



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**“APLICACIÓN DE FUSIBLES E INTERRUPTORES TERMO
MAGNÉTICOS”.**

TESINA DE SEMINARIO

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD
ESPECIALIZACIÓN POTENCIA

Presentada por:

Adrian Valentín López Fuentes

Gabriel Alexander Viteri Morales

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2010

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios, quien ha sido el que nos ha guiado para cumplir nuestras metas.

A nuestras familias, quienes con su ayuda y paciencia nos dieron el aliento necesario para cosechar la meta propuesta en esta etapa de la vida.

Y al Ing. Juan Gallo quien con sus enseñanzas nos facilitó la realización de este proyecto y a todos aquellos que nos otorgaron apoyo y respaldo.

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo a nuestros
padres y hermanos.

TRIBUNAL DE SUSTENTACION



Ing. Juan Gallo
PROFESOR SEMINARIO DE
GRADUACION

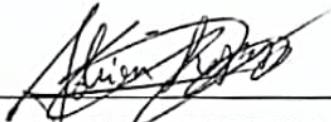


Ing. Jorge Chiriboga
DELEGADO DEL DECANO

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Trabajo de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



ADRIAN VALENTIN LOPEZ FUENTES



GABRIEL ALEXANDER VITERI MORALES

RESUMEN

El presente trabajo ha sido desarrollado como guía para la correcta aplicación de fusibles e interruptores termo-magnéticos en base a normas existentes. En el medio, las instalaciones eléctricas deben estar construidas de acuerdo a su necesidad, tomando en cuenta la seguridad eléctrica que es la parte fundamental para garantizar que esta instalación no afecte primordialmente la vida humana y a los equipos.

En los primeros capítulos se da a conocer las definiciones básicas y la selección correcta de los dispositivos a utilizar, posteriormente se identifica los peligros y riesgos como también prevención y control que se debe tomar en cuenta en la selección del fusible o breaker, verificando con normas tales como el NEC, NFPA 70, viendo si las salva guardas presentes son las adecuadas y si es necesario realizar mejoras o implementar nuevas salva guardas para reducir el nivel de riesgo.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO.....	I
DEDICATORIA.....	II
TRIBUNAL DE GRADUACION.....	III
DECLARACIÓN EXPRESA.....	IV
RESUMEN.....	VII
INDICE GENERAL.....	VIII
INDICE DE FIGURAS.....	XII
INDICE DE TABLAS.....	XIII
INTRODUCCION.....	XIV
MARCO TEORICO.....	1
1.1 FUSIBLES.....	1
1.1.1 TIPOS DE FUSIBLES.....	2
1.1.2 CARACTERISTICAS DE LOS FUSIBLES.....	8
1.1.3 CURVA CARACTERISTICA DE LOS FUSIBLES.....	10
1.2 INTERRUPTORES TERMO-MAGNETICOS.....	13
1.2.1 TIPOS DE INTERRUPTORES TERMO-.....	14
MAGNETICOS.....	14
1.2.1.1 POR SU USO Y NIVEL DE VOLTAJE.....	15
1.2.1.2 POR LA FORMA DE SU CURVA.....	16
SELECCIÓN DE PROTECCIÓN.....	24
2.1 PROTECCION CONTRA SOBRE CARGA.....	24
2.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN CONTRA LAS SOBRECARGAS.....	24
2.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN CONTRA LOS CORTOCIRCUITOS.....	25
2.3 SELECCIÓN BREAKER O FUSIBLE.....	29
2.3.1 IMPORTANCIA DEL CIRCUITO.....	29

2.3.2	UBICACIÓN DE LA PROTECCIÓN.....	30
2.3.3	TIPO DE CURVA	31
2.4	EJEMPLO DE APLICACIÓN.....	31
2.4.1	ASPECTOS DEL DISEÑO QUE SE DESEA SOLUCIONAR.	32
2.4.2	ESTUDIOS REALIZADOS.....	33
2.4.3	NORMAS USADAS.	34
2.4.4	SELECCIÓN DE CONDUCTORES.....	34
2.4.5	PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGA.....	35
2.4.6	PROTECCIÓN CONTRA CORTOCIRCUITO.	35
2.4.7	CONSIDERACIONES PARA LA SELECCIÓN.....	36
2.4.7.1	CLASE DE ZONAS.....	36
2.4.7.2	CONDICIONES PARA EL USO DE BREAKERS:	37
2.4.7.3	CONDICIONES PARA EL USO DE FUSIBLES	37
2.4.7.4	TIEMPO FUERA DE SERVICIO, PRODUCCIÓN Y PROBABILIDAD DE FALLA.	38
2.4.7.5	ARRANQUES Y TIEMPO EN SERVICIO.....	39
2.4.8	SELECCIÓN.....	39
2.4.9	CONCLUSION DEL EJEMPLO.....	48
	MARCO LEGAL.	49
3	REGLAMENTOS.....	49
3.1	REGLAMENTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD INDUSTRIAL REGISTRO OFICIAL NO 249.....	49
3.1.1	ARTICULO 5.- TOMAS DE TIERRA Y CONDUCTORES DE PROTECCION.	49
3.1.2	ARTICULO 23.- TRABAJOS CON SOLDADURASELECTRICAS .	49
3.1.3	ARTICULO 28.- SUSTITUCION DE FUSIBLES	49
3.2	REGLAMENTOS INTERNACIONALES.....	50
3.2.1	NORMA IEC 364 SOBRE LA ELECCIÓN DE DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN.	50
3.2.2	NORMA NFPA 70B SOBRE LOS PELIGROS DE UNA MALA SELECCIÓN DE PROTECCIÓN.....	50
3.2.3	NORMA MEXICANA NOM-001-SEDE 2005.....	51
3.2.3.1	ARTICULO 240 SOBRE ALAMBRADO Y PROTECCIÓN.	51

3.2.3.2	ARTICULO 422 SECCION 28 SOBRE APARATOS ELECTRODOMESTICOS Y SIMILARES.	57
3.2.3.3	ARTICULO 430 – MOTORES, CIRCUITOS DE MOTORES Y.....	57
3.2.3.4	ARTICULO 440 – SECCION 22 SOBRE APLICACIÓN Y	59
3.2.3.5	ARTÍCULO 501 SECCION 6 SOBRE LAS PROTECCIONES	59
3.2.3.6	ARTICULO 502 SECCION 6 SOBRE LAS PROTECCIONES	59
3.2.3.7	ARTICULO 503 SOBRE AREAS CLASE III	60
3.2.3.8	ARTICULO 670 SECCION 4 SOBRE PROTECCION CONTRA..	61
3.2.3.9	ARTICULO 685 SECCION 16 Y SOBRE FUSIBLES Y	61
3.2.3.10	ARTICULO 695 SECCION 4 SOBRE BOMBAS CONTRA	61
3.2.3.11	ARTICULO 710 SECCION 20 SOBRE PROTECCION CONTRA 62 SOBRECORRIENTE EN EQUIPOS QUE OPERAN A TENSIONES ELECTRICAS MAYORES DE 600 V NOMINALES	62
	ANÁLISIS DE PELIGROS Y RIESGOS.	63
4.1.1	EFFECTOS POR UNA MALA SELECCIÓN DE UN FUSIBLE O INTERRUPTOR TERMO-MAGNETICO.	63
4.2	ARTICULOS A CONSIDERAR SEGÚN LA NORMA ESTUDIADA.....	65
4.3	ESTIMACIÓN DEL RIESGO.....	65
4.4	EFFECTOS DE LA ELECTRICIDAD SOBRE EL ORGANISMO HUMANO	65
4.5	LOS ACCIDENTES PUEDEN SER DIRECTOS E INDIRECTOS.	66
4.5.1	ACCIDENTES DIRECTOS:.....	66
4.5.2	ACCIDENTES INDIRECTOS:	67
4.6	FUENTES DE INCENDIO POR UNA MALA SELECCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCION.....	68
4.6.1	CORTO CIRCUITO.	68
4.6.2	SOBRETENSIONES.	69
4.6.3	ARCO ELÉCTRICO.	70
4.7	VALORACION DE RIESGO	72
4.8	PROBABILIDAD DE QUE OCURRA EL DAÑO.	73
	MÉTODOS DE PREVENCIÓN Y CONTROL.	75
5.1	PREPARACION DE UN PLAN DE CONTROL DE RIESGOS.....	76
5.2	MANTENIMIENTO Y PRUEBAS CONSIDERACIONES.....	78
5.2.1	INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS	79

5.2.2 FUSIBLES.....	82
5.2.3 CONDICIONES DE SEGURIDAD EN INSTALACIONES DE FUSIBLES E INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS, PERMANENTES O PROVISIONALES.....	83
5.2.4 SEÑALIZACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE TRABAJO:	85
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	85
BILIOGRAFIA.....	90

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Grafico de los hilos fusibles tipo T y K	5
Figura 1.2: Grafico de los hilos fusibles tipo H, D y N.....	6
Figura 1.3: Grafico de los hilos fusibles tipo H, D y N.....	8
Figura 1.4: Características de la operación de un fusible.....	9
Figura 1.5: Zonas de operación del fusible.....	11
Figura 1.6: Curva de desconexión de un breaker	17
Figura 1.7: Curva característica de los breakers tipo B.....	18
Figura 1.8: Curva característica de los breakers tipo C.....	20
Figura 1.9: Curva característica de los breakers tipo D.....	21
Figura 1.10: Curva característica de los breakers tipo MA.....	22
Figura 1.11: Curva característica de los breakers tipo Z	23
Figura 2.1: Curvas de protección de cortocircuitos	28
Figura 2.2: Diagrama de Diseño Bajo Estudio	32
Figura 2.7: Selección de la protección del motor.....	42
Figura 2.8: Selección de la protección del motor M2.....	43
Figura 2.9: Selección de la protección del motor M3.....	44
Figura 2.10: Selección de la protección del motor M4.....	45
Figura 4.1: Probabilidad y consecuencias.....	73
Figura 5.1: Manipulación en armarios sin guantes de protección	78

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1:	Valor de la constante K según el conductor y el tipo de aislamiento	27
Tabla 2.2:	Potencia y corriente nominal de los motores M1, M2, M3 y M4	33
Tabla 2.3:	Conductores a usar en el ejemplo	34
Tabla 2.4:	Cálculos de protección.....	35
Tabla 2.5:	Selección de protección.	39
Tabla 2.6:	Fallas calculadas de los motores M1, M2, M3, y M4.	40

INTRODUCCION

En esta tesina se trata uno de los temas que los ingenieros encargados de diseñar los diferentes sistemas eléctricos industriales, comerciales o residenciales deben tomar en consideración para el correcto funcionamiento de la protección contra cortocircuitos y sobrecargas, las mismas que pueden ser muy peligrosas para los equipos usados en el sistema y sobre todo para aquellas personas que se encuentren operando dichos e equipos.

El objetivo primordial es la seguridad eléctrica enfocada a salvaguardar la integridad de las personas y por ello toda protección debe ser la más indicada para evitar cualquier accidente en el que una vida humana esté involucrada.

CAPÍTULO I

MARCO TEORICO.

1.1 FUSIBLES.

Los fusibles son el medio más antiguo de protección de los circuitos eléctricos y se basan en la fusión por efecto Joule de un hilo o lámina intercalada en la línea como punto débil.

La construcción de los fusibles comprende una gran variedad de modelos, con distintos tamaños, formas y métodos de montaje; y para ser utilizados con diferentes gamas de tensión, corriente y tiempos de actuación. Así hay fusibles con montaje a rosca, a cuchilla o cilíndricos; hay fusibles de acción rápida o retardada; hay fusibles de alta capacidad de ruptura, etcétera. En ciertos casos, se fabrican en distintos tamaños, para evitar la instalación errónea de fusibles de características diferentes a las necesarias. [1]

1.1.1 TIPOS DE FUSIBLES.

Existe una gran gama de tipos de fusibles por lo tanto se los ha clasificado en dos partes: por la rapidez de acción, por su uso y por la forma de su curva de tiempo inverso.

1.1.1.1 POR LA RAPIDEZ DE ACCIÓN.

Por la rapidez de acción los fusibles actúan con cierta rapidez dependiendo de la cantidad de corriente que pasa a través de él. Para una mejor explicación definiremos a I_n como el valor de corriente nominal de un fusible para un funcionamiento normal

Por su rapidez de acción existen tres tipos de fusible:

- Los fusibles lentos funden en un segundo para $I = 5 I_n$. Son los menos utilizados, empleándose para la protección de redes aéreas de distribución generalmente, debido a los cortocircuitos momentáneos que los árboles o el viento pueden hacer entre los conductores.

- Los fusibles rápidos funden en un segundo para $I = 2,5 I_n$. Se emplean para la protección de redes de distribución con cables aislados y para los circuitos de alumbrado generalmente.
- Los de acompañamiento funden en un segundo para $I = 8 I_n$. Se fabrican especialmente para la protección de motores, debido a que soportan la corriente de arranque sin fundirse. Viene acompañados de otros elementos de protección lo cual es el motivo de su nombre, los elementos que lo acompañan son generalmente relés térmicos. Cada cartucho fusible tiene en realidad unas curvas de fusión, que pueden diferir algo de las definiciones anteriores.

1.1.1.2 POR SU USO Y LA FORMA DE SU CURVA.

Por cada tipo de fusible existe una curva de tiempo inverso diferente, esto lo hace utilizable para un sin número de aplicaciones y en muchas ocasiones se usan combinaciones entre ellos para tener una protección más específica. A continuación presentamos sus tipos:

- **Fusibles tipo K – Estaño:** Disponibles en rangos de 1 – 200 A en diseño de tornillo y desde 6 – 50 A en diseño de enlace abierto. Los fusibles estándar tipo K están contruidos con un elemento fusible de estaño. usados con interruptores de distribución de 100 A. Éstos muestran características de tiempo corriente en un rango de tiempo corriente similar a los hilos fusibles tipo T de 140 y 200 A. Las características de tiempo corriente en el rango de baja corriente es similar a los hilos fusibles de 100 A tipo T.

- **Fusibles tipo K – Plata:** Los hilos fusibles con elementos fusibles plateados también están disponibles. Ellos son manufacturados en diseños de tornillo removibles y no removibles con rangos de 6 – 100 A.

- **Fusibles tipo T:** Existen en rangos de 1 - 200 A en diseño de tornillo y desde 6 – 50 A en diseño de enlace abierto. Los fusibles estándar tipo T están contruidos con un elemento fusible de estaño. Los fusibles tipo T exhiben la misma característica de sobrecarga que los

hilos fusibles tipo K de los rangos de 300 a 600 segundos. El fusible T es más lento a mayor corriente que su similar de tipo K.

