

CAPACIDAD DE UNA SUBESTACION

DATOS NECESARIOS PARA
CACULAR LA CAPACIDAD DE UN
TRANSFORMADOR



Demanda



- Es la carga en terminales receptoras tomadas en un valor medio en determinado intervalo, entendiéndose por carga aquella que se mide en términos de potencia o de corriente

$$Demanda\ promedio = (Kilowatt-hora) / (Horas\ en\ periodo)$$



FACTOR DE DEMANDA



Factor de demanda: Relación entre la demanda máxima de un sistema o parte del mismo, y la carga total conectada al sistema o la parte del sistema considerado.

- Es la relación existente entre la demanda máxima en el intervalo y la carga total instalada.
- Generalmente es menor a uno (es adimensional) y será uno solamente si todas las cargas instaladas absorben sus potencias nominales

$$Fd = (D \max) (P_{inst})$$

**Tabla 220-3.- Referencias para el cálculo de carga adicional**

Cálculo	Artículo	Sección o Parte
Alimentadores de tableros de distribución en escenarios - teatros	520	520-27
Bases de cálculo - estacionamientos de vehículos recreativos	551	551-73 (a)
Caída de tensión (cálculo obligatorio) - bombas contra incendios	695	695-7
Caída de tensión (cálculo obligatorio) - equipo eléctrico sensible	647	647-4 (d)
Cálculos de circuitos derivados de más de 600 volts	210	210-19 (b)
Cálculos de la ampacidad- soldadores eléctricos	630	630-11, 630-31
Cálculos de la carga del alimentador y de acometida – marinas y muelles	555	555-12
Cálculos del alimentador de más de 600 volts	215	215-2 (b)
Calentadores de agua tipo almacenamiento	422	422-11 (e)
Capacidad nominal y tamaño - los conductores de grúas y montacargas eléctricos	610	610-14
Carga total para determinar el suministro de energía- casas móviles, casas prefabricadas y estacionamientos de casas móviles	550	550-18 (b)
Conductores - convertidores de fase	455	455-6



Dimensionado de los conductores del alimentador para escenarios en estudios de televisión - Estudios de cine, de televisión y lugares similares	530	530-19
Dimensionado del circuito derivado - equipos eléctricos fijos de calefacción para tuberías y recipientes	427	427-4
Dimensionado del circuito derivado - equipos eléctricos fijos para calefacción de ambiente	424	424-3
Dimensionado del circuito derivado -equipos eléctricos fijos exteriores para deshielo y fusión de nieve	426	426-4
Dimensionado del circuito y corriente - sistemas solares fotovoltaicos	690	690-8
Dimensionado del conductor de alimentación - maquinaria industrial	670	670-4 (a)
Dimensionado del conductor del circuito derivado - equipos de aire acondicionado y de refrigeración	440	Parte D
Dimensionado del conductor del circuito derivado - galvanoplastia	669	669-5
Equipos de carga combinada, de motores y de motores múltiples	430	430-25
Espacios electrificados para estacionamiento de camiones	626	
Factores de demanda del alimentador - elevadores	620	620-14
Factores de demanda del alimentador - motores	430	430-26
Factores de demanda permisibles para sistemas de alambrado eléctrico en estacionamientos - casas móviles, casas prefabricadas y estacionamientos de casas móviles	550	550-31
Líneas - celdas electrolíticas	668	668-3(c)
Máquinas de riego accionadas o controladas eléctricamente	675	675-7(a) y 675-22(a)
Motores, varios motores o un(os) motor(es) y otra(s) carga(s)	430	430-24



Tabla 220-12.- Cargas de alumbrado general por tipo del inmueble



Tipo del inmueble	Carga unitaria (VA/m ²)
Bancos	39 ^b
Casas de huéspedes	17
Clubes	22
Cuarteles y auditorios	11
Depósitos (almacenamiento)	3
Edificios de oficinas	39 ^b
Edificios industriales y comerciales (lugares de almacenamiento)	22
Escuelas	33
Estacionamientos comerciales	6
Hospitales	22
Hoteles y moteles, incluidos apartamentos sin cocineta	22
Iglesias	11
Juzgados	22
Lugares de almacenamiento	3
Peluquerías y salones de belleza	33
Restaurantes	22
Tiendas	33
Unidades de vivienda ^a	33
En cualquiera de las construcciones anteriores, excepto en viviendas unifamiliares y unidades individuales de vivienda bifamiliares y multifamiliares:	
En cualquiera de las construcciones anteriores, excepto en viviendas unifamiliares y unidades individuales de vivienda bifamiliares y multifamiliares:	
Vestíbulos, pasillos, closets, escaleras	6
Lugares de reunión y auditorios	11
Bodegas	3

