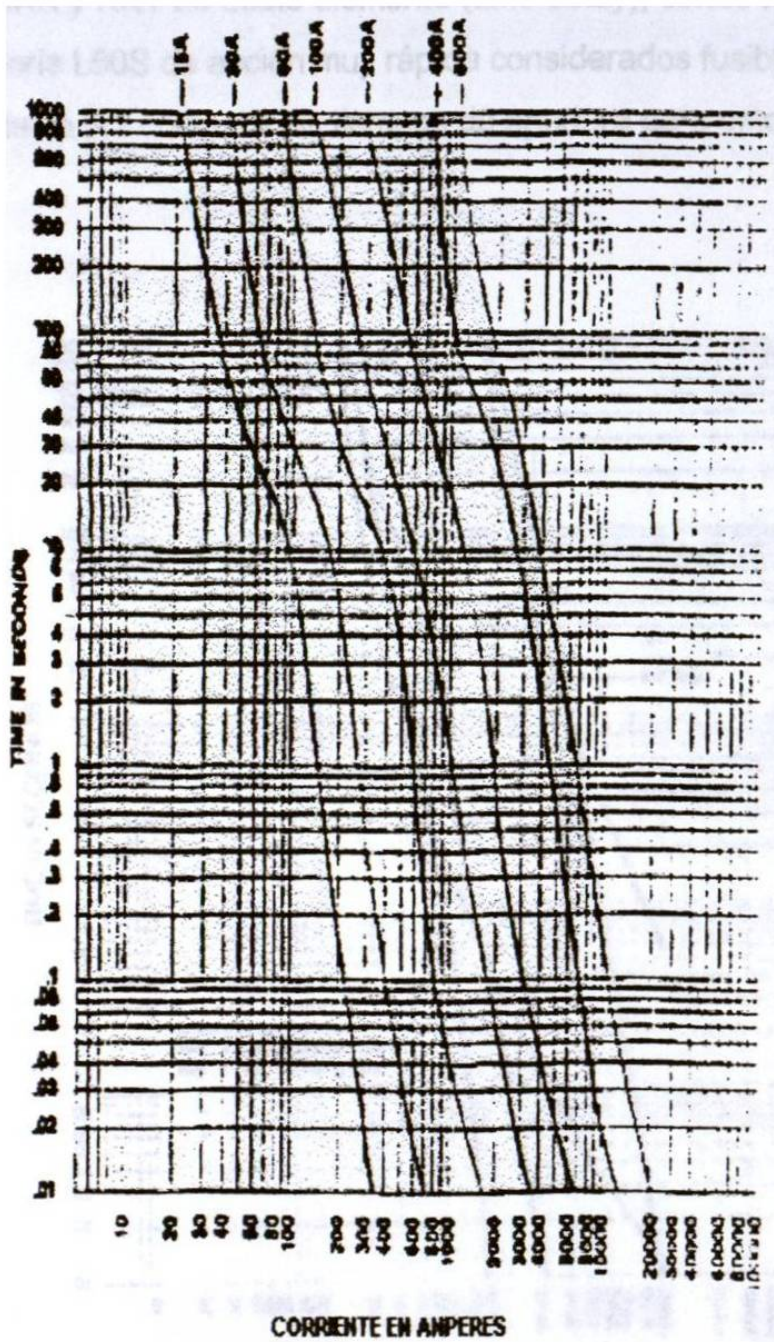
El principal uso de estos fusibles es para proteger componentes electrónicos de estado sólido, como son semiconductores. Sus características especiales como es responder rápidamente a sobrecargas, muy bajo  $I^2T$  y proveen protección por transientes de voltaje para componentes que no pueden resistir variaciones altas, sobrecargas de bajo valor y corrientes de corto circuito.

#### **3.5.5. - FUSIBLES CON LIMITE DE CORRIENTE**

Los fusibles con limite de corriente pueden tener las siguientes características:

1. Limite de Pico de Corriente para valores menores que los que pudieran encontrarse si el fusible fuese reemplazado con un conductor sólido de la misma impedancia. Esto reduce la corriente de pico la cual es determinada como "Pico Máximo Permitido de Corriente".
2. Cuando la falla de corriente excede la corriente que puede soportar el fusible, este debe de abrir en menos de 180 grados eléctricos (esto es medio ciclo) después de que empezó la falla.
3. La unión de porta fusibles y/o block de fusible puede rechazar los fusibles sin limite de corriente y solo aceptar fusibles con limite de corriente.