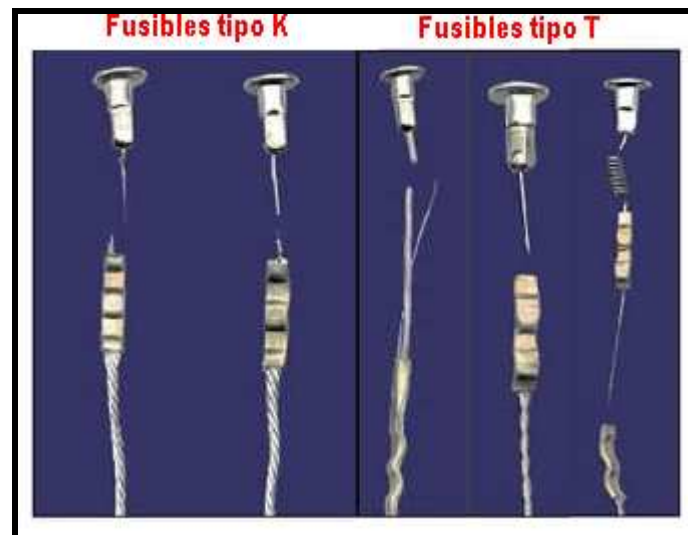


Figura 1.1: Grafico de los hilos fusibles tipo T y K

Fuente: <http://www.electricosinter.com>

- **Hilos fusibles tipo N:** Los hilos fusibles tipo N están disponibles en rangos de 5 – 200 A. Los Fusibles Edison tipo N cumplen con las normas estándar ANSI aplicables para intercambio mecánico. Éstos muestran tasas de velocidad de aproximadamente la misma que los fusibles Edison tipo K.

- **Fusibles tipo H** (Transitorio alto) Los hilos fusibles tipo H son fabricados en rangos de 1, 2, 3, 5 y 8 A. Los fusibles tipo H de alto transitorio son diseñados principalmente como fusibles primarios o para transformadores de distribución pequeños. Estos fusibles están diseñados específicamente para entregar protección de sobrecarga normalmente asociada con hilos fusible de 1, 2, 3, 5 y 8 A, evitando operación innecesaria durante un período transiente, como los resultantes de la partida de un motor u otras causas. Los fusibles tipo H son construidos de múltiples elementos de aleaciones especialmente seleccionadas. Además, los diseños de enlace abierto están disponibles para uso de interruptores de líneas de distribución de enlace abierto.



Figura 1.2: Grafico de los hilos fusibles tipo H, D y N

Fuente: [http:// www.directindustry.es](http://www.directindustry.es) y www.electricworks.cl

- **Hilos fusibles tipo S:** Los hilos fusibles tipo S están disponibles en rangos de 3 - 200 A en diseño de tornillo removible. Estos hilos fusibles muestran características muy lentas, haciéndolos ideales para proteger a equipos contra fallas o sobrecargas y que necesitan que la característica de operación sea lenta debido a altas corrientes transitorias en el equipo

- **Fusibles tipo D:** Los hilos fusibles tipo D son hilos de múltiples elementos y están disponibles en rangos de 1 a 20 A. El fusible D es similar en diseño al tipo H de alto transitorio, a excepción de que éste es más lento en el momento en que se producen corrientes transitorias altas. Al ser superior la resistencia a altos transitorios hace que a probabilidad de daños por descargas atmosféricas sea muy pequeña, haciendo del hilo fusible tipo D el protector ideal para transformadores de distribución pequeños o medianos. El fusible puede ser montado en serie y en el lado de la fuente, liberando al

pararrayos de ser montado directamente con el transformador. [2] [3]



Figura 1.3: Grafico de los hilos fusibles tipo H, D y N

Fuente: <http://www.hardwareworld.com>

1.1.2 CARACTERISTICAS DE LOS FUSIBLES

La intensidad nominal de un fusible, así como su poder de corte, son las dos características que definen a un fusible.

La intensidad nominal es la intensidad de corriente nominal de funcionamiento para la cual el fusible ha sido proyectado, y el poder de corte es la intensidad máxima de corriente de cortocircuito con la cual el fusible opera. Para una misma intensidad nominal, el tamaño de un fusible depende del poder

de corte para el que ha sido diseñado, normalmente comprendido entre 6.000 y 100.000 A.

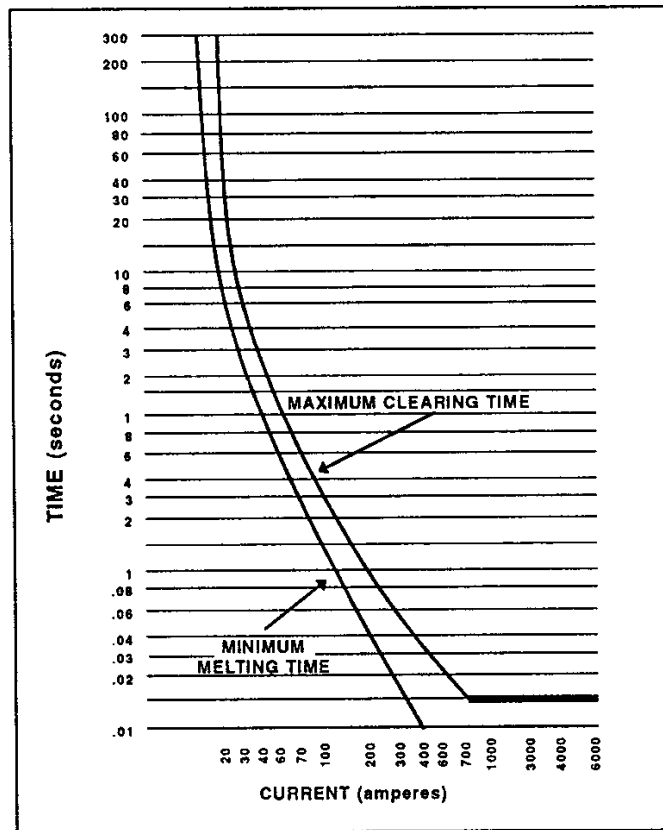


Figura 1.4: Características de la operación de un fusible

Fuente: <http://www.inele.ufro.cl/apuntes>

La curva característica de un fusible se puede separar en las siguientes partes, tal como se muestra en la Figura 1.4.

- Curva de tiempo mínimo de fusión (minimum melting time): indica el tiempo mínimo en el cual un fusible puede fundirse ante la presencia de una corriente de falla.
- Curva de tiempo máximo de fusión (maximum melting time): Es aquella curva que indica la máxima corriente que puede soportar el fusible, para corrientes que se encuentren más arriba de esta curva el fusible se funde. [4]

1.1.3 CURVA CARACTERISTICA DE LOS FUSIBLES.

Cuando se habla de la operación de un fusible, se refiere a la reacción que tiene el fusible frente a una intensidad de corriente que provoca que actúe la protección. La figura 1.5 muestra la curva característica de un fusible, en el cual indica el tiempo en que demora el hilo en fundirse según el nivel de corriente que exista. [5]

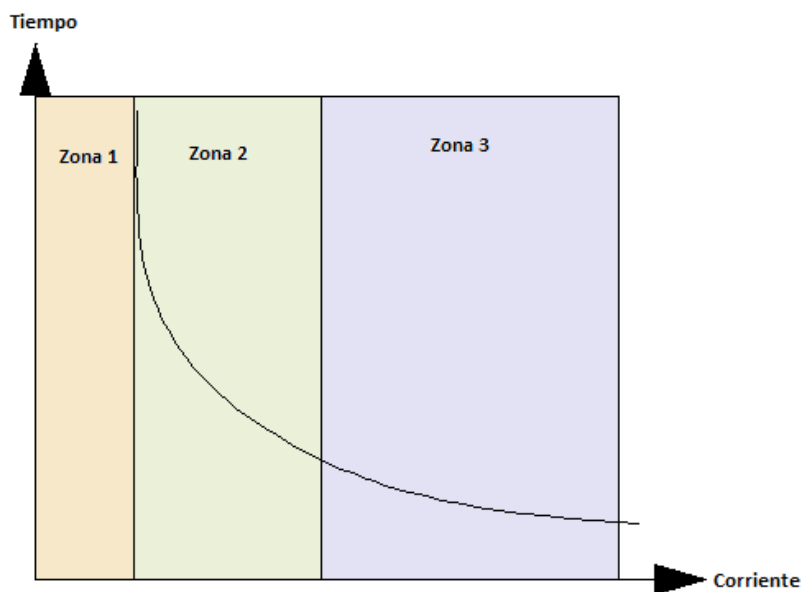


Figura 1.5: Zonas de operación del fusible

Esta curva se distingue en tres zonas que delimitan la operación del circuito que el fusible está protegido. [6]

- **Zona 1:** Es la zona en condiciones normales de operación. Aquí la protección del fusible no actúa, debido a que la intensidad de corriente de operación es menor la corriente nominal (I_n).
- **Zona 2:** Zona bajo condiciones anormales de operación en situación de sobrecarga. La protección fusible actúa en

tiempos superiores a los 10 segundos, dando la posibilidad de que la sobrecarga desaparezca antes de ese tiempo y el sistema continúe operando. Esto sirve cuando en circuitos existen artefactos que momentáneamente generan una sobrecarga, por ejemplo la partida de motores pequeños como el del refrigerador, el encendido de iluminación no incandescente, etc.

- **Zona 3:** Zona de condiciones anormales de operación, en situaciones de cortocircuito. La protección actúa en tiempos de operación inferiores a 10 segundos, pudiendo llegar a tiempos de operación de milésimas de segundos, según la magnitud de la falla. Si el aumento de intensidad es muy violento, el fusible se funde casi instantáneamente.

Los fusibles se caracterizan en su operación, por:

- Alta seguridad de protección.
- Perdidas reducidas (calentamiento).
- Bajo costo de mantenimiento y reposición.
- Gran capacidad de ruptura. (corriente máxima que la protección puede despejar en un cortocircuito).

La principal desventaja de este tipo de protección que es fácilmente alterables, lo que puede ocurrir al reemplazarlo cambiando los valores apropiados, por ejemplo, reemplazar un fusible de 10 amperes por uno de 20 amperes. Otra desventaja es de lo que se dice que puede ser reparado lo que no es cierto debido a que dejan de prestar el servicio para el cual fueron diseñados.

1.2 INTERRUPTORES TERMO-MAGNETICOS.

Un interruptor termo-magnético, es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando ésta sobrepasa ciertos valores máximos. Su funcionamiento se basa en dos de los efectos producidos por la circulación de corriente eléctrica en un circuito: el magnético y el térmico (efecto Joule). Los interruptores termo-magnéticos (Breakers) combinan varios de los sistemas de protección, en un solo aparato. Poseen tres sistemas de desconexión: manual, térmico y magnético. Cada uno puede actuar independientemente de los otros, estando formada su curva de disparo por la superposición de ambas características, magnética y térmica.

Una vez que se detecta una falla, los contactos en el Breaker deben abrir para interrumpir el circuito; parte de la energía almacenada mecánicamente (usando algo como resortes o aire comprimido).

Breakers pequeños pueden ser accionados manualmente; unidades más grandes tienen solenoides para activar el mecanismo, y otros motores eléctricos para restablecer la energía. [7]

1.2.1 TIPOS DE INTERRUPTORES TERMO-MAGNETICOS.

El interruptor está marcado con la corriente nominal en amperios , pero sin el símbolo de la unidad "A": En cambio, la cifra amperio es precedido por una letra "B", "C" o "D" que indica la intensidad de disparo instantáneo, que es el valor mínimo de corriente que hace que el breaker actúe sin retardo intencional (es decir, en menos de 100 ms), expresada en términos de I_n .

Así como se clasifico el tipo de fusible también podemos hacerlo en los breakers, por lo tanto tendremos dos grandes tipos de breakers: Por su uso y nivel de voltaje y por la forma de su curva.

1.2.1.1 POR SU USO Y NIVEL DE VOLTAJE

Debido a que existen breakers para todo nivel de voltaje se clasificaran en: Alto, Mediano y Bajo voltaje.

- a) **Breakers de alto voltaje:** Su accionamiento es dado por un solenoide con protección de relés con corriente censada por transformadores de corriente. Son de gran tamaño y protege a equipos y barras contra distintas fallas de sobrecarga y tierra. Utilizan medios distintos para evitar el arco eléctrico producido por su apertura tales como aceite, vacío o hexafluoruro de azufre

- b) **Breakers de mediano voltaje:** También su operación está dada por relés de protección. Generalmente no utilizan sensores de sobrecarga térmica o magnética. Su operación mecánica puede hacerse mediante un motor o una manivela de mano. Utilizan el vacío como medio para extinguir el arco eléctrico.

- c) **Breakers de bajo voltaje:** Son pequeños y están hechos de tal forma que puedan ser desmontados sin

necesidad de sacar todo el tablero se utilizan en industrias comerciales y viviendas. Su operación puede ser ajustable en algunos de ellos. En pocos casos su operación mecánica se realiza por medio de un motor el cual puede ser comandado remotamente.

[8]

1.2.1.2 POR LA FORMA DE SU CURVA.

En el gráfico de la Figura 1.6 puede verse la curva de desconexión de un breaker, en la que se aprecia una zona A, claramente térmica, una zona B que corresponde a la reacción magnética, y la zona de solape C, en donde el disparo puede ser provocado por el elemento magnético o térmico indistintamente.

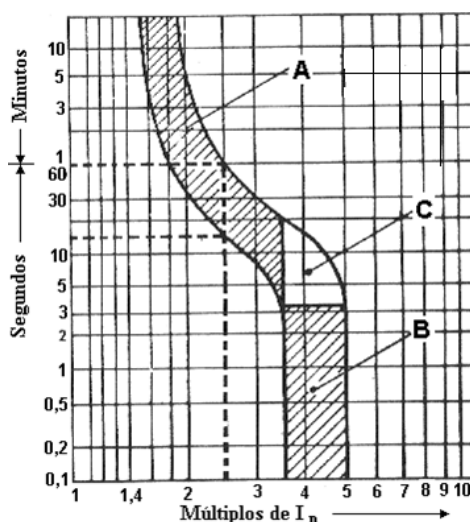


Figura 1.6: Curva de desconexión de un breaker

Fuente:

http://www.netcom.es/pepeocu/protecciones/4_6%20Magnetotermicos.htm

Así, por ejemplo, un punto $3 I_n$ corresponderá a 30A, si el aparato es de 10A, o bien a 75A, si el aparato es de 25A, etc.

Como en casos anteriores, la zona de tolerancia delimita las dos zonas características de "no desconexión" y de "segura desconexión". Así, para una intensidad $2,5 I_n$ podría suceder la desconexión entre los 15 y los 60 sg., siendo correcto cualquier tiempo intermedio de disparo.

Los interruptores disponen de desconexión libre, es decir, que cuando se produce una desconexión, ya sea por sobrecarga o

cortocircuito, el aparato desconecta aunque se sujete la manecilla de conexión.