**Tabla 220-42.- Factores de demanda de cargas de alumbrado**

Tipo de inmueble	Parte de la carga de alumbrado a la que se aplica el factor de demanda (voltamperes)	Factor de demanda (%)
Almacenes	Primeros 12 500 o menos	100
	A partir de 12 500	50
Hospitales*	Primeros 50 000 o menos	40
	A partir de 50 000	20
Hoteles y moteles, incluyendo los apartamentos sin cocina para los inquilinos*	Primeros 20 000 o menos	50
	De 20 001 a 100 000	40
	A partir de 1 00000	30
Unidades de vivienda	Primeros 3000 o menos	100
	De 3001 a 120 000	35
	A partir de 120 000	25
Todos los demás	Voltamperes totales	100



Tabla 220-44.- Factores de demanda para cargas de contactos en inmuebles que no son unidades de vivienda



Parte de la carga de contactos a la que se aplica el factor de demanda (voltamperes)	Factor de demanda (%)
Primeros 10 kVA o menos	100
A partir de 10 kVA	50

220-18. Cargas máximas. La carga total no debe exceder el valor nominal del circuito derivado y no debe exceder las cargas máximas especificadas en (a) hasta (c) siguientes, bajo las condiciones especificadas aquí.

a) Cargas accionadas por motor y combinadas. Cuando un circuito alimenta solamente cargas accionadas por motor, se debe aplicar el Artículo 430. Cuando un circuito alimenta solamente equipo de aire acondicionado, equipo de refrigeración, o ambos, se debe aplicar el Artículo 440.

Para circuitos que alimentan cargas que consisten de un equipo de utilización accionado por motor que está fijo en su sitio y que tiene un motor de más de 93.25 watts (\square H.P.) en combinación con otras cargas, la carga total calculada se debe basar en el 125 por ciento de la carga del motor más grande más la suma de las otras cargas.

b) Cargas de alumbrado inductivas y de diodo emisor de luz. Para circuitos que alimentan unidades de alumbrado que tengan balastos, transformadores o autotransformadores o diodos emisores de luz, la carga calculada se debe basar en el valor nominal de corriente total de estas unidades, en amperes, y no en el total de watts de las lámparas.

c) Cargas de estufas. Se permitirá aplicar los factores de demanda para cargas de estufas de acuerdo con la Tabla 220-55, incluida la Nota 4.



DIFERENTES FACTORES DE DEMANDA (Fd) (de los libros)

- TIPO DE ZONA
 - *INDUSTRIAL(DE 0.6 EN BOMBAS HASTA 1 EN HORNOS ELECTRICOS)
 - *HABITACIONAL (0.4 PARA CASAS SIN CLIMA Y 0.55 CON CLIMA)
 - *COMERCIO(0.45 SIN CLIMA Y 0.6 CON CLIMA)
 - *PANADERIAS HASTA EL 0.7 Y COLEGIOS 0.4
- * DENSIDAD
 - *TAMANO Y/O DENSIDAD DE LA INDUSTRIA
 - *DENSIDAD DE INMUEBLES (CANTIDAD DE INMUEBLESPOR UNIDAD DE AREA)
- AREA QUE VA ABASTECER LA SUBESTACION

$$P_{subestacion} = (\text{Radio}^2)(\pi)(\text{Densidad})(\text{FACTOR DE DEMANDA})$$



Intervalo de demanda

- Se le llama así al período durante el cual se toma el valor medio. Es establecido por la aplicación específica que se considere (determinada por la constante térmica de los aparatos o por la duración de carga)
- Normalmente pueden ser de 5,10,15, 30 o 60 minutos mínimo



