

□ BOLETIN TECNICO Nº1

CONCEPTOS BASICOS DE ELECTROTECNIA.

APLICACIONES DE INSTALACIONES ELECTRICAS EN INMUEBLES

I. LEY DE OHM:

$$1) U = I \cdot R$$

$$2) I = \frac{U}{R}$$

$$R = \frac{U}{I}$$

$$3) R = \frac{U}{I}$$

$$I = \frac{U}{R}$$



Usar este triángulo para obtener la incognita que se quiere encontrar.

Ejemplo: Si quiero saber la corriente de un circuito donde conozco la (U) Tension y la (R) resistencia, tapo en el triangulo la (I) corriente, y resulta que ella es igual a U/R

¿Que es la U, Tensión Eléctrica o Diferencia de Potencial?

Existen:

12 VCD - 24 VCD	MBTS. Muy baja tensión
de seguridad	
220 VCA - 380 VCA	Baja tensión
500 VCA - 1000 VCA	
> 1000 V - 3300 V	Media tensión
13200 V	
132000 V - 500000 V	Alta tensión

Tensión Continua (VCD). (figura 1)

Tensión Alterna (VCA). (figura 2)

Ejemplo Hidráulico:

La diferencia de potencial entre dos (2) puntos de un circuito Electrico, equivale a la diferencia de altura entre un tanque de agua (A) y la altura de la canilla (B). (figura 3)

¿Que es la I Corriente Eléctrica?

- Cantidad de cargas eléctricas que circulan a través de un conductor (figura 4).

F, es una fuerza Eléctrica (Campo Eléctrico), que impulsan a los electrones (e) a saltar de una órbita electrónica A a la siguiente B y así sucesivamente a lo largo del conductor. La cantidad de electrones (carga eléctrica) que atraviesa la sección de un conductor en un cierto tiempo es la corriente eléctrica.

$$I = \frac{Q}{T} = \frac{\text{Carga eléctrica}}{\text{Tiempo [seg.]}}$$

Ejemplo Hidráulico:

Equivale a la cantidad de agua (Lts) por segundo que atraviesa la sección del caño

¿Que es la Resistencia Eléctrica?

Hay materiales como la plata, el cobre y el Aluminio que necesitan de un menor Campo Eléctrico para hacer saltar los electrones de sus órbitas al átomo contiguo, hay otros en cambio como la niquelina, manganina, el Kanthal que necesitan de un gran campo eléctrico. Los 1eros. Son muy buenos conductores de la electricidad.

Los 2dos. Son malos conductores y son de alta resistencia. La resistencia de un conductor se calcula por la fórmula.

$$\text{RESISTENCIA} = \text{RESISTIVIDAD} \cdot \frac{[\text{OHM} \cdot \text{MM}^2]}{\text{MT}} \cdot \frac{\text{CONDUCTOR [MT]}}{\text{SECCIÓN DE CONDUCTOR [MM}^2\text{]}}$$

Ejemplo Hidráulico:

Cuando más longitud de caño y menos sección del mismo, saldrá a igualdad de altura H, menos cantidad de agua por segundo.

II. LEY DE JOULE:

La I corriente eléctrica circulando por un conductor , luego de un tiempo, produce una temperatura en el mismo. Esta es consecuencia de la Resistencia que ofrece el conductor al paso de la corriente y que se manifiesta como una perdida de energía, transformada en calor.

La relación que hay entre la corriente y la resistencia es:

$I.U = \text{Potencia Perdida}$
 o $I.I.R = \text{Potencia Perdida}$

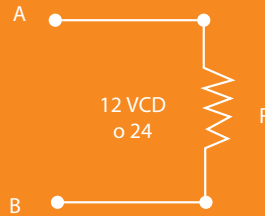
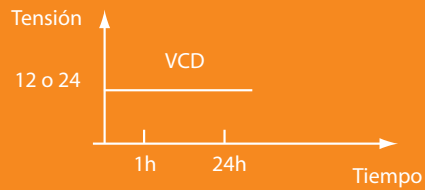
Si transcurre un tiempo (t) circulando la corriente I, la Potencia de Perdida se transforma en calor.

$I.R.R.t = \text{Calor}$

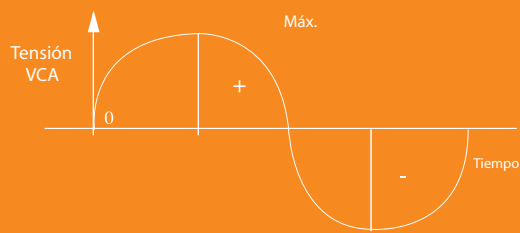
Este calor en un conductor dentro de un caño en una instalación, en el bobinado de un motor o transformador, se disipa a través de la aislación al medio ambiente y en un determinado tiempo (unas horas) generalmente, la cantidad de calor disipada es igual a la que se produce y se alcanza una temperatura final constante.