Según sean los límites que posea la curva característica de un breaker, así será su comportamiento, debiendo adaptar en cada caso el aparato correspondiente a las peculiaridades del circuito que se pretenda proteger.

Por estas razones podemos clasificar a los breaker por la forma de su curva de la siguiente forma:

Curva B.

Curva Z.

Curva C.

Curva MA.

Curva D.

A continuación se exponen cada una de las curvas por separado, estudiando para cada una de ellas la forma que presentan y las aplicaciones en las que se utilizan.

a) CURVA B.

Estos breakers actúan entre 1,1 y 1,4 veces la intensidad nominal I_n en la zona térmica y en su zona magnética entre un $3 I_n$ y $5 I_n$, o 3,2

I_n y $4,8 I_n$, según el tipo de aparato, de acuerdo con las normas EN 60.898 y EN 60947.2, respectivamente. Permiten realizar la protección de las personas para longitudes mayores que con la curva C,

Se usa en:

- Protección de conductores.
- Principalmente en instalaciones de edificios de viviendas con limitaciones.

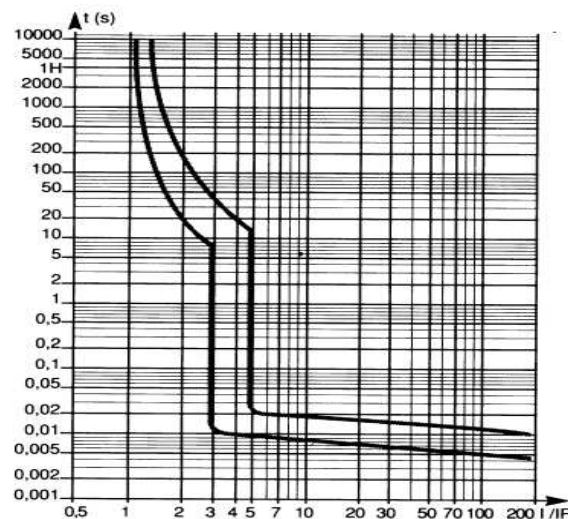


Figura 1.7: Curva característica de los breakers tipo B

Fuente:

http://www.netcom.es/pepecu/protecciones/4_6%20Magnetotermicos.htm

b) CURVA C.

Estos breakers actúan entre 1,13 y 1,45 veces la intensidad e corriente nominal en su zona térmica y en su

zona magnética entre 5 In y 10 In, o 7 In y 10 In, según el tipo de aparato, de acuerdo con las normas EN 60.898 y EN 60947.2, respectivamente. Se aplican para evitar los disparos intempestivos, en el caso de la protección de receptores, que presentan, una vez en servicio, picos de corriente de cierta consideración. Se utilizan en las instalaciones de líneas-receptores.

- Protección de conductores.
- Uso domiciliario sin limitaciones.
- Aplicación en instalaciones con elevadas intensidades de conexión o arranque (Motores).

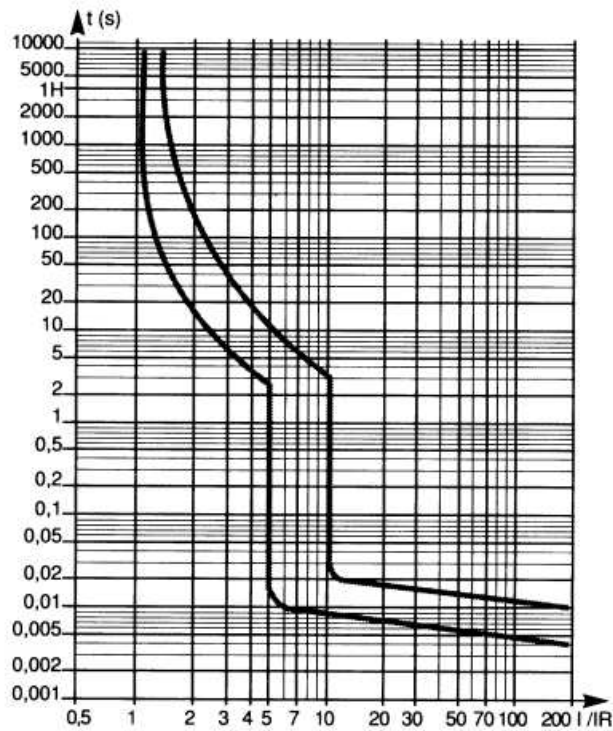


Figura 1.8: Curva característica de los breakers tipo C

Fuente:

http://www.netcom.es/pepecu/protecciones/4_6%20Magnetotermicos.htm

c) CURVA D.

Estos breakers actúan en la zona térmica con sobrecargas comprendidas entre $1,1$ y $1,4 I_n$ y en su zona magnética actúan entre $10 I_n$ y $14 I_n$, de acuerdo con las normas EN 60.898 y EN 60947.2.

Usado en:

- Protección de conductores.

- Uso industrial con picos de corriente de inserción y arranque elevados (transformadores, capacitores, etc.).

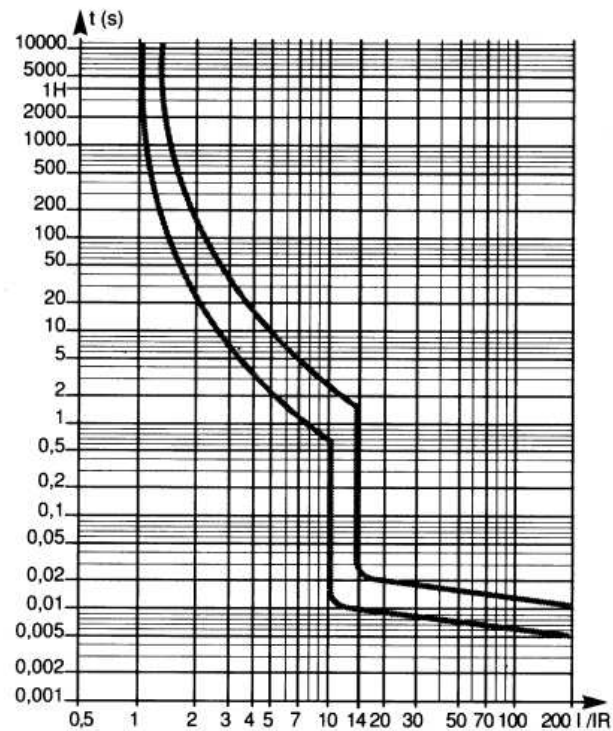


Figura 1.9: Curva característica de los breakers tipo D

Fuente:

http://www.netcom.es/pepeocu/protecciones/4_6%20Magnetotermicos.htm

d) CURVA MA.

Curva de disparo magnético exclusivamente, con un valor de 12 In, de acuerdo con la norma EN 60947.2. Se utilizan para la protección de motores.

Los interruptores automáticos equipados con esta curva no son interruptores magneto-térmicos, ya que carecen de protección térmica.

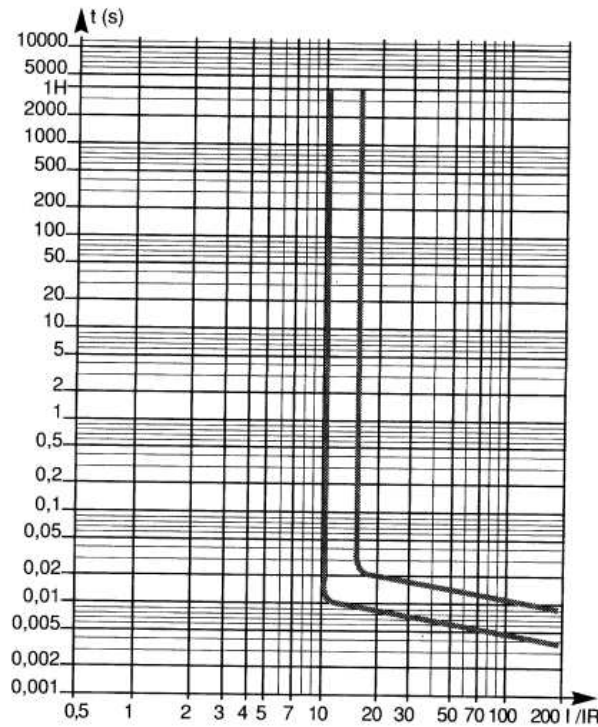


Figura 1.10: Curva característica de los breakers tipo MA

Fuente:

http://www.netcom.es/pepecu/protecciones/4_6%20Magnetotermicos.htm

e) CURVA Z.

Estos breakers actúan entre 2,4 In y 3,6 In, de acuerdo con las normas EN 60.898 y EN 60947.2. Se utilizan para proteger instalaciones con receptores electrónicos. [7]

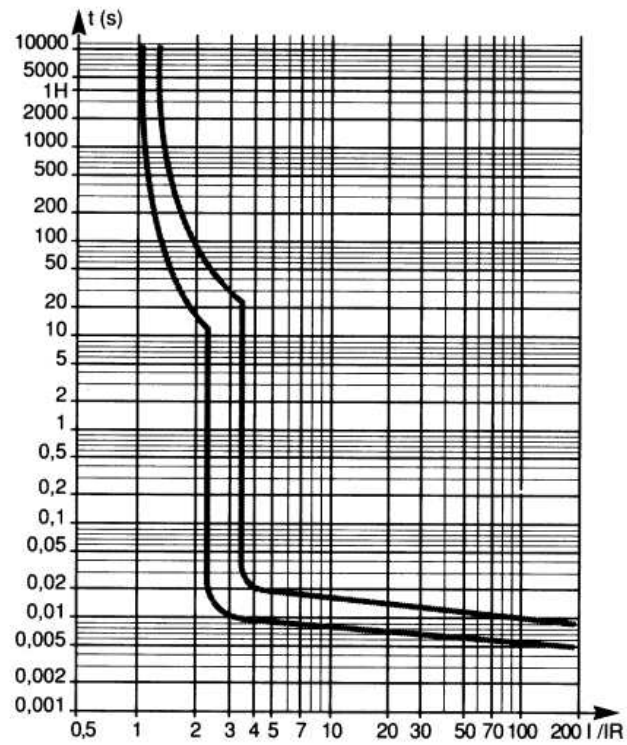


Figura 1.11: Curva característica de los breakers tipo Z

Fuente:

http://www.netcom.es/pepeocu/protecciones/4_6%20Magnetotermicos.htm

CAPÍTULO II

SELECCIÓN DE PROTECCIÓN.

2.1 PROTECCION CONTRA SOBRE CARGA.

2.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN CONTRA LAS SOBRECARGAS.

Las características de funcionamiento de un dispositivo que protege contra sobrecargas deben satisfacer las dos condiciones siguientes:

$$1^{\circ}) I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$2^{\circ}) I_2 \leq 1,45 I_Z$$

Donde I_B : es la corriente nominal del circuito. I_Z : es la máxima corriente admisible. I_n : es la corriente nominal del dispositivo de protección (para los dispositivos de protección regulables, I_n es la corriente de regulación escogida). I_2 : es la corriente convencional de disparo del circuito.

Para interruptores termo-magnéticos:

$$I_2 = 1,45 I_n \text{ (para interruptores domésticos)}$$

$$I_2 = 1,30 I_n \text{ (para interruptores industriales)}$$

Para fusibles, la característica equivalente a la I_2 de los interruptores termo-magnéticos es la denominada I_f (corriente de funcionamiento) que es la corriente que asegura la fusión del fusible en un tiempo convencional de 1 o 2 horas.

Para estas condiciones se podría tener varios valores de protección por ello para una correcta elección se debe consultar el NEC ya que este indica el valor apropiado de la protección para cada caso. En muchas ocasiones indica que el valor de la protección debe ser no mayor a 1.25 veces la corriente nominal del circuito esto quiere decir que para una corriente nominal de 15 (A) la protección debe ser de 18.75 pero como no existe una protección para ese caso se elige 20 (A) ya que es el mas cercano

2.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN CONTRA LOS CORTOCIRCUITOS.

Todo dispositivo que asegure la protección contra los cortocircuitos debe responder a las dos condiciones siguientes:

- 1º) Su poder de corte (P_{dc}) debe ser como mínimo igual a la corriente de cortocircuito máxima ($ICC_{máxima}$), supuesta en el punto donde está instalado. Se admite un dispositivo que posea un poder de corte inferior, con la condición de que otro aparato protector que tenga el necesario poder de corte sea instalado aguas arriba. En este caso, las características de los dispositivos deben estar coordinadas de tal forma que la energía que dejan pasar los dispositivos no sea superior a la que pueden soportar sin perjuicio, el dispositivo situado aguas abajo y las canalizaciones protegidas por estos dispositivos.

$$P_{dc} > ICC_{máxima}$$

- 2º) El tiempo de corte de toda corriente que resulte de un cortocircuito que se produzca en un punto cualquiera del circuito, no debe ser superior al tiempo que tarda en alcanzar la temperatura límite admisible por los conductores. Para los cortocircuitos de una duración (t) como máximo igual a cinco segundos, la duración necesaria para que una corriente de cortocircuito eleve la temperatura de los conductores al límite admisible en servicio normal al valor límite, puede calcularse, en primera aproximación, por la fórmula:

$$I^2 t_{\text{linea}} \leq I^2 t_{\text{conductor}} = K^2 S^2$$

t = es la duración en segundos.

S = es la sección en mm².

I = es la corriente de cortocircuito efectiva en A, expresada en valor eficaz.

k = cte. para cada tipo de cable (conductor y aislamiento) la cual es cociente del voltaje pico y el voltaje máximo y se obtiene en un laboratorio mediante pruebas

	Aislamiento de los conductores						Mineral	
	PVC 70°C ≤ 300 mm ²	PVC 70°C > 300 mm ²	PVC 90°C ≤ 300 mm ²	PVC 90°C > 300 mm ²	PR/EPR	Goma 60 °C	Con PVC	Desnudo
	Temperatura inicial °C	70	70	90	90	90	60	70
Temperatura final °C	160	140	160	140	250	200	160	250
Material del conductor								
Cobre	115	103	100	86	143	141	115 ^{*)}	135
Aluminio	76	68	66	57	94	93	-	-
Conexiones soldadas con estaño para conductores de cobre	115	-	-	-	-	-	-	-
^{*)} Este valor se debe utilizar para cables desnudos expuestos al contacto. NOTA 1 Para duraciones muy cortas (< 0,1 s) donde la asimetría de la intensidad es importante y para dispositivos limitadores de la intensidad, k ² S ² debe ser superior a la energía (I ² t) que deja pasar el dispositivo de protección, indicada por el fabricante. NOTA 2 Otros valores de k están en estudio para: - los conductores de pequeña sección (especialmente para secciones inferiores a 10mm ²); - las duraciones de cortocircuitos superiores a 5s; - otros tipos de conexiones en los conductores; - los conductores desnudos. NOTA 3 La corriente nominal del dispositivo de protección contra los cortocircuitos puede ser superior a la corriente admisible de los conductores del circuito. NOTA 4 Los valores de esta tabla están basados en la norma UNE 211003-1.								