Demanda Máxima



- Determina la capacidad del transformador
- La carga de un circuito varía normalmente entre un máximo a las 7:30 PM y un mínimo a las 3:30 PM
- El valor más elevado que se presente en el circuito se denomina pico o demanda máxima



DEMANDA MAXIMA

En general las cargas electricas son constantes durante un tiempo apreciable, o sea fluctuan de manera continua, en una curva de carga de 24 horas de un transformador de distribucion, la carga varia de un maximo a las 19:00 horas y un minimo a las 3:30 horas, aunque los valores cambien, este tipo de curvas se repite constantemente, asi se presentaran variaciones similares de maximo y minimo en todas las partes del sistema de distribucion, el valor mas elevado se denomina pico o demanda maxima.



El conocimiento de la demanda máxima de un grupo de cargas y su efecto en el sistema de distribución es también de gran importancia, dado que la demanda máxima del grupo, determinará la capacidad que se requiera el mismo sistema, de igual modo, la demanda máxima combinada de un grupo pequeño de consumidores determinará la capacidad del transformador que se requiere; así las cargas que alimenta un grupo de transformadores da por resultado una demanda máxima, la cual determina el calibre del conductor y la capacidad del interruptor o del regulador que forman parte de un alimentador primario



Características de carga



- **Cables y transformadores:** Poseen una constante de tiempo térmico a considerar ya que las cargas que manejan varían entre picos comparativamente agudos y valles profundos
- **Motor de inducción:** La corriente de arranque es 5 veces la nominal, aunque será en un intervalo menor que un segundo
- **Otros aparatos:** En ocasiones es necesario considerar las corrientes de arranque de algunos aparatos, esto debido a que muchas de las veces se encuentran en intervalos dentro de lo especificado
- **Fusibles e interruptores:** Se emplean si se desea establecer la demanda en amperes aunque es poco usado ya que esta situación no se presenta comúnmente sino que también consideramos el tiempo no solamente la carga aplicada



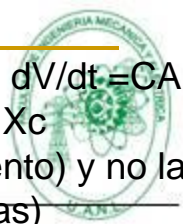
CRITERIO DE DEMANDAS

FUTURAS

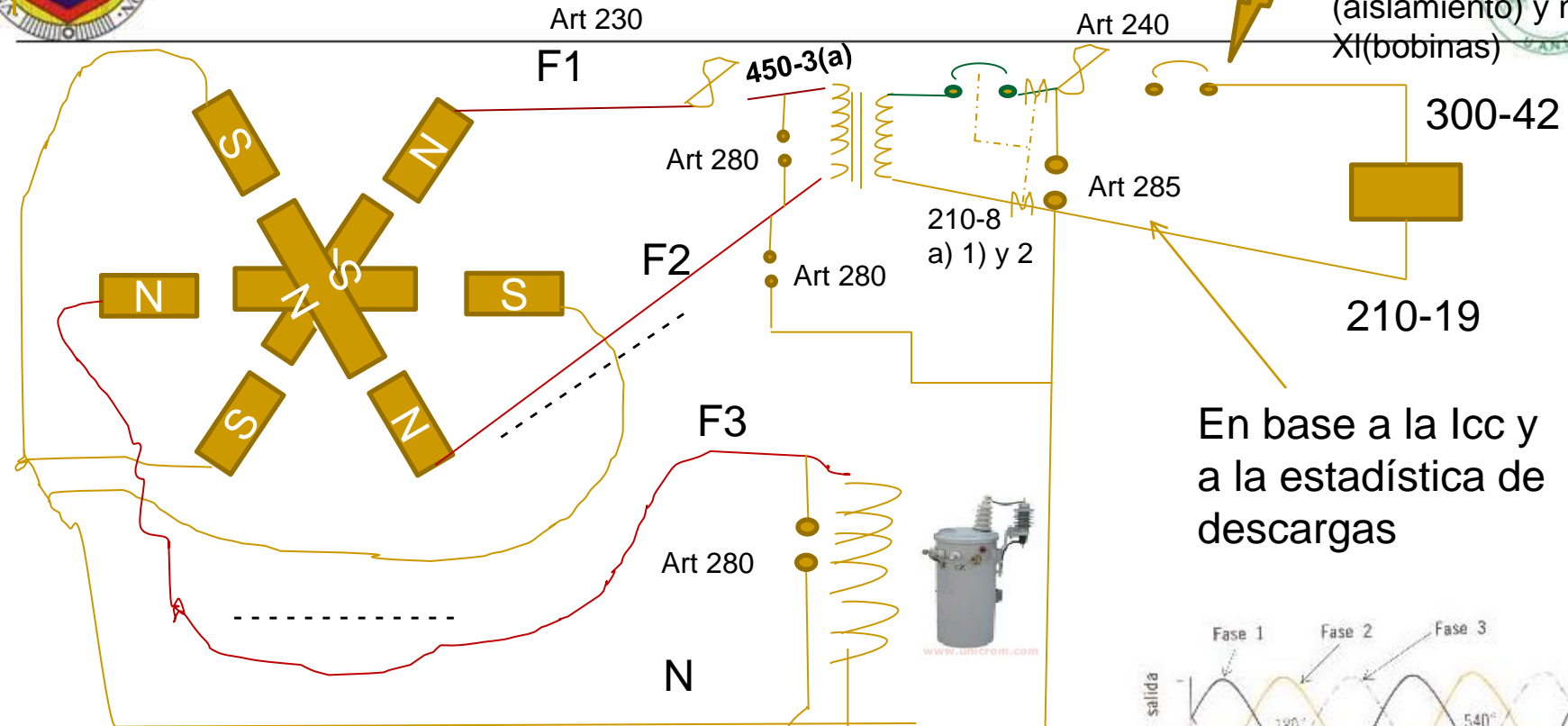
- PROYECTOS DE CRECIMIENTO DE LAS EMPRESAS DEL AREA
 - *AUMENTO DE -NAVES
 - MAQUINARIAS
- *PROYECTO DE URBANISACION
 - *AUMENTO DE LA DENSIDAD DE POBLACION
- *PLUSVALIA DEL AREA
 - *CAMBIO DE ESTRATO SOCIAL DEL AREA