**FIGURA 3.1 TIPICA DE FUSIBLES**

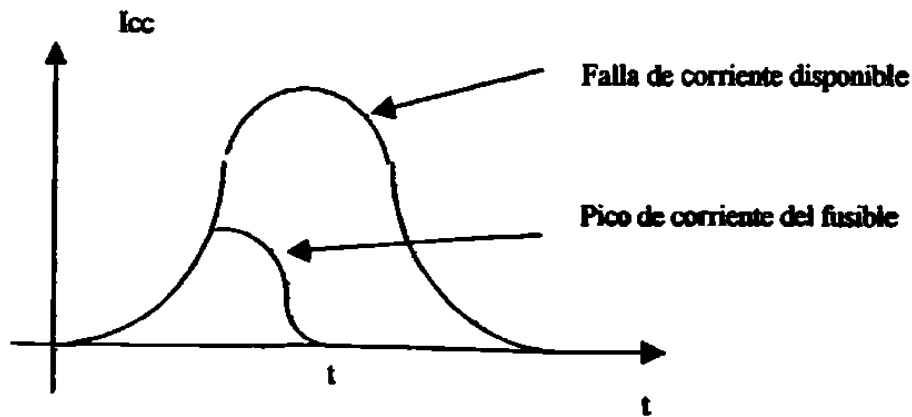


**FIGURA 3.1 CURVA TIPICA PARA FUSIBLE CON TIEMPO**



### 3.6. - GRAFICAS DE PICO MAXIMO DE CORRIENTE

Los fusibles que son operados por límite de corriente o por corto circuitos muy severos deberán de actuar dentro del primer semiciclo (180 grados eléctricos) después de que ocurrió la falla y ellos deberán de reducir el pico de corriente de la falla a un valor menor del que tomaría si no tuviera fusible esto se ve más claro en la Figura 3.3



**Figura 3.3.- Efecto de limite de corriente de Fusibles**

El efecto de los fusibles con límite de corriente es mostrado gráficamente en la figura 3.4 Los valores mostrados en la parte inferior es la falla de corriente simétrica RMS y los valores en el lado izquierdo representan el pico de corriente máximo disponible para cada uno de los fusibles mostrados en el lado derecho del cuadro.