Tabla 2.1: Valor de la constante K según el conductor y el tipo de aislamiento

Fuente:

http://www.netcom.es/pepecu/protecciones/4_6%20Magnetotermicos.htm

En el caso de conductores para las intensidades de cortocircuito de muy corta duración hay que referirse a las características $I^2 t$ facilitadas por el fabricante.

Esta condición 2, se puede transformar, en el caso de instalar un interruptor termo-magnético, en:

$$I_{ccmín} > I_m$$

Siendo:

$I_{ccmín}$ = corriente de cortocircuito mínima que se calcula en el extremo del circuito protegida por el interruptor automático.

I_m = corriente mínima que asegura el disparo magnético, por ejemplo, para un breaker de uso doméstico y con curva C, se tiene: $I_m = 10 I_n$.

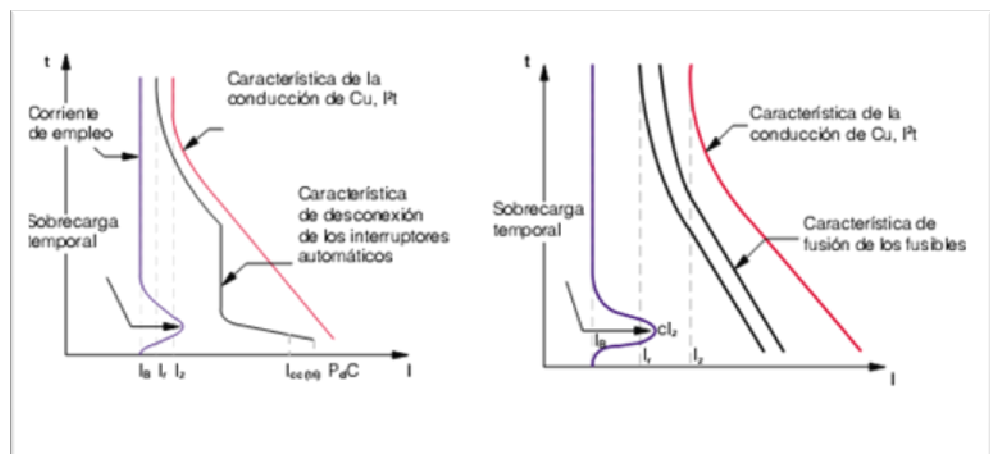


Figura 2.1: Curvas de protección de cortocircuitos

Fuente: <http://www.netcom.es>

De igual forma que la protección contra sobrecarga, puede haber varios valores a elegir por lo tanto se debe consultar el NEC para una correcta elección

2.3 SELECCIÓN BREAKER O FUSIBLE.

Estos dos elementos de protección puede ser usado para la protección contra sobre-corrientes y cortocircuitos, Es decir que aparentemente se puede usar cualquiera de los dos para proteger un circuito, cable o aparato eléctrico debido a que su función básica es la de abrir un circuito. En esta sección tenemos los siguientes puntos que deben ser tomados en cuenta para elegir uno de ellos.

2.3.1 IMPORTANCIA DEL CIRCUITO

Este punto se encuentra muy ligado a la parte de costos debido a que si un circuito a proteger es de vital importancia que se restablezca la conexión después de producirse su apertura o si requiere de características termo magnéticas entonces la mejor elección sería un breaker ya que el tiempo en que los procesos se detienen puede producir problemas técnicos o pérdidas por parada de producción

Un fusible después de haber operado debe ser reemplazado, un breaker en cambio solo se vuelve a cerrar tomando las debidas precauciones previamente.

Pero como se analizó anteriormente, el tipo de breaker dependerá de sus características de tensión, corriente de apertura, curva de operación etc.

2.3.2 UBICACIÓN DE LA PROTECCIÓN.

Muchas veces la protección debe ubicarse en lugares que no son favorables para su función. Si por ejemplo una protección debe ser ubicada en una atmosfera inflamable dicho elemento no puede provocar un arco eléctrico porque podría producir una explosión o un incendio. En estos casos un fusible es el más adecuado gracias a que por su características de funcionamiento no produce arco eléctrico sin embargo existen tipos de breakers que están contruidos de tal forma que su operación no produce arco.

Sin embargo como se describe en la norma NEC artículo 500-501-502-503 para las protecciones en lugares clase 1 2 3 deben colocarse envolventes herméticos adecuados para aislar el arco

del ambiente, protegerlos de polvo y materiales corrosivos y así evitar posibles incendios o daño del dispositivo que produzca un mal funcionamiento.

2.3.3 TIPO DE CURVA

La forma de curva que tiene el dispositivo es una de los puntos más importantes que deben ser tomados en consideración debido a que dependiendo de la forma en que se debe proteger se elige una curva de operación. Si el circuito a proteger tiene características específicas de cortocircuito y sobrecarga las cuales las cumple un breaker o un fusible en especial debe usarse ese y tratar de cumplir con los demás puntos mencionados.

2.4 EJEMPLO DE APLICACIÓN.

El diagrama que se presentara a continuación se refiere a 4 motores que controlan varios procesos dentro de una industria.

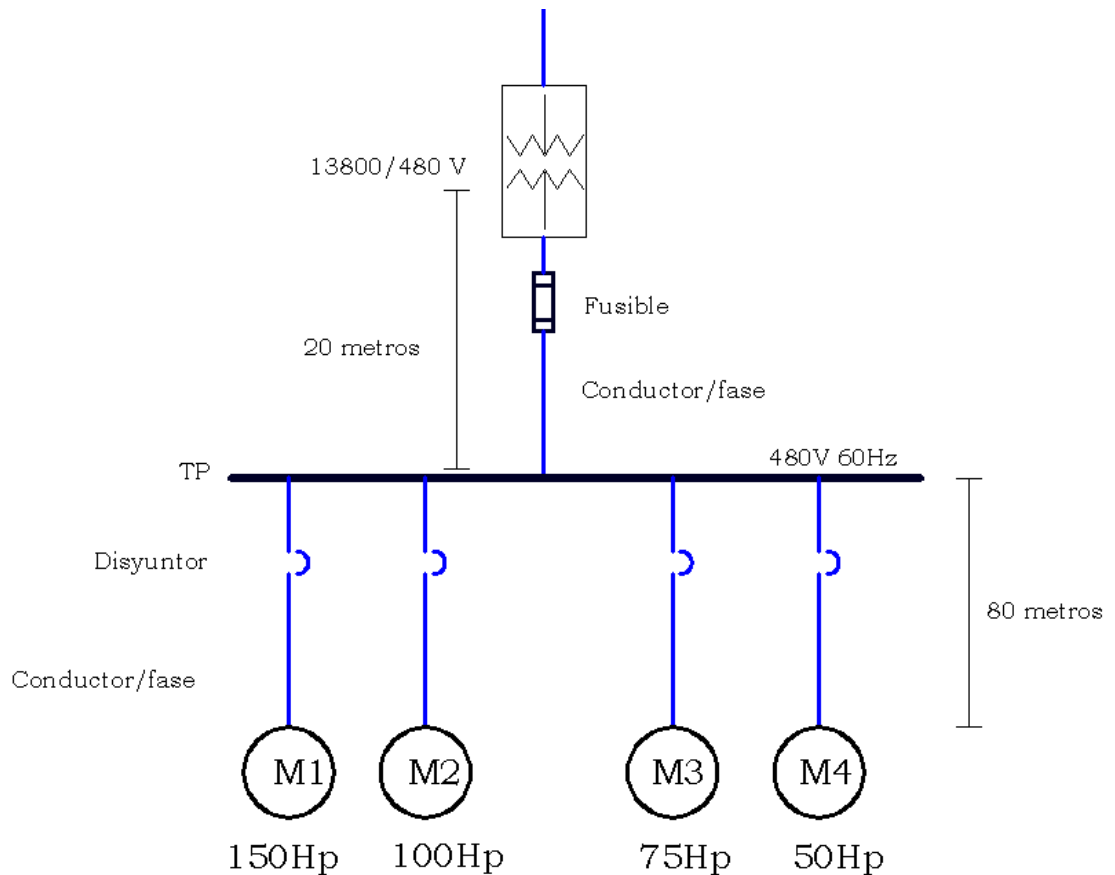


Figura 2.2: Diagrama de Diseño Bajo Estudio

2.4.1 ASPECTOS DEL DISEÑO QUE SE DESEA SOLUCIONAR.

Se debe indicar cual protección utilizarían los motores de diferentes capacidades los cuales controlan procesos que no se encuentran expuestos a sobrecargas en un proceso químico de ambiente volátil inflamable (Etileno) cuyo proceso no puede ser detenido ya que su inesperado cese de actividad detiene la producción en un 30 %. Su funcionamiento debe ser continuo y solo es detenido una vez al día.

Los dos primeros motores son usados y fueron transferidos de otra área con el mantenimiento correspondiente.

Se pretende usar un solo panel general de control para los motores el cual se encuentra 5 metros del transformador.

Cada motor tiene su control independiente pero la parada de uno de ellos detiene la producción de los procesos asociados a los 4 motores.

2.4.2 ESTUDIOS REALIZADOS.

Se realizó el estudio de flujo de potencia para poder obtener los valores de corriente nominal en todos los puntos del sistema. Estos datos permiten poder obtener el conductor apropiado para cada parte del circuito. A continuación se muestra la tabla 1 que indica los valores obtenidos en el estudio. Sus valores están dados sin considerar pérdidas y son valores a los que idealmente debe trabajar el sistema.

Elementos	Potencia	Corriente nominal
M1	111,9 K	182,87 A
M2	74,6 K	97,56 A
M3	55.95 K	73,15 A
M4	37.30 K	48,77 A

Tabla 2.2: potencia y corriente nominal de los motores M1, M2, M3 y M4

2.4.3 NORMAS USADAS.

La norma usada para la selección de protecciones, conductores y capacidades fue la norma NOM. 001 SEDE que es una norma mexicana.

No usamos una norma ecuatoriana por la dificultad de poder poseerla.

2.4.4 SELECCIÓN DE CONDUCTORES

Según la Norma NOM. 001 SEDE artículo 430-22 para un conductor que alimenta a un solo motor, su capacidad tiene que ser 125% la corriente nominal del motor. El conductor del transformador a Tp es calculado según la norma NO. 001 SEDE artículo 310 para conductores de menos de 2000 voltios.

Ubicación	Tipo 1 conductor por fase	Distancia
Desde M1 a Barra (Tp)	AWG 250 TW 215	80m
Desde M2 a Barra (Tp)	AWG 2/0 TW 145	80m
Desde M3 a Barra (Tp)	AWG 1 TW 110	80m
Desde M4 a Barra (Tp)	AWG 4 TW T0	80m

Tabla 2.3: Conductores a usar en el ejemplo

2.4.5 PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGA.

Son seleccionados siguiendo la norma NOM 001 SEDE 430-32 para motores. Indica que se puede seleccionar una protección cuya disparo no sea mayor a 1.25 veces la I nominal como se muestra en la Tabla 2.3.

Elementos	Corriente nominal (A)	Calculo *1,25	Protección no mayor a (A)
M1	146,3	182,875	200
M2	97,56	121,95	125
M3	73,15	91,4375	100
M4	48,77	60,9625	60

Tabla 2.4: Cálculos de protección

2.4.6 PROTECCIÓN CONTRA CORTOCIRCUITO.

La protección debe ser capaz de soportar la corriente de arranque cumpliendo con el artículo 430-32 de la SEDE 001. Este valor no debe sobrepasar los valores de la Tabla 430-152 de la norma de la SEDE 001.

Un solo dispositivo puede cumplir como protección para ambas clases de fallas, en este caso si están protegidos contra sobrecarga se considera protegido contra cortocircuito según el artículo 430-55. Protección combinada contra sobre corriente de la SEDE 001.

2.4.7 CONSIDERACIONES PARA LA SELECCIÓN

2.4.7.1 CLASE DE ZONAS.

Se debe tomar en cuenta es el tipo de zona en que se encuentra el dispositivo a proteger ya sea zona clase 1, clase 2 o clase 3. Esto nos ayuda a definir el tipo de protección que podemos usar según la norma SEDE 001, cada zona es distinta dependiendo del nivel de peligro y su ambiente.

Las áreas se clasifican dependiendo de las propiedades de los vapores, líquidos o gases inflamables, o de polvos o fibras combustibles o de fácil ignición que puedan estar presentes, así como la posibilidad de que se encuentren en cantidades o concentraciones inflamables o combustibles. Debido a que el etileno es líquido inflamable que produce vapor que mezclado con aire puede incendiarse o explotar, el ambiente para los motores 1 y 2 es considerado Clase 1.

Según el artículo 501-6, la protección debe estar en envolventes y, en cada caso el conjunto de la envolvente y los aparatos encerrados, deben estar aprobados como un ensamble completo para uso en áreas Clase I por lo tanto se tienen las siguientes posibilidades.

2.4.7.2 CONDICIONES PARA EL USO DE BREAKERS:

- La interrupción de la corriente eléctrica ocurra dentro de la cámara herméticamente sellada que evite la entrada de gases y vapores.
- La interrupción de corriente eléctrica ocurra dentro de una cámara a prueba de explosión sellada de fábrica, aprobada para esa área.

2.4.7.3 CONDICIONES PARA EL USO DE FUSIBLES

- Pueden utilizarse fusibles si se colocan en envolventes aprobados para el área donde se instalen.
- También pueden utilizarse fusibles en envolventes de uso general, si están aprobados para el uso y son del tipo en el cual el elemento de operación se encuentra sumergido en aceite u otro líquido aprobado, o si el elemento de operación está encerrado en una cámara herméticamente sellada contra la entrada de gases y

vapores o el fusible es del tipo limitador de corriente eléctrica, con filamento inmerso en arena y sin indicador.

2.4.7.4 TIEMPO FUERA DE SERVICIO, PRODUCCIÓN Y PROBABILIDAD DE FALLA.

Según lo descrito en el ejemplo, los procesos que dependen de los motores no pueden estar largos periodos de tiempo fuera de servicio debido a la pérdida de producción. Este valor puede ser muy alto dependiendo de qué tan importante es el proceso para el producto final por lo tanto todo inca que el funcionamiento de los motores debe ser restablecido lo más pronto posible para así poder continuar con la producción y tener la menor cantidad de pérdidas y retrasos por la falla. Por este motivo tenemos las siguientes opciones para la protección.