Como el conductor tiene una aislación para evitar el contacto directo con la tensión, suele ocurrir que la temperatura máxima que puede resistir la misma es superada y se envejece rápidamente, acortando la vida de la Instalación, Motor o transformador, etc.

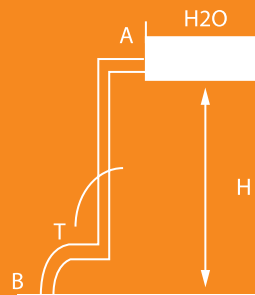
■ Figura 1



■ Figura 2



■ Figura 3



III. LEY DE MONTSINGER:

Esta ley llamada también de los 8°c o 10°c dice que:

- Si a un aislante eléctrico, del que se espera una expectativa de vida elevada, 25 o 30 años, se lo exige a una temperatura Superior en 8°c o 10°c a la que le corresponde, su vida se reducirá a la mitad.

Ejemplos:

- Conductor aislado en PVC, temperatura máxima permitida continua de 70°c, le corresponde una vida de 25 a 30 años.
- Conductor aislado en polietileno reticulado, temperatura máxima permitida continua de 90°c.
- Alambre de cobre aislado en algodón, impregnado, temperatura máxima permitida 105°c (clase A).

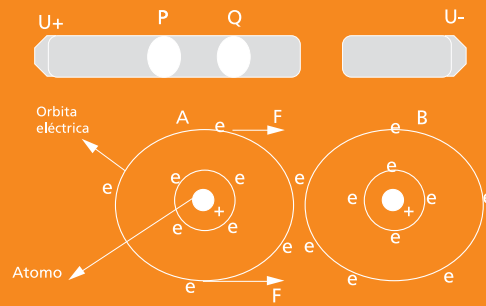
IV. LEY DE LENZ:

- Un conductor recorrido por una corriente eléctrica, produce a su alrededor un Campo magnético.

- Si la corriente es continua, el Campo será continuo o constante.

- Si la corriente es alterna, el campo será alterno o variable (figura 5).

■ Figura 4



■ Figura 5



a) Campo magnético alrededor de un alambre que transporta una corriente.

b) Sección transversal perpendicular al alambre. La corriente fluye saliendo de la página.

Regla de la mano derecha que relaciona la dirección y el sentido del campo o línea de flujo (dedos) con la dirección y el sentido de la corriente (pulgar)

V. LEY DE BIOT Y SAVART:

Si dos conductores están recorridos por una corriente eléctrica, se produce entre ellos por acción de su campo magnético, una fuerza que atrae o repele a dichos conductores (figura 6).

NOTA:

Cuando circulan corrientes de igual sentido se atraen.

Resultado:

Los conductores se atraen con una Fuerza proporcional a las corrientes I_1 e I_2 .

NOTA: Cuando circulan corrientes de distinto sentido, se repelen. (figura 7)

Resultado :

Los conductores se separan con una Fuerza proporcional a I_1 e I_2 .

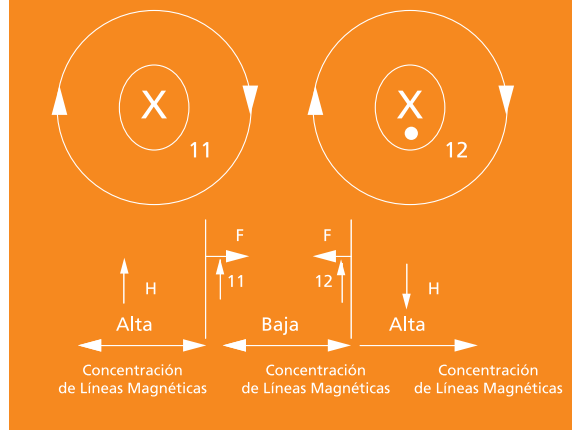
Estas Fuerzas pueden ser muy elevadas, en caso de cortocircuitos de instalaciones en fábricas, mas aún si tienen transformadores de potencia que reducen de 13,2 o 33 KV a 380/220 V.CA, y solicitan a las barras de cobre en los Tableros y a los Bobinados de los transformadores y equipos de medición (transformadores de intensidad, etc.).

Materiales Magnéticos

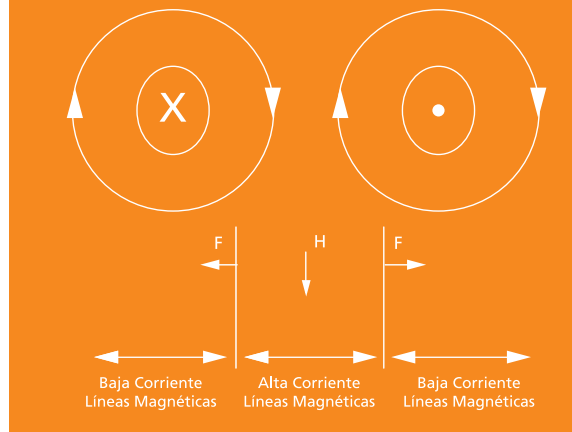
Si al conductor recorrido por la corriente que creaba un campo magnético, lo rodeamos por materiales como hierro o aceros, obtenemos una cantidad de líneas magnéticas mucho mayor que en el aire. Por dicha propiedad los materiales se clasifican en :

- Diamagnéticos: que se magnetizan en sentido inverso al campo externo. Ej: Plata-Cobre-Plomo-Agua.
- Paramagnéticos: que se magnetizan en el mismo sentido que el campo externo, pero débilmente. Ej : Aluminio.
- Ferromagnéticos: que se magnetizan con gran intensidad en el mismo sentido del campo producido por la corriente. Ej : Acero - Hierro - Hierro c/silicio - etc.