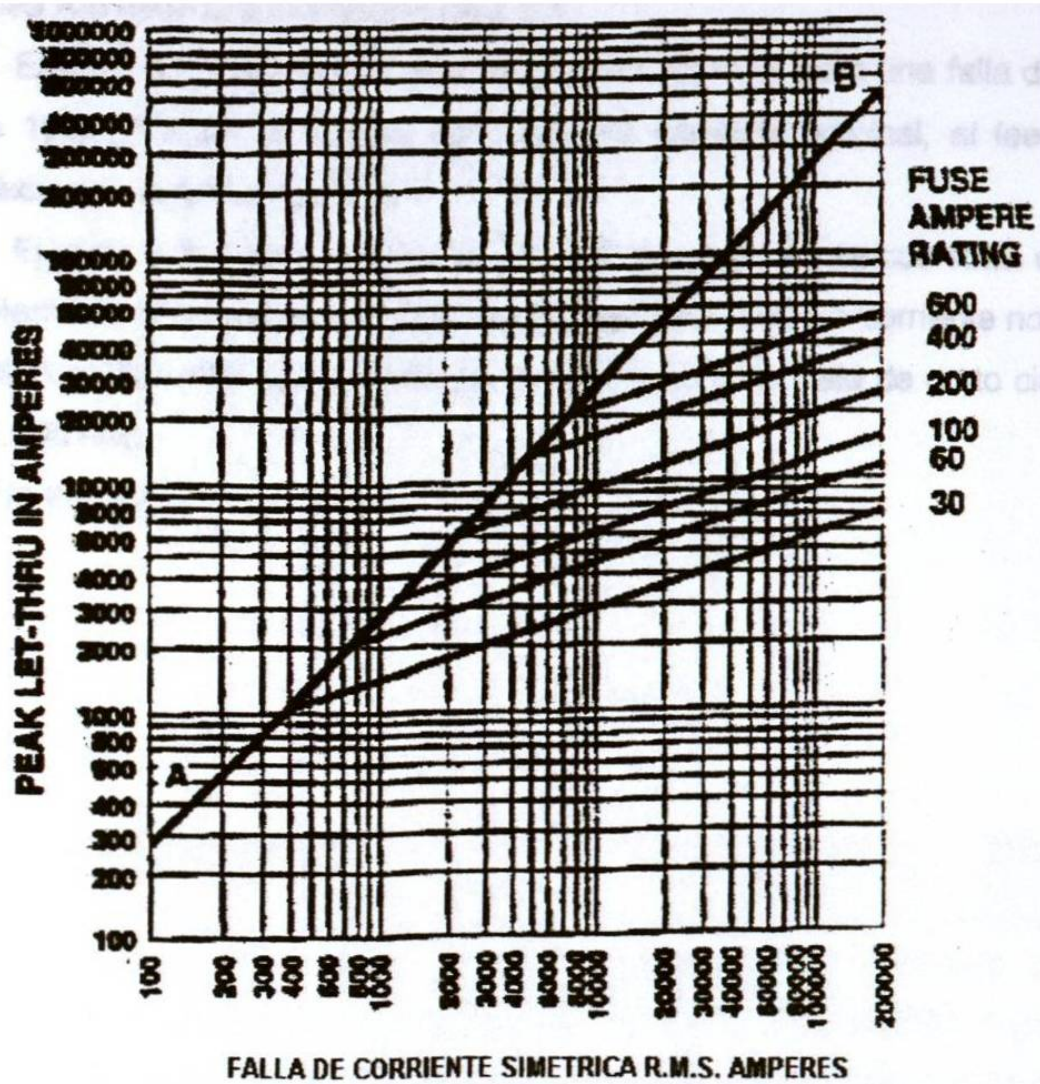


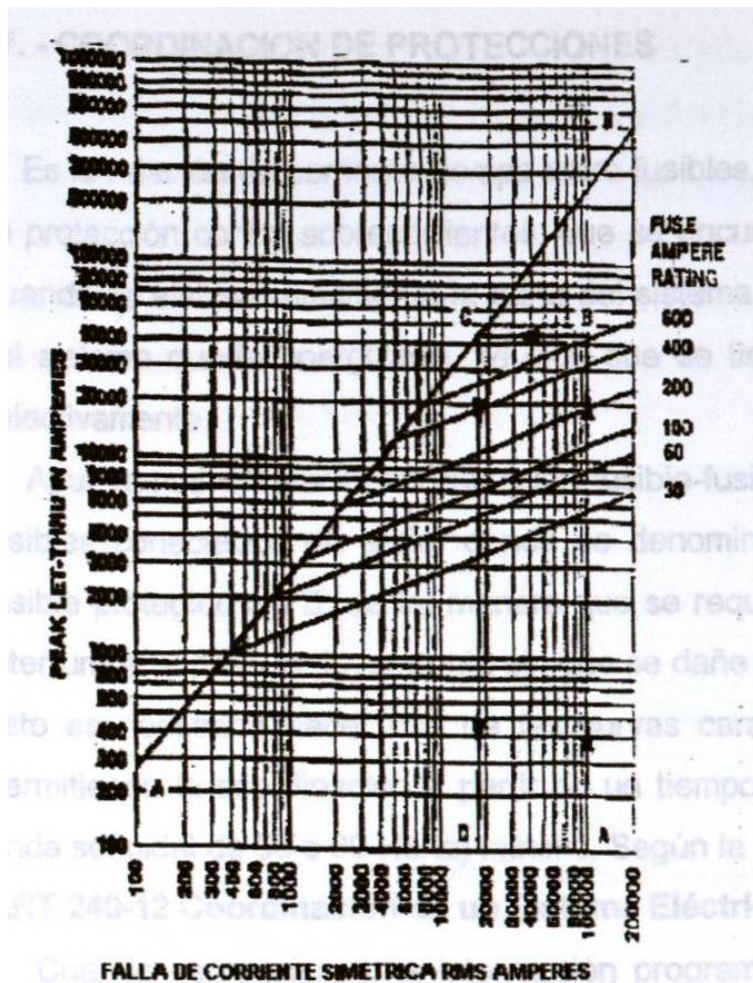
FIGURA 3.4 CARACTERISTICAS DE PICO DE CORRIENTE

**Ejemplo 3.1:** Localizar el valor de 100,000 Amperes simétricos RMS y trazar una línea hacia arriba hasta cruzar la línea A-B y tendremos una lectura de pico de corriente instantáneo de 230,000 Amperes. En un circuito con 15% de factor de potencia y en corto circuito tendrá un pico de corriente instantánea de aproximadamente 2.3 veces del valor simétrico rms, lo que nos indica que la línea A-B tiene una inclinación de 2.3:1.