- Si se desea usar fusibles se debe tener la disponibilidad de repuestos para que cuando se encuentre el motivo de la falla y se halla solucionado el problema, estos puedan ser reemplazados y así restablecer el servicio.
- En el caso de breakers no se necesitan repuestos a menos que la falla haya sido tan considerable como para dañar o quemar al breaker.

- Cabe recalcar que si un aparato es usado es más propenso a fallas, por lo que el dispositivo de protección debe ser adecuado para posibles fallas frecuentes.

2.4.7.5 ARRANQUES Y TIEMPO EN SERVICIO.

Como los motores van a tener un funcionamiento continuo no es propenso a arranques y paradas constantes a menos que sea indispensable o por fallas en el proceso esto ayuda a la selección de protección con la curva adecuada.

2.4.8 SELECCIÓN.

El valor de la protección se elige con un valor cercano a la corriente nominal la cual debe ser de un valor normalizado como lo indica el artículo 240.

Con esto se indica los valores de la protección en la Tabla 2.4

Motores	Corriente (A)	Sobrecarga (25 %)	Corriente de arranque (A)	Proteccion
M1	146.3	182.875	731.5	200
M2	97.56	121.95	487.8	125
M3	73.15	91.4375	365.75	100
M4	48.77	60.9625	243.85	60

Tabla 2.5: Selección de protección.

Cabe recalcar que en algún momento los motores podrían necesitar actuar bajo sobrecarga debido a una falla en el sistema aunque no haya sido diseñado para funcionar bajo estas circunstancias pero las indicaciones de funcionamiento indican que no se debe parar el proceso a menos que sea necesario por lo tanto se permite una sobrecarga no mayor al 25 % de la nominal.

Como ya se ha indicado todos los aspectos que se deben tomar en cuenta lo que falta es comparar las curvas de tiempo vs corriente como se muestra en las Figuras 2.11, 2.12, 2.13 y 2.14 para saber cual es más efectivo en el momento de detectarse la falla y así poder seleccionar nuestro dispositivo

Fallas en los motores				
Fallas	falla M1	falla M2	falla M3	falla M4
I 3f	6,576	5,234	4,097	2,552
I L-L	6,212	4,877	3,774	2,315
I L-N	7,856	6,664	5,523	3,740

Tabla 2.6: fallas calculadas de los motores M1, M2, M3, y M4.

Las protecciones son seleccionadas siguiendo la norma NOM 001 SEDE 430-32 para motores. Indica que se puede seleccionar un disyuntor cuyo disparo no sea mayor a 1.25 veces la corriente nominal.