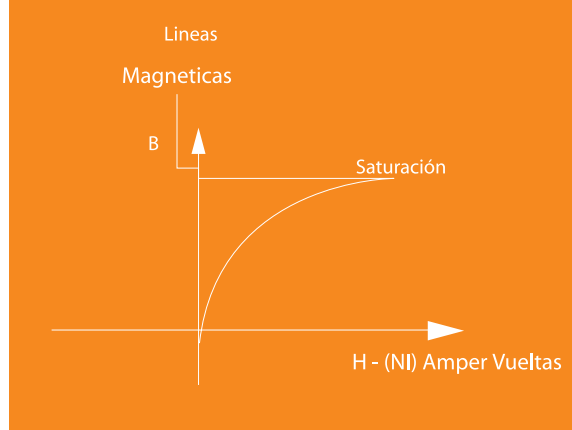
■ Figura 6



■ Figura 7



■ Figura 8



Curva de Magnetización (figura 8)

A medida que se aumenta la corriente de una bobina que rodea a un núcleo magnético, este va orientado sus polos elementales, y como resultado las líneas magnéticas que salen del núcleo, hasta un punto en donde hay saturación del mismo.

Aplicación: Ej.: relé diferencial (figura 9 y 10)

1) El magnetismo remanente del núcleo, del relé del diferencial, mantiene el relé cerrado, hasta que el transformador del diferencial por la corriente de fuga a tierra actúa sobre el rele y anula el magnetismo remanente; y la fuerza del resorte abre el rele disparando el interruptor diferencial.

VI. LEY DE FARADAY:

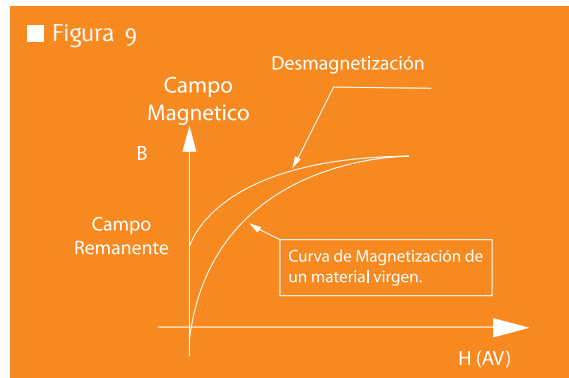
Decíamos que una corriente eléctrica producía, un campo magnético, alterno o continuo, según fuera la corriente alterna o continua respectivamente.

inversamente, un campo magnético puede producir una corriente eléctrica en un conductor cerrado o espira, con la condición que varíe en el tiempo dentro de la espira. (Ley de Faraday).

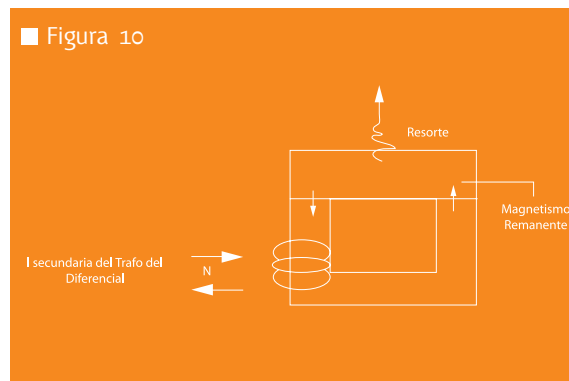
La corriente inducida que se produce tiene un sentido tal, que produce a su vez un campo magnético que refuerza el campo principal cuando este disminuye y debilita el campo principal si este aumenta (figura 11).