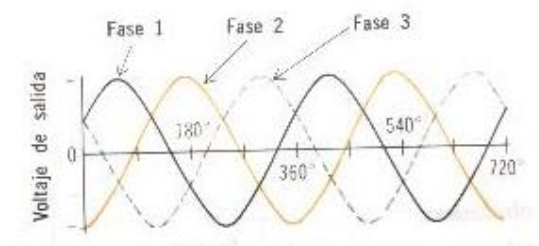
ESTA INFORMACION ES SOLO CON FINES EDUCATIVOS CIRCUITO= CIRCULO



Al ser de $dV/dt = CA$ busca la X_c (aislamiento) y no la X_l (bobinas)



En base a la I_{cc} y a la estadística de descargas



Artículo 100 definición de **Conductor de puesta a tierra de los equipos y 921-28. Puesta a tierra de partes no conductoras de corriente**

250-6. Corriente indeseable; del equipo que normalmente **no transportan corriente**, se deben instalar y disponer de manera que se impida una corriente indeseable

+++++

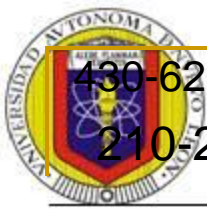
Art 250-52, 3 metros Vertical o 6 Horizontal en concreto

Nivel freático y ríos subterráneos depende de la ciudad

Ing. Obed Renato Jimenez Meza

Jefe de la Academia de Iluminacion y Alta Tension FIML

JEFE DE ACADEMIA DE ILUMINACION Y ALTA TENSION



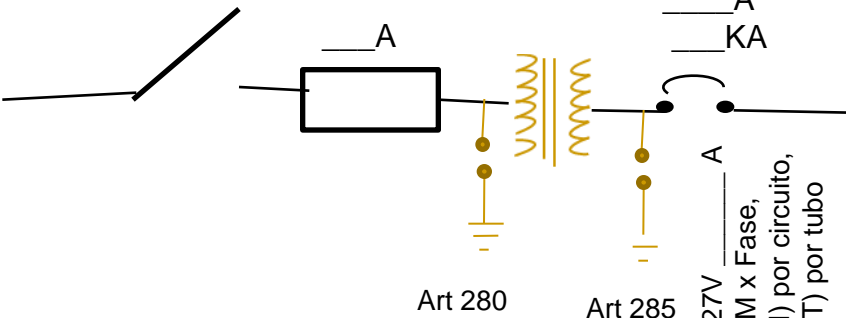
430-62 a) (LA PROTECCIÓN MAS ALTA MAS LA SUMA DE LAS DEMÁS CARGAS AL 100% 210-20 a) lo máximo que puede sacar un circuito derivado