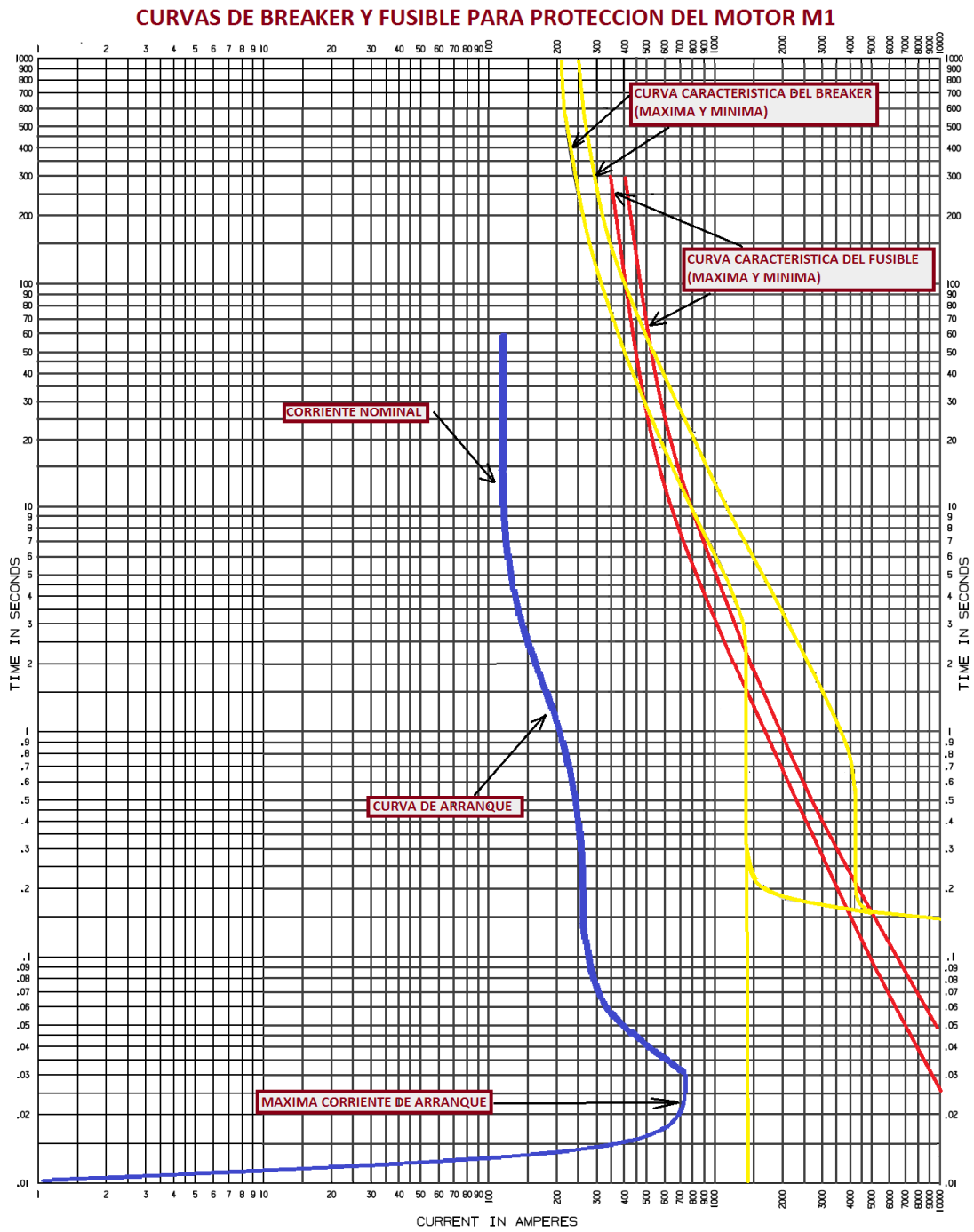


Figura 2.7: Selección de la protección del motor M1

CURVAS DE BREAKER Y FUSIBLE PARA PROTECCION DEL MOTOR M2

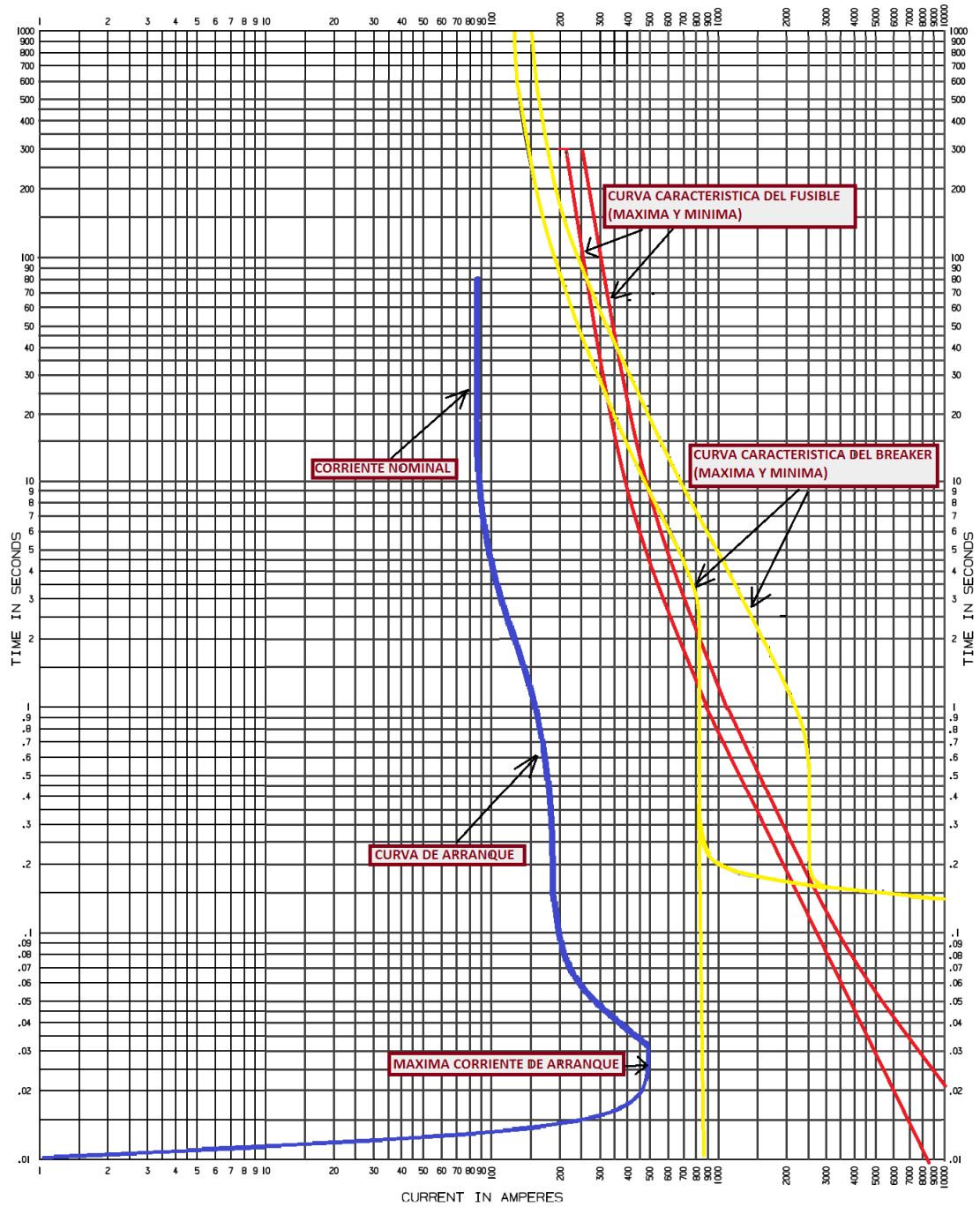


Figura 2.8: Selección de la protección del motor M2

CURVAS DE BREAKER Y FUSIBLE PARA PROTECCION DEL MOTOR M3

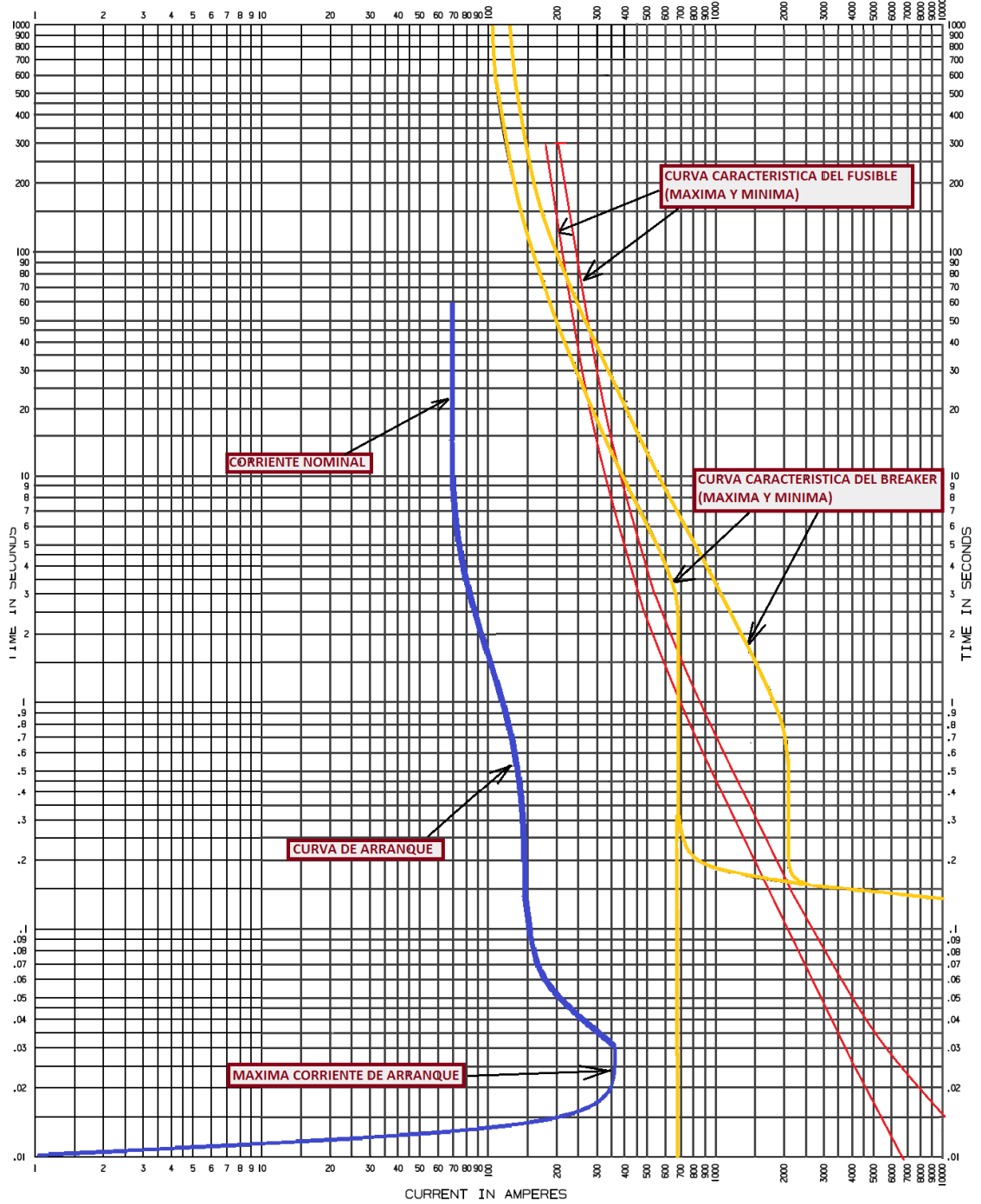


Figura 2.9: Selección de la protección del motor M3

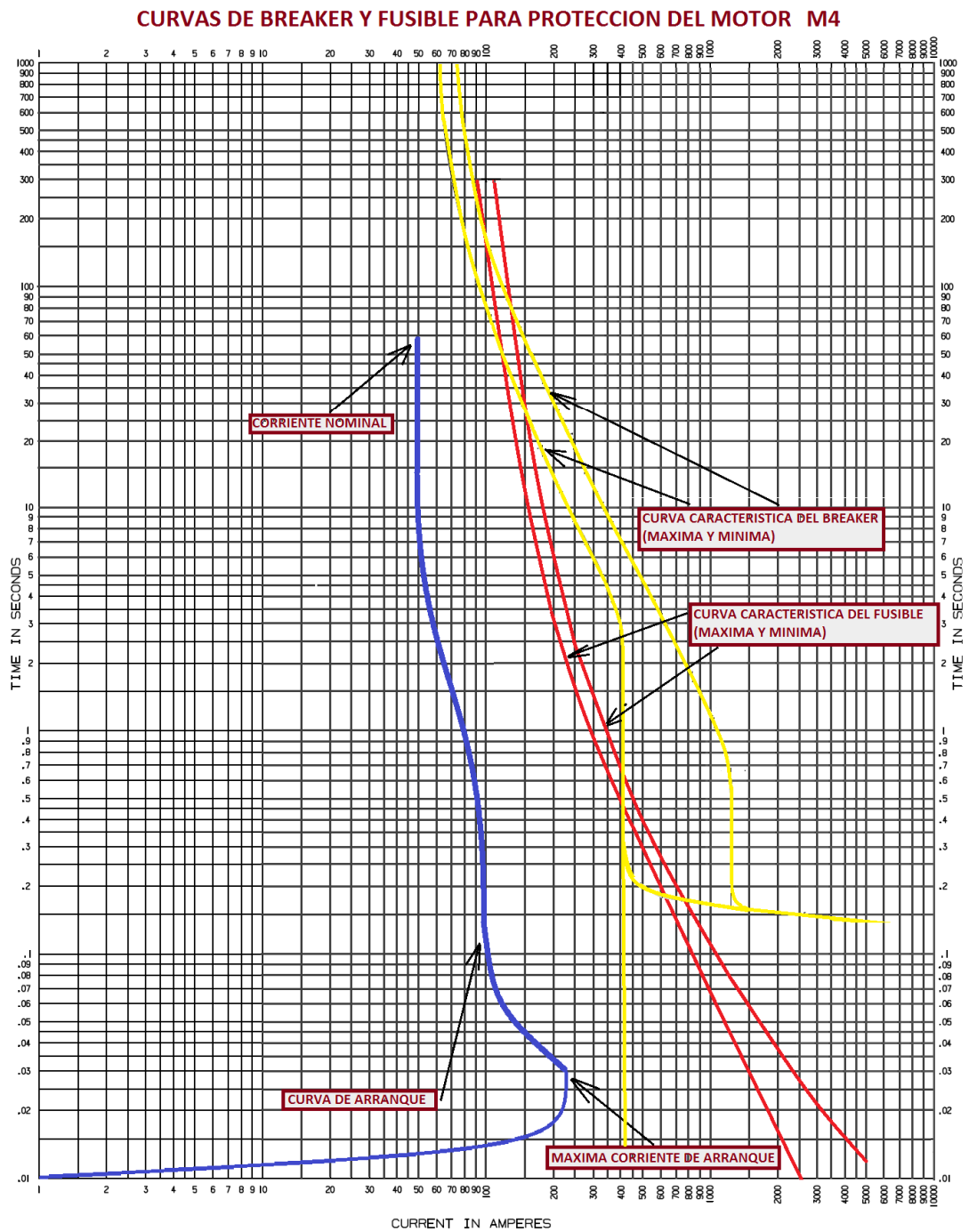


Figura 2.10: Selección de la protección del motor M4

En las curvas de las Figuras 2.11, 2.12, 2.13 y 2.14 se puede observar que las curvas de arranque del motor se encuentran debajo de la curva de la protección lo cual indica que los motores no tendrán problemas al iniciar el proceso ni tampoco lo tendrán a lo largo de su proceso. En el momento de una sobrecarga de hasta un 25%, la protección no actuara por lo tanto en ambos casos la protección funciona correctamente.

Ahora desde el punto de vista de la seguridad industrial y sobre todo con lo que respecta a la protección de los obreros que operan en los lugares en que se encuentra la protección, se debe elegir aquella que mejor responda ante las fallas por lo tanto podemos concluir lo siguiente:

- La curva del breaker es más eficaz en aquellos momentos en que podrían ocurrir las distintas fallas mostradas en la Tabla 2.5. Si tomamos cualquier caso de falla ya sea trifásica o de fase a tierra la corriente es tan grande que el disparo es muy rápido, esto quiere decir que el breaker las despejaría de una manera inmediata y por su característica de instantáneo no permite que el tiempo de arco sea mayor que el que se produciría con el fusible debido especialmente a que el tiempo de pre arco es menor.
- En el caso de producirse una sobrecarga en corrientes poco más altas que la permitida en sobrecarga como indica la Tabla 2.4 sería

despejada por el fusible en cambio el breaker no despejaría inmediatamente pero si lo hace al cabo de un corto tiempo.

- Como la protección está ligada a la sobrecarga de 25% y para las fallas indicadas en la Tabla 2.5 la opción indicada es la protección mediante breaker
- Desde el punto de vista de la seguridad de personas la protección mediante breakers es la indicada sobre todo en el caso de fallas la que el breaker la despeja de manera inmediata
- En el caso de los arcos este breaker debe tener el envolvente necesario para evitarlos (breaker inmersos en aceite) por el hecho de que el sistema se encuentra en un ambiente volátil explosivo y sobre todo por que dicho arco puede ser peligroso para la vida humana en el caso de que en el momento de la falla este dispositivo sea manipulado por personal de mantenimiento y causar quemaduras graves y hasta la muerte.

2.4.9 CONCLUSION DEL EJEMPLO

Por lo dicho los dispositivos usados serán breakers con la capacidad indicada en la Tabla 2.4 y con envolventes adecuados para evitar arcos. Aunque el fusible cumpla con lo indicado en la norma el breaker provee una mejor protección al motor y a las personas cercanas a estos dispositivos siendo este el principal motivo de la elección de la protección

CAPÍTULO III

MARCO LEGAL.

3 REGLAMENTOS

3.1 REGLAMENTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD INDUSTRIAL

REGISTRO OFICIAL NO 249.

3.1.1 ARTICULO 5.- TOMAS DE TIERRA Y CONDUCTORES DE PROTECCION.

Las tomas de tierra y los conductores de protección No debe intercalarse en los conductores de protección: fusibles, interruptores o disyuntores.

3.1.2 ARTICULO 23.- TRABAJOS CON SOLDADURASELECTRICAS

Todo grupo de soldadura debe llevar en su punto de alimentación un interruptor y fusibles de protección u otro dispositivo similar.

3.1.3 ARTICULO 28.- SUSTITUCION DE FUSIBLES

Para la sustitución de fusibles, se quitará la tensión y se verificará la ausencia en ambos lados del elemento porta-fusible. Al reponer el

servicio el operario se situará en forma que no pueda ser alcanzado por posibles arcos eléctricos.

3.2 REGLAMENTOS INTERNACIONALES

3.2.1 NORMA IEC 364 SOBRE LA ELECCIÓN DE DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN.

Establece que los circuitos de una instalación (salvo algunas excepciones) deben estar provistos de un equipo de protección adecuado, para interrumpir la corriente de sobrecarga antes de que provoque un calentamiento excesivo que dañe el aislamiento del cable o el equipo conectado en el circuito y también establece en forma genérica la obligación de tener la protección contra la sobrecarga, en todos los puntos en los cuales pudiera presentarse esta falla.

3.2.2 NORMA NFPA 70B SOBRE LOS PELIGROS DE UNA MALA SELECCIÓN DE PROTECCIÓN.

La corriente de cortocircuito puede ocasionar la explosión de un breaker o fusible si estos tienen una característica de disparo inadecuada.

3.2.3 NORMA MEXICANA NOM-001-SEDE 2005

3.2.3.1 ARTICULO 240 SOBRE ALAMBRADO Y PROTECCIÓN.

240-6. CAPACIDADES NOMINALES DE CORRIENTE ELÉCTRICA NORMALIZADAS.

Para selección de fusibles y breakers de disparo inverso, se deben considerar los siguientes valores normalizados de corriente eléctrica nominal: 15 A, 20 A, 25 A, 30 A, 35 A, 40 A, 45 A, 50 A, 60 A, 70 A, 80 A, 90 A, 100 A, 110 A, 125 A, 150 A, 175 A, 200 A, 225 A, 250 A, 300 A, 350 A, 400 A, 450 A, 500 A, 600 A, 700 A, 800 A, 1 000 A, 1 200 A, 1 600 A, 2 000 A, 2 500 A, 3 000 A, 4 000 A, 5 000 A y 6 000 A. Se consideran como tamaños normalizados los fusibles de 1 A, 3 A, 6 A, 10 A y 601 A.

Existen breakers de disparo ajustable se debe aplicar el máximo ajustable posible.

240-8. FUSIBLES O BREAKERS DE CIRCUITOS EN PARALELO.

Los fusibles, breakers de circuitos o combinaciones de ambos no se deben conectar en paralelo. Excepción: Los interruptores automáticos o fusibles montados en paralelo en fábrica y aprobados como una sola unidad.

240-20. LOCALIZACIÓN: CONDUCTORES NO PUESTOS TIERRA

Un fusible o breaker, debe estar conectado en serie con cada conductor de fase.

Breaker como dispositivo de sobrecorriente debe abrir todos los conductores de fase del circuito

240-40. MEDIOS DE DESCONEXIÓN PARA LOS FUSIBLES.

Se deben instalar medios de desconexión en el lado de suministro de todos los fusibles en circuitos de más de 150 V a tierra y en los fusibles de cartucho de cualquier tensión eléctrica, cuando sean accesibles a personal no calificado.

240-41. PARTES QUE PUEDAN FORMAR ARCO ELÉCTRICO
O MOVERSE DE REPENTE.

Los fusibles e interruptores deben estar situados o blindados de manera que las personas que los manipulen no se quemen ni sufran otro tipo de daño.

240-60. FUSIBLES Y PORTA-FUSIBLES DE CARTUCHO.

Tensión eléctrica máxima - De 300 V. Los fusibles y porta-fusibles de cartucho del tipo de 300 V no se deben usar en circuitos de más de 300 V entre conductores.

Los porta-fusibles deben estar diseñados de modo que resulte difícil poner un fusible de cualquier clase.

240-51. FUSIBLES CON BASE EDISON.

Los fusibles de tapón con base de tipo Edison se deben usar sólo como recambios en las instalaciones existentes, cuando no haya evidencias de que se modificaron

240-52. PORTA-FUSIBLES BASE EDISON.

Los porta-fusibles base Edison deben instalarse sólo cuando están hechos para aceptar fusibles del tipo S mediante el uso de adaptadores

240-53. FUSIBLES DE TIPO S.

Los fusibles de Tipo S deben clasificarse a no más de 127 V y de 0 a 15 A, de 16 A a 20 A o de 21 A a 30 A. no se deben intercambiar con fusibles de menor capacidad nominal.

240-54. FUSIBLES, ADAPTADORES Y PORTA-FUSIBLES DE TIPO S

Los adaptadores de Tipo S se deben poder instalar en porta-fusibles con base Edison de tal forma que sean sólo para montar con fusibles de Tipo S, no desmontables, no manipulables e intercambiables.

240-60. FUSIBLES Y PORTA-FUSIBLES DE CARTUCHO.

Los fusibles y porta-fusibles de cartucho del tipo de 300 V no se deben usar en circuitos de más de 300 V entre conductores, no pueden ser intercambiables por fusibles de otro valor y deben

estar claramente marcados con datos que permitan el correcto uso de ellos.

240-61. CLASIFICACIÓN DE LOS FUSIBLES Y PORTA-FUSIBLES DE CARTUCHO.

Se deben clasificar por su tensión y corriente eléctricas nominales. Se permite usar fusibles de 600 V nominales o menos a tensiones eléctricas iguales o inferiores a su tensión eléctrica nominal.

240-80. MODO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS BREAKERS.

Los Breakers de circuitos deben ser de disparo libre y se deben poder abrir o cerrar manualmente.

240-81. INDICACIÓN DE LOS BREAKERS.

Los Breakers de circuitos deben indicar claramente si están en posición abierta “desconectado” o cerrada “conectado”.

240-82. BREAKERS NO MANIPULABLES.

Un Breaker debe estar diseñado de modo que cualquier alteración de su punto de disparo (calibración) o del tiempo necesario para

su funcionamiento, exija desmontar el dispositivo o romper un sello para realizar ajustes distintos a los previstos.

240-83. MARCADO DE BREAKERS.

Los Breakers deben estar marcados con su capacidad de corriente eléctrica nominal de forma duradera y visible después de instalarlos. Se permite que tales marcas sean visibles quitando una tapa o protección.

240-85. APLICACIONES DE LOS BREAKERS.

Se permite la instalación de un Breaker con tensión eléctrica nominal de 240 V o 480 V, en un circuito en el que la tensión eléctrica nominal entre dos conductores cualesquiera no supere la tensión nominal del Breakers.

240-92. UBICACIÓN EN EL CIRCUITO.

Un dispositivo de protección contra sobrecorriente debe conectarse en cada conductor del circuito no puesto a tierra en un lugar correcto.

3.2.3.2 ARTICULO 422 SECCION 28 SOBRE APARATOS ELECTRODOMESTICOS Y SIMILARES.

Aparatos eléctricos. Los aparatos eléctricos deben estar protegidos contra sobrecorriente y debe tomarse en cuenta las corrientes, potencias y tipo de aparato para la debida elección y ubicación de fusibles como protección.

3.2.3.3 ARTICULO 430 – MOTORES, CIRCUITOS DE MOTORES Y SUS CONTROLADORES

30-32. MOTORES DE SERVICIO CONTINUO

a) De más de 746 W (1 CP). Cada motor de servicio continuo de más de 746 W (1 CP) debe protegerse contra sobrecarga por uno de los medios siguientes:

1) Un dispositivo separado de sobrecarga que sea sensible a la corriente eléctrica del motor. La corriente eléctrica nominal o de disparo de este dispositivo no debe ser mayor que los por cientos de la corriente de placa a plena carga del motor, como sigue:

- Motores con factor de servicio indicado no menor que 1,15 125%
- Motores con indicación de elevación de temperatura no mayor que 40°C 125%
- Todos los demás motores 115%

430-36. USO DE FUSIBLES.

Cuando se utilicen fusibles para la protección de sobrecarga de los motores, se debe intercalar un fusible en cada conductor de fase. Asimismo intercalar un fusible también en el conductor puesto a tierra, cuando el sistema de alimentación es de tres hilos, tres fases, en corriente alterna con un conductor puesto a tierra.

430-37. DISPOSITIVOS QUE NO SEAN FUSIBLES.

Cuando se utilicen dispositivos que no sean fusibles para la protección contra la sobrecarga del motor, el número mínimo permitido y la ubicación de los dispositivos de sobrecarga, Breakers, deben estar de acuerdo con lo indicado tablas correspondientes.