Este es el principio por el cual en las espiras del secundario de un transformador se induce una tensión, siendo el equipo un elemento estático. Pero además, hay otra forma de generar una tensión eléctrica en una espira (bobina) o N° de espiras y es cuando las espiras se mueven dentro de un campo magnético continuo (figura 12)

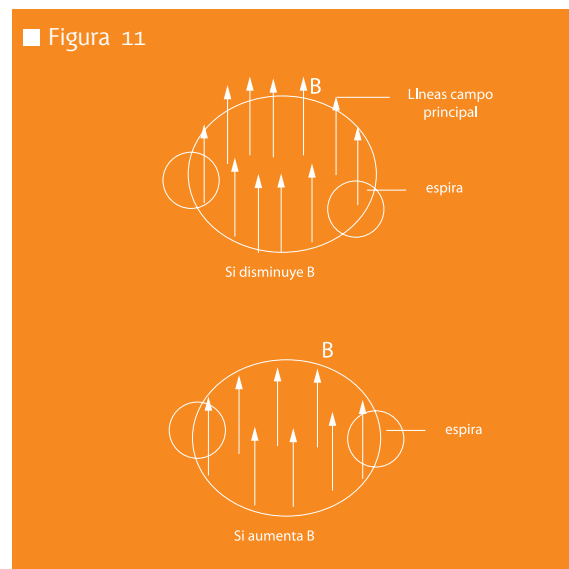
■ Figura 9



■ Figura 10



■ Figura 11



V. LEY DE FOUCAULT:

(Corrientes parásitas).

Esta ley se refiere a las corrientes eléctricas que se producen en los núcleos magnéticos o inclusive en los conductores eléctricos por el flujo magnético alterno. Esas corrientes parásitas son mas grandes, con secciones de hierro mas grandes o conductores de cobre de gran sección (barras de tableros) o bobinados de baja tensión de transformadores de potencia. Lo que provocan es calentamiento (efecto Joule) y la forma de disminuirlas es:

- En núcleos de transformadores - alternadores o motores, laminando los núcleos y aislando eléctricamente las chapas unas de otras. (figura 13)
- En las barras de cobre de transformadores o alternadores, haciendo hueco el centro de los mismos ó dividiéndolas en paralelo.

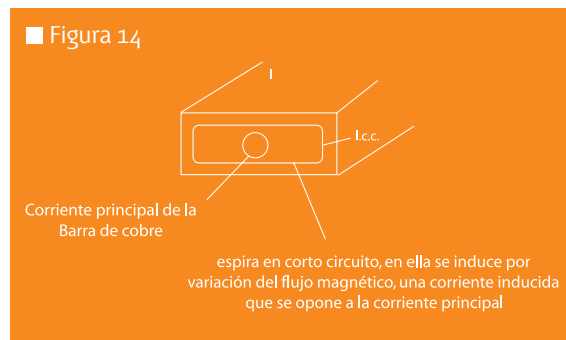
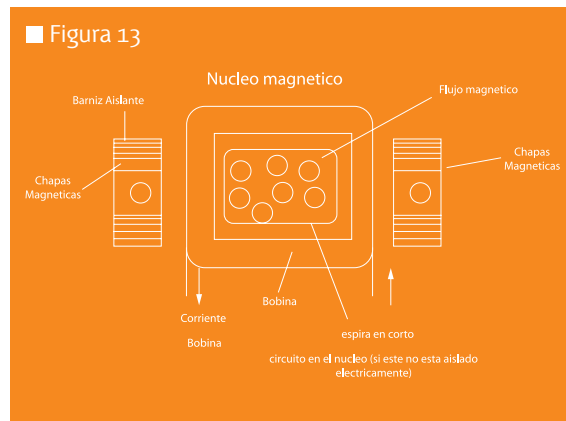
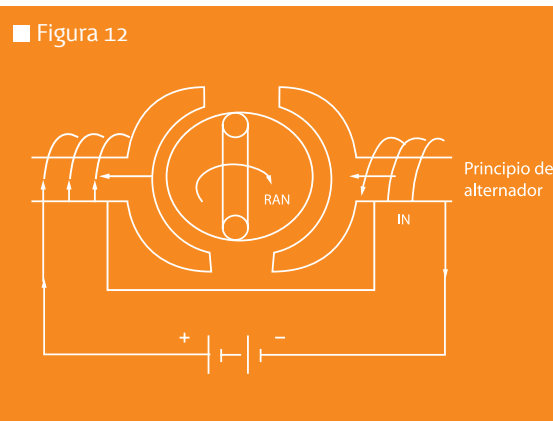
Conductores - Barras Cobre (figura 14)

Ejemplos: en instalaciones eléctricas con conductores aislados en cañerías de hierro y bandejas portacables. Punto 7.2.1.a y 7.5 del Reglamento de la Asociación Electrotécnica Argentina. (A.E.A - 1987).

Agrupamiento de conductores en un mismo caño:
Todos los conductores pertenecientes a una misma línea, cuando protegidos dentro de un caño metálico, deberán estarlo en conjunto y no individualmente (incluye conductor de protección).

Nota:

De no hacerse así la suma de las corrientes de los conductores dentro del caño será distinta de cero y originaria corrientes inducidas y pérdidas por efecto Joule en el caño del hierro. (figura 15)



Bandejas Portacables:

Con o sin tapa removible, para una o varias líneas. La disposición o agrupamiento de los conductores dentro de ellas se deberá hacer de forma de que los conductores de cada línea deban agruparse en haces o paquetes separados (excepto para cables multiconductores).