**Ejemplo 3.2:** Localizar el pico máximo en amperes para una falla disponible de 100,000 A en un fusible de 200 A de corriente nominal, al leer el pico máximo de la falla disponible.

**Ejemplo 3.3:** Para una falla de 100,000 Amperes simétricos RMS debemos determinar si un fusible con time-delay clase RK1 con una corriente nominal de 600 A y 250 Volts puede proteger un equipo con una falla de corto circuito de 22,000 Amp.

(Figura 3.5)



FALLA DE CORRIENTE SIMETRICA RMS AMPERES

FIGURA 3.5 CARACTERISTICAS DE PICO DE CORRIENTE PARA FUSIBLE RK1 FUSIBLE DE DOBLE ELEMENTO USANDO EL METODO SOBRECARGA

Procedimiento: Localizamos 100,000 A que es la falla disponible (punto A) seguimos este valor hacia arriba hasta llegar a la línea de 600 A (punto B), seguimos este punto horizontalmente hasta llegar a la línea A-B (punto C) y trazamos una línea hacia abajo (punto D) y leemos una corriente aproximada de 18,000.

Conclusión: El fusible POWR-PRO® LLNRK 600 A clase RK1 con límite de corriente, reduce una corriente de 100,000 Amp. a una corriente aparente o equivalente de 18,000 A. Lo cual indica que este fusible es confiable para esta protección.

### 3.7. - COORDINACION DE PROTECCIONES

Es la relación de corriente-tiempo entre fusibles, o estos y otros dispositivos de protección contra sobrecorrientes, que se encuentran conectados en serie. Cuando se aíslan, únicamente la parte del sistema eléctrico con falla y el resto del sistema queda energizado, se dice que se tiene un eléctrico coordinado selectivamente.

Aquí vamos a tratar la coordinación fusible-fusible, la cual se refiere a dos fusibles conectados en serie, donde se denomina fusible protector al FA y fusible protegido a FB, de tal manera que se requiere que el fusible protector interrumpa el paso de la corriente sin que se dañe el fusible protegido FB. Para esto es necesario hacer uso de las curvas características corriente-tiempo, permitiendo la coordinación a partir de un tiempo de 0.016 seg. (Un ciclo de onda senoidal de 50 o 60 Hertz) mínimo. Según la NOM dice lo siguiente:

#### ART 240-12 Coordinación de un Sistema Eléctrico

Cuando se requiere una interrupción programada con el fin de minimizar riesgos al personal y a los equipos, se puede usar un sistema de coordinación basado en las dos condiciones siguientes:

- 1) Protección coordinada en corto circuito.
- 2) Indicación de sobrecarga con sistemas o dispositivos de supervisión.