430-38. NÚMERO DE CONDUCTORES ABIERTOS POR EL DISPOSITIVO DE SOBRECARGA.

Los dispositivos de protección contra sobrecarga de los motores que no sean fusibles, deben desconectar simultáneamente un

número suficiente de conductores de fase para interrumpir el flujo de la corriente eléctrica al motor.

3.2.3.4 ARTICULO 440 – SECCION 22 SOBRE APLICACIÓN Y SELECCION DE PROTECCION EN EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO Y DE REFRIGERACION.

Los dispositivos de protección contra cortocircuito y falla a tierra del circuito derivado para los motocompresores herméticos de refrigeración, deben ser capaces de transportar la corriente eléctrica de arranque del motor.

3.2.3.5 ARTÍCULO 501 SECCION 6 SOBRE LAS PROTECCIONES PARA AREAS PELIGROSAS CLASE I

Breakers y fusibles deben seguir las condiciones de tipo, envoltentes y ubicación para áreas de clase 1.

3.2.3.6 ARTICULO 502 SECCION 6 SOBRE LAS PROTECCIONES PARA AREAS PELIGROSAS CLASE II

Breakers y fusibles deben seguir las condiciones del tipo de envolvente que se debe usar y la correcta ubicación para áreas de riesgo clase de clase 2.

3.2.3.7 ARTICULO 503 SOBRE AREAS CLASE III

503-4. DESCONECTADORES, BREAKERS, CONTROLADORES DE MOTORES Y FUSIBLES CLASE III, DIVISIONES 1 Y 2.

Los desconectadores, Breakers, controladores de motores y fusibles, incluyendo, relés y dispositivos similares, instalados en áreas Clase III, Divisiones 1 y 2, deben estar en envolventes herméticas al polvo.

503-8. EQUIPO DE UTILIZACIÓN, CLASE III, DIVISIONES 1 Y 2

Desconectadores, breaker, controladores de motor y fusibles. Los desconectadores, interruptores automáticos, controladores de motor y fusibles, deben cumplir con lo indicado en 503-4.

3.2.3.8 ARTICULO 670 SECCION 4 SOBRE PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTE DE MAQUINARIA INDUSTRIAL.

Una máquina se puede considerar como una unidad individual. Cuando forme parte de la máquina, la protección contra sobrecorriente debe consistir de un breaker o de un juego de fusibles. No debe contradecir otros artículos.

3.2.3.9 ARTICULO 685 SECCION 16 Y SOBRE FUSIBLES Y BREAKERS USADOS COMO MEDIO DE DESCONECCION EN SISTEMAS ELECTRICOS INTEGRADOS.

Deben proveerse medios para desconectar un fusible de todas las fuentes de alimentación si aquél está energizado por ambas direcciones y está accesible a personal no calificado.

Siguiendo los artículos pertinentes los breakers pueden ser usados como medio de desconexión.

3.2.3.10 ARTICULO 695 SECCION 4 SOBRE BOMBAS CONTRA INCENDIOS.

No se permite instalar protección contra sobrecorriente en el secundario debe procurarse mantener su funcionamiento.

3.2.3.11 ARTICULO 710 SECCION 20 SOBRE PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTE EN EQUIPOS QUE OPERAN A TENSIONES ELECTRICAS MAYORES DE 600 V NOMINALES

Pueden colocarse relés de sobre corriente o fusibles para la protección contra sobrecorrientes en equipos que operan a tensiones eléctricas mayores de 600 V nominales. Debe conectarse un fusible en serie con cada conductor de fase.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE PELIGROS Y RIESGOS.

La posibilidad de que el cuerpo humano sea recorrido por la corriente eléctrica constituye un riesgo de electrocución.

En la sociedad industrial, la electricidad representa un riesgo invisible pero presente en la mayor parte de las actividades humanas.

Aunque la electricidad no es una causa frecuente de accidentes laborales, solamente un 2%, éstos suelen ser muy graves: del 4 al 8% de los accidentes de trabajo mortales son electrocuciones. [10]

4.1.1 EFECTOS POR UNA MALA SELECCIÓN DE UN FUSIBLE O INTERRUPTOR TERMO-MAGNETICO.

Estos elementos de protección son usados principalmente para la protección contra sobre-corrientes y cortocircuitos, se puede decir que podemos usar cualquiera de los dos para proteger un circuito, cable o aparato eléctrico debido a que su función básica que es la de abrir un

circuito. En la selección de uno de ellos muchas veces se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Costos del elemento de protección.
- Importancia del circuito.
- Ubicación de la protección.
- Tipo de curva

Por consecuencia de una mala selección de cualquiera de estos elementos es causa de muchos incendios y explosiones. Se estima que la principal causa de incendios en la industria se debe a un sistema eléctrico en malas condiciones de seguridad.

Sin embargo, es posible controlar el riesgo en las instalaciones eléctricas aplicando las normas de seguridad desde el momento del diseño del equipamiento eléctrico junto con unos buenos sistemas de verificación y control periódicos.

Para llevar a cabo la identificación de peligros hay que preguntarse tres cosas:

- a. ¿Existe una fuente de daño?
- b. ¿Quién (o qué) puede ser dañado?
- c. ¿Cómo puede ocurrir el daño?

4.2 ARTICULOS A CONSIDERAR SEGÚN LA NORMA ESTUDIADA.

240-6. Capacidad nominal de corrientes eléctricas normalizadas.

240-8. Coordinación de los sistemas eléctricos.

240-12. Localización: Conductores no puestos a tierra.

240-40. Medios de desconexión para los fusibles.

240-41. (a) (b). Partes que pueden formar un arco eléctrico o moverse de repente.

240-83. Marcado de Breakers.

4.3 ESTIMACIÓN DEL RIESGO

Para cada peligro detectado debe estimarse el riesgo, determinando la potencial severidad del daño y la probabilidad de que ocurra el hecho.

4.4 EFECTOS DE LA ELECTRICIDAD SOBRE EL ORGANISMO

HUMANO

Las consecuencias más graves se manifiestan cuando la corriente eléctrica pasa a través del sistema nervioso central o de otros órganos vitales como el corazón o los pulmones. En la mayoría de los accidentes

eléctricos la corriente circula desde las manos a los pies. Debido a que en este camino se encuentran los pulmones y el corazón, los resultados de dichos accidentes son normalmente graves. Los dobles contactos mano derecha- pie izquierdo (o inversamente), mano- mano, mano- cabeza son particularmente peligrosos. Si el trayecto de la corriente se sitúa entre dos puntos de un mismo miembro, las consecuencias del accidente eléctrico serán menores.

4.5 LOS ACCIDENTES PUEDEN SER DIRECTOS E INDIRECTOS.

4.5.1 ACCIDENTES DIRECTOS:

Son los provocados cuando las personas entran en contacto con las partes por las que circula la corriente eléctrica.: cables, enchufes, cajas de conexión, etc. Las consecuencias que se derivan del tránsito, a través del cuerpo humano, de una corriente eléctrica pueden ser las siguientes:

- Percepción como una especie de cosquilleo. No es peligroso.
- Calambrazo, en este caso se producen movimientos reflejos de retirada.

- Fibrilación ventricular o paro cardíaco. Es grave porque la corriente atraviesa el corazón.
- Tetanización muscular. El paso de la corriente provoca contracciones musculares.
- Asfixia: se produce cuando la corriente atraviesa los pulmones
- Paro respiratorio: se produce cuando la corriente atraviesa el cerebro.

4.5.2 ACCIDENTES INDIRECTOS:

Son los que, aun siendo la causa primera un contacto con la corriente eléctrica, tienen distintas consecuencias derivadas de:

- Golpes contra objetos, caídas, etc., ocasionados tras el contacto con la corriente, ya que aunque en ocasiones no pasa de crear una sensación de chispazo desagradable o un simple susto, esta puede ser la causa de una pérdida de equilibrio y una consecuente caída o un golpe contra un determinado objeto. A veces la mala suerte hace que este tipo de accidentes se cobren la vida de personas en contacto con tensiones aparentemente seguras.

- Quemaduras debidas al arco eléctrico. Pueden darse quemaduras desde el primer al tercer grado, dependiendo de la superficie corporal quemada y de la profundidad de las quemaduras. [11]

4.6 FUENTES DE INCENDIO POR UNA MALA SELECCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCION.

4.6.1 CORTO CIRCUITO.

Un cortocircuito se produce cuando la resistencia de un circuito eléctrico es muy pequeña, provocando que el valor de la corriente que circula sea excesivamente grande, debido a esto se puede llegar a producir la rotura de la fuente o la destrucción de los cables. También esto ocurre cuando unimos o se unen accidentalmente los extremos o cualquier parte metálica de dos conductores de diferente polaridad que hayan perdido su recubrimiento aislante, la resistencia en el circuito se anula y el equilibrio que proporciona la Ley de Ohm se pierde.

El resultado se traduce en una elevación brusca de la intensidad de la corriente, un incremento violentamente excesivo de calor en el cable. La temperatura que produce el incremento de la

intensidad de corriente en ampere cuando ocurre un cortocircuito es tan grande que puede llegar a derretir el forro aislante de los cables o conductores, quemar el dispositivo o equipo de que se trate si éste se produce en su interior, o llegar, incluso, a producir un incendio.

4.6.2 SOBRETENSIONES.

Las sobretensiones pueden producir descargas que, además de destruir o averiar seriamente el material, también pueden ser la causa de nuevas sobretensiones.

Muchas veces, los peligros de las sobretensiones no se deben solamente a su magnitud, sino también a la forma de onda. Si se realizan correctamente la instalación y las líneas de conexión están en buenas condiciones es poco probable que se produzcan sobretensiones. Las sobretensiones se producen tanto en instalaciones de baja como de alta tensión aunque, generalmente, en las primeras tienen menos importancia que en las últimas, debido a que en las instalaciones de alta tensión las propias condiciones de funcionamiento y de aislamiento favorecen la aparición de sobretensiones.

Cuando se realizan maniobras de aumento y disminución de carga se producen variaciones de tensión denominadas de maniobra. Una sobretensión de este tipo puede ser de corta o larga duración dependiendo del tipo de maniobra realizada.

La de corta duración es fuertemente amortiguada y puede presentar un rango de frecuencias que varía entre los 2 y los 10 Khz. Su origen puede estar en una maniobra de conexión o desconexión de carga. La sobretensión de larga duración es de varios mili segundos y puede llegar a ser mayor al minuto y su origen es generalmente por variaciones de carga en el sistema, sin embargo puede haber otras causas que den lugar a una sobretensión de este tipo; por ejemplo, un cortocircuito puede provocar transitoriamente una sobretensión que se clasificaría dentro de este grupo.

4.6.3 ARCO ELÉCTRICO.

Un arco eléctrico alcanza una temperatura de 3.500 grados Celsius.

Durante el tiempo de la descarga se produce una luminosidad muy intensa y un gran desprendimiento de calor. Ambos fenómenos, en caso de ser accidentales, pueden ser sumamente destructivos, como ocurre con la perforación de aisladores en las

líneas de transmisión de energía eléctrica en alta tensión o de los aislantes de conductores y otros elementos eléctricos o electrónicos.

Causas del Arco Eléctrico.

El arco puede ser iniciado por las siguientes causas:

Impurezas y Polvo.

Las impurezas y polvo en la superficie del aislamiento pueden proporcionar un camino para la corriente, permitiendo un destello y creando la descarga del arco a través de la superficie. Esto puede desarrollar un mayor arqueado.

Corrosión.

La corrosión de los equipos puede proporcionar impurezas en la superficie del aislamiento. La corrosión también debilita el contacto entre las terminales de los conductores incrementando la resistencia de contacto a través de la oxidación o alguna otra contaminación corrosiva.

La condensación del vapor y el goteo del agua pueden crear un camino en la superficie de los materiales aislantes. Esto puede generar la intensificación del potencial del arco de fase a fase.

Contactos Accidentales.

El contacto accidental con la exposición de las partes vivas puede iniciar el arco de una falla.

Caída de Herramienta.

La caída accidental de la herramienta puede causar un cortocircuito momentáneo, produciendo chispas e iniciando el arco.

Falla de los materiales aislantes.

El arco eléctrico también es causado por lo siguiente:

Utilización o diseño inapropiado del equipo.

Procedimientos de trabajo inapropiados.

4.7 VALORACION DE RIESGO

Los métodos de valoración de riesgos están unidos al estudio de la fiabilidad de los sistemas, los subsistemas y los componentes, además del estudio del comportamiento humano, siendo su objetivo fundamental anticiparse a los posibles sucesos no deseados, con el fin de tomar las medidas oportunas previamente.

La valoración de riesgos se deduce la necesidad de adoptar medidas preventivas:

- Eliminar o reducir el riesgo, mediante medidas de prevención en el origen, organizativas, de protección colectiva, de protección individual o de formación e información a los trabajadores.
- Controlar periódicamente las condiciones, la organización y los métodos de trabajo y el estado de salud de los trabajadores.

4.8 PROBABILIDAD DE QUE OCURRA EL DAÑO.

La probabilidad de que ocurra el daño se puede graduar, desde baja hasta alta, con el siguiente criterio:

- **Probabilidad alta:** El daño ocurrirá siempre o casi siempre
- **Probabilidad media:** El daño ocurrirá en algunas ocasiones
- **Probabilidad baja:** El daño ocurrirá raras veces

A la hora de establecer la probabilidad de daño, se debe considerar si las medidas de control ya implantadas son adecuadas. Los requisitos legales

y los códigos de buena práctica para medidas específicas de control, también juegan un papel importante.

El cuadro siguiente da un método simple para estimar los niveles de riesgo de acuerdo a su probabilidad estimada y a sus consecuencias esperadas. [10]

NIVELES DE RIESGO

		Consecuencias		
		Ligeramente Dañino LD	Dañino D	Extremadamente Dañino ED
Probabilidad	Baja B	Riesgo trivial T	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO
	Media M	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I
	Alta A	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I	Riesgo intolerable IN

Figura 4.1: Probabilidad y consecuencias

CAPÍTULO V

MÉTODOS DE PREVENCIÓN Y CONTROL.

En la prevención y control de las instalaciones eléctricas deberán diseñarse y realizarse de acuerdo con las exigencias del organismo competente y de normas técnicas aceptadas.

Además deberá existir una memoria técnica donde se describa las características de la instalación eléctrica empleada en obra, los dispositivos de protección y maniobra (fusibles e interruptores termo magnéticos) existentes, sistemas de tableros principales y secundarios, instalación activa y del sistema de puesta a tierra, así como todos los elementos afines a las instalaciones relacionados con la seguridad de las personas.

En las medidas de prevención y control para los fusibles e interruptores termo magnéticos se debe considerar la identificación de los agentes que

pueden causar daño al ser humano y por ende a los dispositivos que comprenden las instalaciones eléctricas.