Nota:

- 1- Esto es válido para bandejas de hierro, (no para plásticos o materiales no ferrosos).
- 2- En el caso de circuitos trifásicos, abarca a los 3 conductores vivos, más el neutro y de protección.
- 3- En el caso de circuitos monofásicos abarca a los dos conductores de línea y protección.

Los motivos son manifestados en "Agrupamiento en un mismo caño" el efecto Skin o Parásito de las corrientes inducidas por el campo alterno.

Ejemplos de caída de tensión en una línea de instalación eléctrica y aplicaciones de la Ley de Ohm.**I- Instalación Alumbrado:** (figura 16)

- 1- En instalación de alumbrado: 3% máxima
- 2- En instalación de Fuerza Motriz:
 - 5% en régimen
 - 15% en arranque del motor

$$13 \text{ Bocas Alumbrado } c/125 \text{ VA } c/u. = 1625 \text{ VA}$$

$$\text{Corriente Máxima; } I = \frac{\text{Potencia}}{V} = \frac{1625 \text{ VA}}{220 \text{ V}} = 8 \text{ A.}$$

Longitud ultimo foco = 30 mt.

$$R_{\text{cable}} = \frac{0,0178 \text{ ohmm}}{\text{mt}} = \frac{30 \text{ mt} \times 2}{1,5 \text{ mm}} = 0,712 \text{ ohm.}$$

Circuito Real y Circuito Equivalente (figura 17)

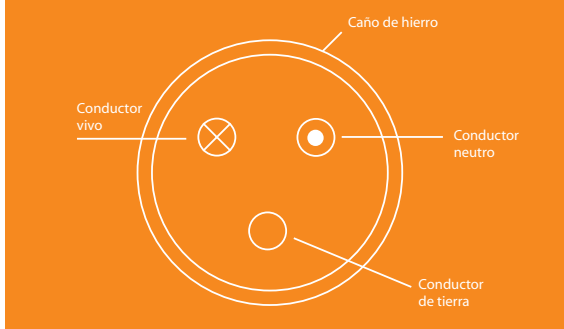
a) Calculo de Resistencia de la Línea.

$$R_{\text{linea}} = L \text{ mt resistividadado}$$

$$s \text{ mm}^2$$

$$R_{\text{linea}} = \frac{0,0178 \text{ ohm mm}^2}{\text{mt}} \cdot \frac{70 \text{ mt}}{2,5 \text{ mm}^2} = 0,50 \text{ ohm.}$$

Figura 15



b) Calculo de Caída de Tensión con motor funcionando normal:

$$\text{Potencia Motor 1 HP - Monofásico - } M = 0,75 - \cos' = 0,65$$

$$\text{Potencia (Watt)} = U \cdot I \cdot \cos \text{ Fi} \cdot M$$

$$1 \text{ HP} = 736 \text{ W}$$

$$I = \frac{\text{Potencia (W)}}{220 \text{ V} \times 0,75 \times 0,65} = \frac{1 \text{ HP}}{220 \times 0,75 \times 0,65} = \frac{736 \text{ W}}{107,25} = 7 \text{ A.}$$

Distancia del Tablero seccional a Motor: 35 mt.
Sección: 2,5 mm.

$$U_c = I_n R_{\text{linea}} = 7 \text{ A} \cdot 0,50 \text{ ohm} = 3,5 \text{ volt.}$$

$$(\%) - \frac{U_c \cdot 100}{U_{\text{nom}}} = \frac{3,5 \text{ v} \cdot 100}{220 \text{ v}} = 1,60\% - \text{correcto.}$$

NOTA:

Aún con un motor de 3 HP, el valor de caída de tensión % porcentual seria inferior al 5% exigido por el Reglamento.

c) Calculo de Caída de Tensión en el arranque:

NOTA:

El valor máximo aceptado es del 15% en el arranque.

II- Instalación Fija con Motor:

Suponiendo un valor de I arranque de 6 veces In, luego la I arranque sería:
 $7 \text{ A} \times 6 \text{ veces} = 42 \text{ A..}$

$Uc \text{ arranque} = I \text{ arranque} \times R \text{ línea} = 42 \text{ A} \cdot 0,50 \text{ ohm} = 21 \text{ v.}$

$\% , \frac{Uc \text{ arranque } 100}{Unominal} = \frac{21 \cdot 100}{220} = 9,54\% \text{ correcto} < 15\%$

Ejemplo de determinación de la sección de conductor y el valor de la protección del mismo en una Línea.