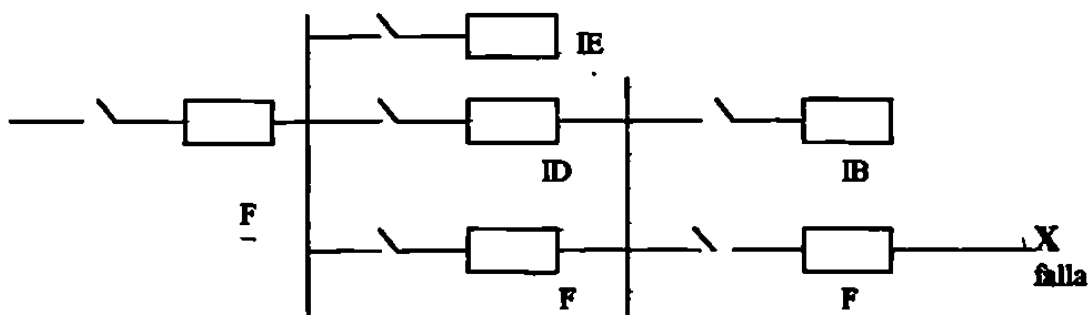


figura 3.6.Coordinación entre fusibles



Para el caso de coordinación con fusibles limitadores de corriente la corriente de falla se inicia en el punto "a", hasta que el fusible protector funde en el punto "b", haciendo que el flujo de corriente se interrumpa en "d", de tal forma que si no se instalara el fusible protector FA, la corriente hubiera alcanzado el valor "c". El tiempo a-d, necesario para que funda al fusible protector FA; es menor que el tiempo de interrupción total a-e del fusible protegido FB. Que se observa en la figura 3.6

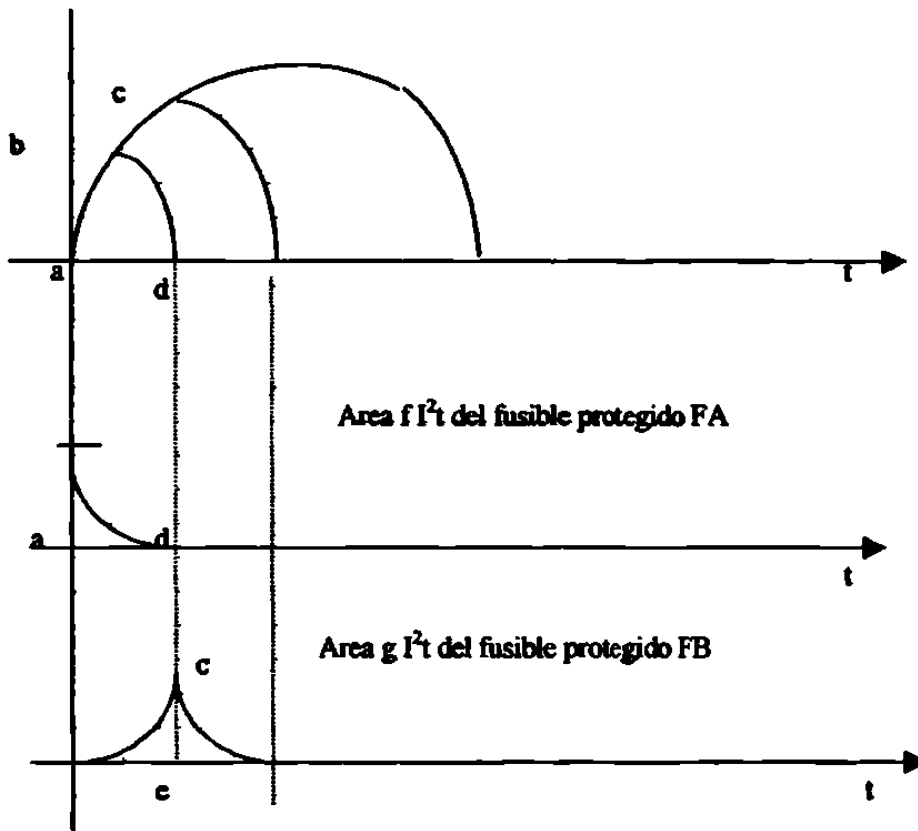


Figura 3.7 Coordinación de fusibles tipo limitador de corriente

### 3.7.1. SELECCIÓN DE FUSIBLES

Desde que los sistemas eléctricos de distribución son el corazón de las instalaciones tipo industrial, comercial e institucional, es imperativo que cualquier interrupción de potencia sea prevenida. Los apagones innecesarios pueden ser evitados por medio de la selección adecuada de dispositivos de protección contra sobre corrientes. La selección (a menudo referida como la selección de coordinación) puede ser definida como el aislamiento completo de

un circuito en falla en el punto de la falla sin distorsionar ninguno de los otros dispositivos de protección del sistema.

Para obtener el aislamiento completo de una falla (Excepto en un circuito de fase) todos los conductores deben de abrirse. Si solo una o dos fases son abiertas en un circuito trifásico, la falla permanece conectada al sistema a través de los circuitos de carga multifase. Bajo esta condición, la corriente de falla es a menudo reducida pero no anulada.