Las personas que realicen trabajos en fusibles y breakers tendrán que ser trabajadores cualificados y serán realizados siguiendo un procedimiento de trabajo previamente estudiado.

Los equipos y materiales de trabajo o de protección empleados para la realización de estas operaciones, quedaran definidos por el fabricante, estableciendo las instrucciones de mantenimiento y revisión

5.1 PREPARACION DE UN PLAN DE CONTROL DE RIESGOS

El resultado del método de valoración de riesgos debe servir para hacer un inventario de acciones, con el fin de diseñar, mantener o mejorar los controles de riesgos. Es necesario contar con un buen procedimiento para planificar la implantación de las medidas de control que sean precisas después de la evaluación de riesgos.

Los métodos de control deben escogerse teniendo en cuenta los siguientes principios:

- Combatir los riesgos en su origen.
- Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, así como a la elección de los equipos y métodos de trabajo y de producción, con miras, en particular a atenuar el trabajo monótono y repetitivo y a reducir los efectos del mismo en la salud.
- Tener en cuenta la evolución de la técnica.
- Sustituir lo peligroso por lo que entrañe poco o ningún peligro.
- Adoptar las medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
- Dar las debidas instrucciones a los trabajadores. **[12]**
- Se adecuarán las medidas de prevención tomadas frente al riesgo eléctrico, cortocircuito o arco eléctrico.
- Se tratará de diseñar la instalación para que las medidas puedan ser tomadas sin necesidad de remover protecciones y evitando al máximo tener que realizar trabajos en tensión.

5.2 MANTENIMIENTO Y PRUEBAS CONSIDERACIONES

El mantenimiento requerido y ensayo de los dispositivos de protección contra sobrecorriente es muy importante. La fiabilidad del sistema eléctrico, con respecto a la seguridad eléctrica está directamente relacionada con la fiabilidad y el rendimiento del dispositivo de protección contra sobrecorriente y puede depender de las pruebas necesarias y el mantenimiento realizado prescrito en cuanto a la protección contra sobrecorriente.

Muchos incidentes de arco eléctrico, ocurren cuando el personal trabaja en los interruptores de los cubículos de baja o media tensión.

La norma NFPA 70E, prohíbe abrir las puertas de los armarios. La ventana de inspección infrarroja es una simple apertura de 12,7 mm de diámetro.



Figura 5.1: Manipulación en armarios sin guantes de protección

5.2.1 INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS

Un control periódico y el mantenimiento de los interruptores son extremadamente importantes para la fiabilidad del sistema y la protección.

NFPA 70B (1998) - Práctica recomendada para equipos eléctricos
Mantenimiento indica que las pruebas y el mantenimiento de interruptores automáticos debe realizarse cada 6 meses durante 3 años dependiendo de las condiciones de uso. Esto incluye el mantenimiento típico tales como el apriete de conexiones, el control de signos de recalentamiento, y para comprobar posibles defectos estructurales o grietas.

Es importante darse cuenta de que si se descubre una deficiencia durante la prueba y el mantenimiento, la única solución es reemplazar el interruptor automático porque los ajustes o reparaciones no se pueden hacer para este tipo de dispositivos.

Es importante darse cuenta de que el mantenimiento y las pruebas de estos dispositivos sólo puede ser completada por un persona cualificada. **[13]**

Inspección y mantenimiento de los interruptores

Los interruptores protegen los tableros de interruptores que están diseñados para proteger los circuitos de alta y media tensión que alimentan.

Entre los elementos que afectan la resistencia de contactos tenemos:

Oxidación: una delgada capa de óxido aislado que cubre el área de un sólo micro contacto podría tener poco efecto en la conductividad de los contactos en total. Pero apenas la capa de óxido se extiende hasta un número significativo de micro contactos, el área relacionada con la corriente se reducirá, incrementando de esta manera su resistencia. Un aumento en la resistencia aumentará la temperatura de contacto, llevando a su destrucción.

Todos los ambientes que contengan gases capaces de reaccionar con el material del contacto, tales como O₂, SO₂, H₂O, H₂S, etc., serán favorables para producir capas de óxido aunque se cierre el contacto. Con el tiempo, el gas logrará penetrar y reaccionar con la superficie de contacto para degradar sus características y incrementará su resistencia. Algunos estudios realizados muestran un comportamiento interesante e indican la urgencia de una intervención en el mantenimiento cuando la resistencia del contacto empieza a incrementarse.

Desgaste de contactos: mecánicamente, puede deberse al movimiento y a la fricción de los contactos y eléctricamente debido al efecto de arco (principalmente el contacto de cierre y apertura). El desgaste del contacto afecta directamente la resistencia de contacto y hace que aumente dramáticamente si el desgaste está en un estado avanzado

Frotamiento: una forma de oxidación acelerado es posible, si las superficies de contacto experimentan un movimiento cíclico entre ellos. Por ejemplo, si los contactos no se cierran cada vez en la misma área. Este fenómeno fue observado hace tiempo pero su magnitud no fue reconocida hasta hace poco. Cuando se mueve un contacto de su posición anterior, una parte está expuesta al ambiente. Luego se forma una capa de oxidación. Cuando el contacto regresa a su posición, rompe la delgada capa y lo empuja a un lado. Este fenómeno se repite varias veces hasta que la capa de oxidación tiene un espesor lo

suficientemente significativo para incrementar su resistencia. La resistencia se incrementa rápidamente luego de empezar a cambiar.

Temperatura: para un aumento de la temperatura T de los contactos, el material de los contactos se puede suavizar hasta el punto en que se reducirá la fuerza del contacto, lo que lleva a un rápido incremento de la resistencia de contacto. El contacto eléctrico es un componente crucial en los interruptores de potencia. Un incremento en la resistencia de contacto puede ocasionar la falla del interruptor. Se pudo observar que todos los elementos que afectan la resistencia de contacto alcanzarán el mismo resultado. Si la resistencia de contacto empieza a incrementarse significativamente, el incremento en el valor crecerá exponencialmente. La norma internacional IEC 56 establece como una lectura aceptable hasta un 20% de incremento con respecto al valor de prueba original. Por encima de este valor, es necesario realizar una inspección de apertura.

5.2.2 FUSIBLES

NFPA 70B recomienda comprobar la continuidad del fusible durante un estudio programado de mantenimiento, pero las pruebas para asegurar el correcto funcionamiento y la protección contra las condiciones de

sobrecorriente no es necesario, los fusibles y bloques de fusibles requieren mantenimiento, tales como ajuste de las conexiones y el control de signos de recalentamiento según lo recomendado por la norma NFPA 70B. [13]

Para la reposición de fusibles:

- 1) Verificar que se haya corregido la falla;
- 2) Guardar una distancia de seguridad. Los cortacircuitos fusibles al estar abiertos del lado de la carga se consideran energizados y para reemplazarlos se requiere que se conecten a tierra;
- 3) Inclinar la cabeza ligeramente hacia abajo, al momento de cerrar un cortacircuito fusible, para protegerse del arco eléctrico y posibles proyecciones de partículas que puedan producirse. Se debe utilizar para esta actividad casco de seguridad con barbiquejo para usos eléctricos, botas de seguridad sin casquillo metálico, ropa de trabajo de algodón y lentes de seguridad, y
- 4) Verificar la continuidad de las conexiones de puesta a tierra y los conductores de puesta a tierra.

5.2.3 CONDICIONES DE SEGURIDAD EN INSTALACIONES DE FUSIBLES E INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS, PERMANENTES O PROVISIONALES.

Las condiciones de seguridad en instalaciones de fusibles e interruptores automáticos, permanentes o provisionales según aplique, nos dice que

se deben adoptar las medidas de seguridad para realizar el mantenimiento a las instalaciones eléctricas, al equipo y a las subestaciones. Considerando al menos lo siguiente:

- 1) Los interruptores deben estar contenidos en envoltentes que imposibiliten, en cualquier caso, el contacto accidental de personas y objetos.
- 2) Para la correcta operación de los dispositivos de conexión y desconexión, deben consultarse previamente los diagramas unifilares;
- 3) La apertura y cierre de los interruptores y cuchillas fusible, debe hacerse bajo la supervisión de personal autorizado, utilizando equipos de protección y de seguridad de acuerdo al nivel de tensión eléctrica en que se esté trabajando.
- 4) Queda prohibido almacenar materiales de cualquier tipo dentro de los tableros eléctricos, sobre todo de aquellos que sean incompatibles con las instalaciones eléctricas, es decir que impidan su operación segura; también el uso de flexómetros metálicos, especialmente los de resorte, y de equipos de radiocomunicación con antena en las inmediaciones de las instalaciones eléctricas expuestas, es decir de las energizadas.

- 5) Sólo personal autorizado debe realizar las actividades de operación y mantenimiento de los equipos que integran los tableros eléctricos.

5.2.4 SEÑALIZACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE TRABAJO:

En todos los trabajos de mantenimiento a las instalaciones de líneas eléctricas subterráneas que se realicen, se debe delimitar la zona de trabajo y colocar señales de seguridad que:

- 1) Indiquen la prohibición de entrada a la zona donde se encuentran los dispositivos de protección o la energización de máquinas eléctricas por personas no autorizadas.
- 2) Prohíban a personas no autorizadas manejar o tocar los fusibles e interruptores automáticos.
- 3) Delimiten el área en mantenimiento mediante la colocación de:
 - Cintas, cuerdas o cadenas de plástico de color rojo o anaranjado y mosquetones para su enganche.
 - Barreras extendibles de color rojo o anaranjado provistas de cuerdas en sus extremos para su sujeción.
 - Banderolas.
 - Estandartes.

- Colgaduras de color rojo para la señalización de la zona de trabajo.
- Tarjetas de libranza con información de quién realiza, quién autoriza, cuándo se inició y cuándo finaliza el trabajo a realizar.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- 1) Ambos dispositivos de protección han sido diseñados para la protección contra cortocircuitos y sobrecargas, pero puede darse el caso de que uno de ellos no sea el indicado según los requerimientos de seguridad.
- 2) La correcta elección no solo debe ser guiada por las distintas normas que existen, sino de un análisis de riesgos con el cual se puede identificar el dispositivo que produzca una menor probabilidad de accidentes en los que se encuentran involucrados bienes materiales y sobretodo vidas humanas.
- 3) Este es el caso en el que se aplica el viejo dicho “Lo barato sale caro” porque la seguridad eléctrica no se debe guiar por costos sino por lo que es más eficiente y que menor cantidad de peligros represente.

- 4) Muchas veces el dilema entre el fusible o el breaker es el arco eléctrico. En este caso el seleccionado debe cumplir las normas y sobretodo reducir el arco eléctrico ya que este es el causante muchos accidentes al momento de manipular las protecciones.

RECOMENDACIONES

- 1) Para la protección contra sobrecorrientes en instalaciones domésticas, únicamente se utilizan interruptores termomagnéticos.
- 2) Para la protección contra sobrecargas en instalaciones industriales se puede utilizar tanto interruptores termo-magnéticos o fusibles, aunque la protección proporcionada por el interruptor termomagnético muchas veces es más eficiente que la proporcionada por el fusible.
- 3) Por razones de seguridad, es posible omitir la protección contra sobrecargas en circuitos en los que una desconexión imprevista puede originar un peligro u que inhabilite su uso como el caso de las bombas de agua usados para extinguir incendios.
- 4) Los dispositivos de protección contra cortocircuitos deben situarse en el punto en el que se produce un cambio, tal como una variación de la sección, naturaleza o sistema de instalación, y se produce

una reducción del valor de la corriente admisible de los conductores, salvo cuando otro dispositivo situado aguas arriba posea una característica tal que proteja contra cortocircuitos aguas abajo del cambio.

- 5) Los dispositivos de protección contra cortocircuitos podrán situarse aguas abajo del punto donde se produce el cambio de la sección, naturaleza o sistema de instalación, si la parte del cableado situada entre el punto del cambio y el dispositivo de protección cumple las tres condiciones siguientes: No excede los 3 m de longitud. Debe estar instalado de manera que se minimice el riesgo de cortocircuito (por ejemplo reforzando el sistema de cableado contra las influencias externas). Debe minimizar el riesgo de incendio o de peligro para las personas.
- 6) Al momento de restablecer el circuito, no se precisa ningún material ni persona experta, basta presionar un botón o mover un resorte que se halla perfectamente aislado y visible para restablecer el servicio de energía eléctrica.
- 7) Un fusible requiere el gasto de compra de un cartucho nuevo, su colocación en la base, sometida a tensión y una persona lo

bastante capacitada para efectuar estas operaciones. Estas molestias ocasionadas por la fusión de un fusible, llevan en muchas ocasiones a colocar cartuchos inadecuados, por personas inexpertas, ignorando el peligro que esto puede ocasionar a las personas y aparatos que con él van asociados. Cuando se trata de magneto-térmicos tripolares, si una fase sufre perturbaciones, al disparar su polo arrastra a los otros dos y desconecta completamente el sistema. Si este circuito se protegiera sólo con tres fusibles, se fundiría el correspondiente a la fase perjudicada y dejaría a todo el sistema en marcha con sólo dos fases, con los consiguientes peligros de averías que tal estado acarrea en determinados circuitos.

BIBLIOGRAFÍA

1. CARRASCO SANCHEZ EMILIO, "INSTALACIONES ELECTRICAS DE BAJA TENSION EN EDIFICIOS DE VIVIENDAS 2da EDICION", Editorial TEDAS
2. H. BRIONES, "EQUIPOS DE PROTECCION HILOS FUSIBLES",
<http://www.hbse.cl/index.php/productos/equipos-de-proteccion/hilos-fusibles/> FECHA DE CONSULTA: 10/07/10
3. MCGRAW HILL EDITION " POWER SISTEM DIVITION OVERCURRENT AND OVERVOLTAGE PROTECTION" Editorial MCGRAW HILL
4. B TICINO-GUATEMALA "GUIA TECNICA PARA LA SELECCIÓN DE ELEMENTOS DE PROTECCION"
http://www.bticino.com.pe/0/pdf/GUIATECNICA_2.pdf FECHA DE CONSULTA: 25/07/10
5. INSTITUTO SINDICAL DE TRABAJO, AMBIENTE Y Y SALUD "RIESGO ELECTRICO"
http://www.istas.ccoo.es/descargas/gverde/RIESGO_ELECTRICO.pdf
FECHA DE CONSULTA: 08/08/10
6. COOPER POWER SYSTEMS "TIME=CURREN CHARACTERISTICS CURVES" <http://www.cooperpower.com/Library/pdf/R240914.pdf>
FECHA DE CONSULTA: 08/08/10
7. PROCOBRE "PROCTECCIONES ELECTRICAS"
http://www.procobre.org/archivos/pdf/download_biblioteca/MX/junio/condutores/unidad7.pdf FECHA DE CONSULTA: 15/08/10