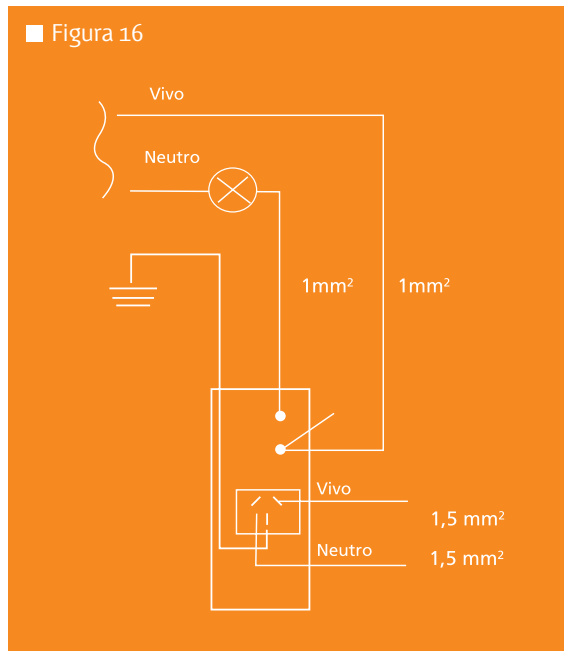
Este ejemplo es válido **para fijar conceptos**. La adecuación a los valores establecidos en el Reglamento de la AEA (3/2006) puede consultarse en el Capítulo V - Anexos A y B del Manual de Seguridad Eléctrica de Cambre 2008/2009.

Supongamos que entrando por los mt2 del inmueble y potencia de demanda simultánea, llegamos a 6000 VA. Grado Electrificación Media. Con (3) tres circuitos - Alumbrado - Toma corriente y Especial. (AEA - 1987) Calcularemos la sección de conductor y protección del mismo en cada circuito.

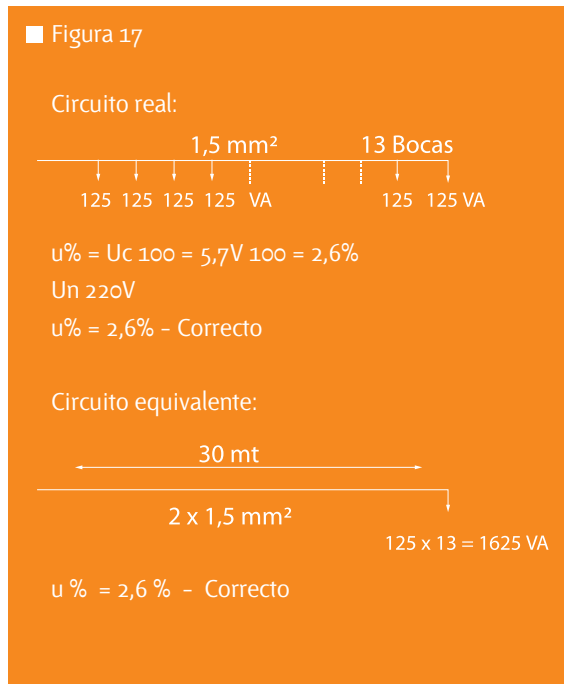
Circuito Especial: del ejemplo anterior - y en el caso de un motor de 3 HP - $\cos' \text{ Fi} = 0,7$.

Estimaremos que la temp. ambiente sería 30°C, con lo cual el conductor se puede sobrecargar en un 15% (1,15), es decir que 2,5 mm admite a 30°C de ambiente.

■ Figura 16



■ Figura 17



$$\cos \phi = 0,70 - m = 0,8 \therefore I = \frac{P}{U \cdot \cos \phi} = \frac{3 \text{ HP} \cdot 736 \text{ W}}{220 \text{ V} \cdot 0,70 \cdot 0,80} = 18 \text{ A}$$

$$3 \text{ HP} = 3 \cdot 736 \text{ W} = 2208 \text{ W}$$

$$I(A) = \frac{2208 \text{ W}}{220 \text{ V} \cdot 0,70 \cdot 0,80} = \frac{2208 \text{ W}}{123,2} = 18 \text{ A}$$

$$I_p \leq I_n \leq I_c \quad I_p = 18 \text{ A} = I_{\text{proyecto}}$$

$$I_n (\text{Nominal de Protección}) = 20 \text{ A}$$

$$I_f \leq 1,45 I_c \leq I_c (\text{Admitida por el conductor})$$

$$24 \text{ A} - 4 \text{ mm}^2 - 40^\circ \text{C}$$

$$18 \text{ A} - 2,5 \text{ mm}^2 - 40^\circ \text{C}$$

La tabla de valores de Corrección:

Temp. Ambiente (°C)	20	25	30	35	40	45	50
Factor de Corrección	1,26	1,21	1,15	1,08	1,00	0,92	0,83

$$I_c = 18 \text{ A} \cdot 1,15 = 20,7 \text{ A} - \text{lo cual es correcto.}$$

$$I_p < I_n < I_c$$

$$18 \text{ A} < 20 \text{ A} < 20,7 \text{ A}$$

Ejemplo de lo que NO debe hacerse, en el caso anterior:

Siendo $I_p = 18 \text{ A}$ pongamos una termomagnética de $I_n = 25 \text{ A}$, con un conductor de $2,5 \text{ mm}^2$, que con 30°C de temp. Ambiental, admite solo $I_c = 20,7 \text{ A}$, cuando la térmica permite paso 25 A .