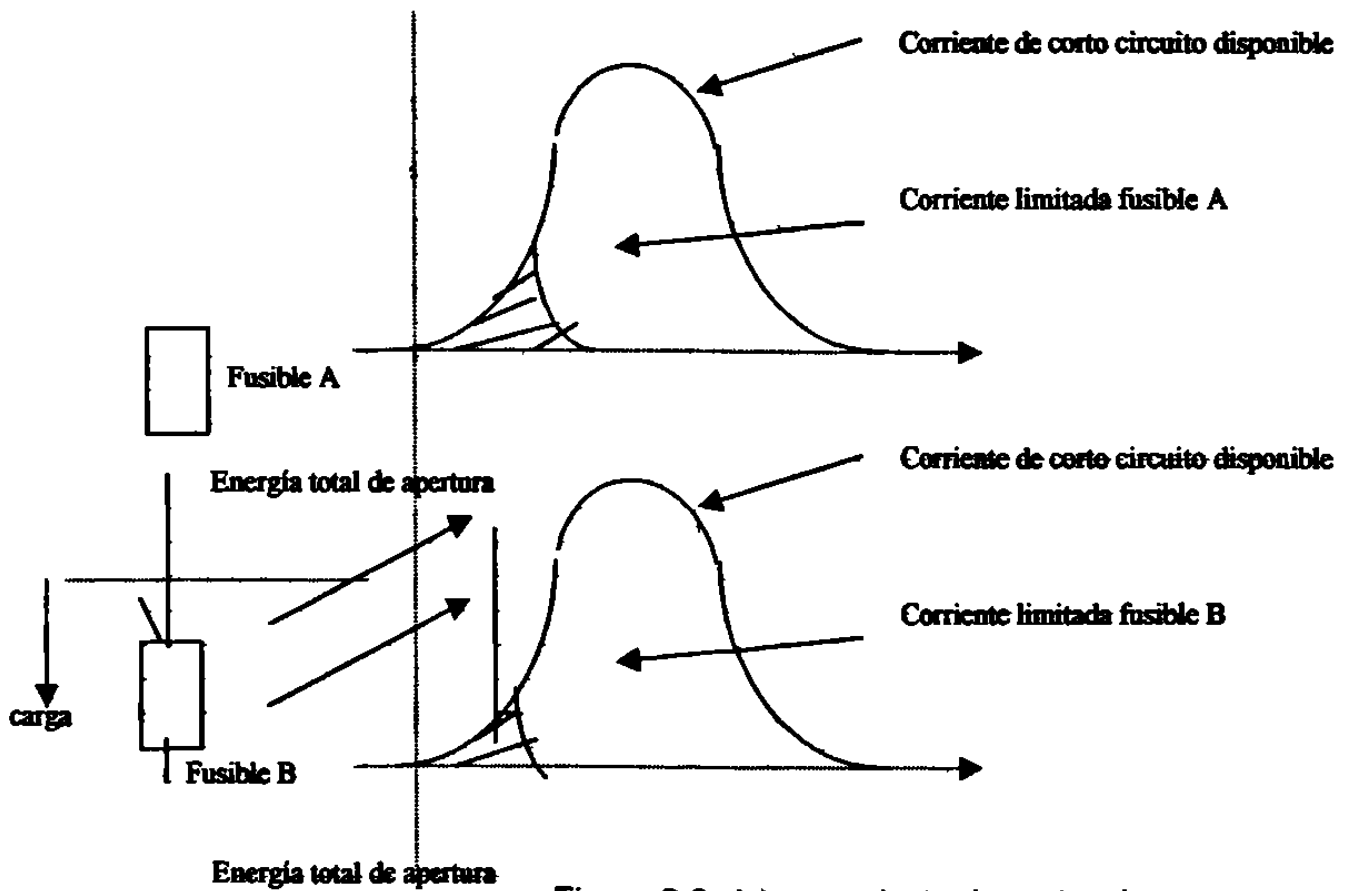


Figura 3.8 sistema selecto de protecciones

### 3.7.2 - CLASES DE FUSIBLE Y SUS APLICACIONES UL/NEMA

UL en conjunción con NEMA, han establecido estándares para la clasificación de fusibles por letra en lugar de emplear la clasificación por tipo. La letra o literal de clase, puede designar el rango de interrupción, dimensiones