(If) funcionamiento de la térmica $I_f \leq 1,45 I_c$

$$I_f = 1,45 I_n = 1,45 \cdot 25 \text{ A} = 36,25 \text{ A}$$

$$1,45 I_c = 1,45 \cdot 20,7 = 30 \text{ A}$$

No se cumple que:

$$1,45 I_n \leq 1,45 \cdot I_c \quad \text{ya que } 36,5 \text{ A} > 30 \text{ A}$$

NOTA:

Todo el exceso de corriente que permite pasar la termomagnética por encima de la corriente admitida por el conductor, recalienta a la aislación de este y de acuerdo a la ley de Montsinger, disminuya la vida útil del mismo.

Riesgos de la bifurcación de circuitos sin protección la adecuada [figura 18].

Esta protección es Incorrecta ya que el circuito 2 (C2) puede aumentar su carga a 25 A y el circuito 1 baja a 10 A y la termomagnética de 35 A no corta, produciendo un sobrecalentamiento del circuito 2.-

Conclusión:

En una bifurcación de circuitos debe protegerse cada uno de los mismos; de acuerdo a $I_p \leq I_n \leq I_c$ e $I_f \leq 1,45 I_c$

¿Que es una corriente de corto circuito presunta?

En una instalación eléctrica de grado de electrificación-media - 6000 VA - $I_n = 30 \text{ A}$ sc = secc de conductor de 6 mm^2 , con un recorrido de 20 mt , desde el pilar al tablero principal, la impedancia al corto circuito que puede presentarse en el tablero será:

$$R = \frac{0,0178 \text{ ohm mm}^2}{\text{mt}} \cdot \frac{20 \text{ mt}}{6 \text{ mm}^2} = 0,1186 \text{ ohm}$$

NOTA:

No se toma en cuenta la importancia desde el pilar hasta el transformador de distribución.

Luego

$$I_{\text{cortocircuito}} = \frac{U_L}{R_{\text{cables}}} = \frac{220 \text{ V}}{0,1186 \text{ ohm}} = 1855 \text{ A}$$

Siendo un tramo de 20 mt a 40 cm de distancia, los cables entre si.

La inductancia desde el pilar será despreciable - $0,005 \text{ ohm}$.

Es decir que esta es la corriente presunta de corto circuito, si aparece entre fases una unión de Resistencia $0 -$.

En consecuencia con una Termomagnética, cuya capacidad de Cortocircuito es 3 KA o mejor 6 KA estamos cubiertos para despejarla.

¿Que es el valor de B - C o D que aparece en la etiqueta de los termomagnéticos?

Una termomagnética tiene (3) tres aptitudes:

1) Abre cortocircuitos importantes en 10 m.seg - ó menos de 1500 - 2000 - 3000 o 4500 o 6000 A.

Cuando se indica 3000 A o 3 KA - Abre dicho valor 3 veces o cierra y abre según la Norma de ensayo.

Luego debe funcionar; también puede indicar. 6000 A o 10 KA.

NOTA:

Estos son generalmente producidos en el tablero.

2) Abre cortocircuitos en 100 miliseg. Producidos en aparatos o equipos conectados a la Instalación.

Estos valores son menores y en Instalaciones de inmuebles, están en el orden de 300 a 500 A.

Si tenemos varios circuitos con tableros:

Principal - Seccionales y Sub Seccionales, debemos de hacer una selectividad de forma que se interrumpa un sector pequeño de la Instalación, donde se hizo el cortocircuito.

La clasificación de corrientes Nominales, es una 1era.

Selectividad, y la 2da, la clase del Interruptor.

B- Interrumpe entre 3 y 5 veces la (In) corriente normal.

C- Interrumpe entre 5 y 10 veces la (In) corriente normal.

D- Interrumpe entre 10 y 20 veces la (In) corriente normal

3) Abre circuitos después de 1 hora, en la cual se producen sobrecargas mayores a 1,45 In.

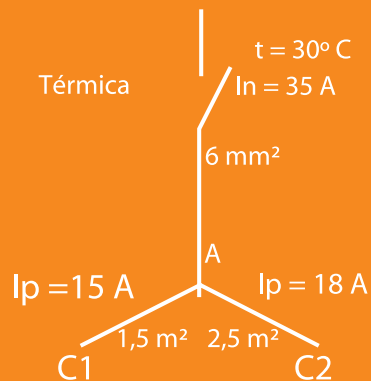
Esto protege la vida de la aislación de los cables.

NOTA:

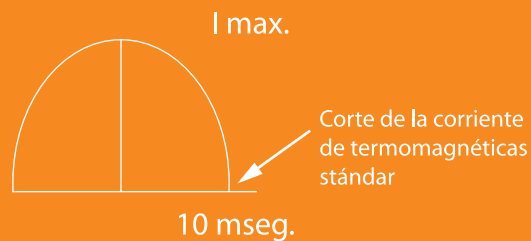
Un motor No debe ser protegido por una termomagnética, porque una sobrecarga de 25 - 30% puede quemar el Bobinado del mismo en un par de horas.

En cambio deben usarse los guarda motores que actúan en el 10 a 15% por encima de la In corriente normal.

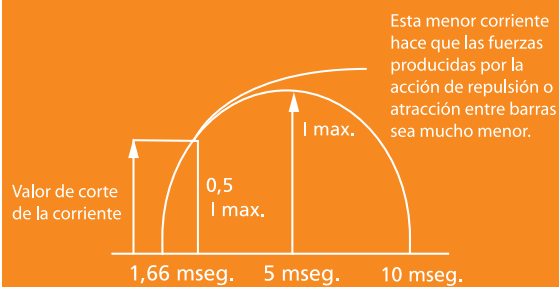
■ Figura 18



■ Figura 19



■ Figura 20



Existen termomagnéticas cuyo diseño permite que la corriente no se interrumpa cuando el valor alterno pasa por (o) cero.

Caso I. (figura 19)

Caso II. (figura 20)

Ejemplo: supongamos una barra de cobre de 10 x 25 mm a una distancia de 20 mm entre fases (figura 21).

$$F \text{ (Kg)} = \frac{2 \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot L \cdot 10^{-8}}{e}$$

I₁= corriente barra 1-(A)

I₂= corriente barra 2-(A)

L= Largo de barra de cobre (en mt)

e= separación entre eje de barras (en mt)

Aplicando:

$$F_1 \text{ (Kg)} = \frac{2 \cdot 10000\text{A} \cdot 10000\text{A} \cdot 2\text{mt} \cdot 10^{-8}}{0,03 \text{ mt}} = 133\text{Kg}$$

En el caso II: que la termomagnética corta a 30° del inicio (1,66 mseg), la corriente que interrumpe será 0,50 el valor del caso I y en consecuencia:

$$F_2 \text{ (Kg)} = F_1 \cdot 0,52 = \frac{F_1}{4}$$

o sea la cuarta parte del caso I y esto da una ventaja muy importante para las termomagnéticas que cortan la corriente en 1 a 2 mseg, mucho antes de llegar a su valor máximo o de cresta. Ya que disminuyen los esfuerzos térmicos y mecánicos en: transformadores de potencia .- transformadores de medición.- relé de protección.- tableros eléctricos, etc.

Pruebas de la intalación 771.23.5 punto 771.23.5.1 - (AEA 3/2006). Resistencia de aislamiento de la instalación.

Mencionamos al principio el concepto de la necesidad de un campo eléctrico (E) para producir una corriente eléctrica a través de un conductor de cobre, aluminio, niquelina u otro metal.

Este campo eléctrico lo produce la diferencia potencial (volts) aplicada a dicho conductor o resistencia.

En los equipos eléctricos o instalaciones, dicho campo eléctrico está también presente entre el conductor y las masas metálicas que alojan al mismo.

Ejemplo: ranura del motor. (figura22).

- exceso temperatura.
- exceso humedad.
- débiles aislaciones.
- fractura mecánica de aislaciones (bordes metálicos filosos) y otras; puede ocasionar una ruptura de las aislaciones y provocar una corriente eléctrica de Fuga a tierra, con el riesgo para usuario. (figura 23)

Tensión nominal (V)	Tensión ensayo en C. Contínua (V)	Resistencia de aislación (Meghom)
MBTS	250	≥ 250.000 ohm
MBTF		
≤ 500 V no, el caso anterior	500	≥ 500.000 ohm
> 500 V	1000	≥ 1.000.000 ohm

Esta prueba debe hacerse entre:

- Conductores de fase.
- Conductores de fase unidos entre si y neutro.
- Conductores de fase unidos entre si y con conductor de protección.
- Conductores de protección y neutro.

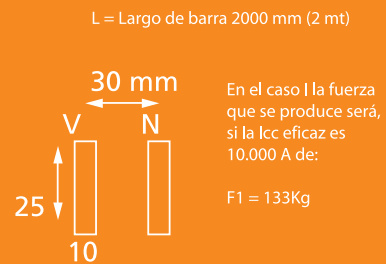
Nota:

La medición debe hacerse a la salida de la protección (abierta) de cada circuito eléctrico, con todos los aparatos y artefactos de consumo desconectados.

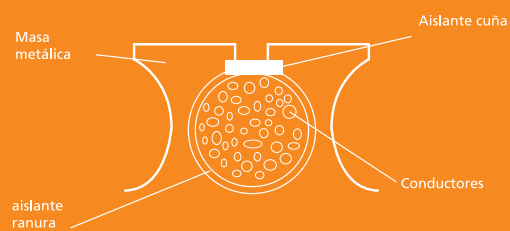
Recomendación:

Si la medición de aislamiento es inferior a $2\text{ M}\Omega$ (megohm), debe investigarse el origen de ese valor.

■ Figura 21



■ Figura 22



■ Figura 23