Tamaño mínimo de los conductores Artículo 100, 215-2 a) 1), 310-15 b) 5) 3), 310-15 b) 3) a), 310-15 b) 2) a) y Tabla 310-15 b) 16

Tabla 430-250, 430-52 y 430-52 c) 1) Excepción 1

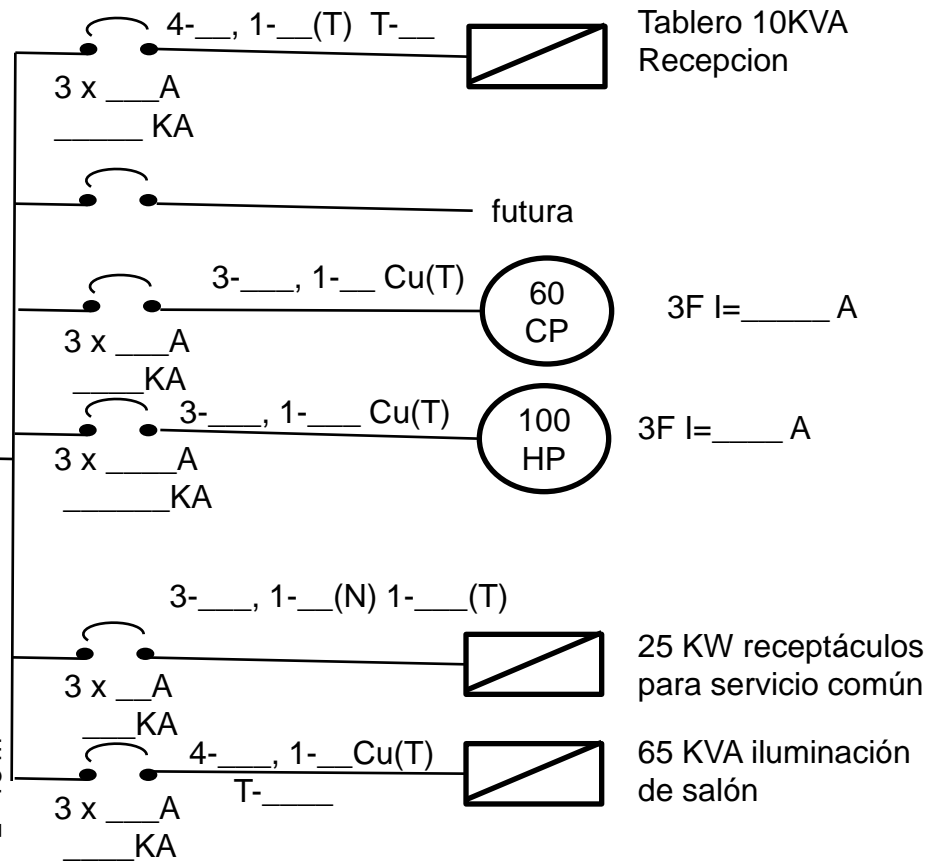
450-3 a)

430-62 a
240-6 a)



Transformador 750KVA 34500/220/127 V Z=5% en Aceite en un lugar no supervisado en un área descubierta del sótano del edificio

3F, 4H, 220/127V
4- KCM x Fase,
1- KCM(N) por circuito,
1- KCM(T) por tubo
L= 13 m



Cable de motor 430-22, 310-15 b) 2) a) y 310-15 b) 16 ducto metálico Tabla 10-5, Tabla 10-8 y 376-22



NMX-J-353-ANCE Y NMX-J-266-

ANCE

- Los centros de control de motores deben ser marcados para indicar los valores de temperatura (**60 °C solamente, 60/75 °C ó 75 °C solamente**) de los conductores **instalados** en campo para los cuales el equipo ha sido preparado.

110-14. Conexiones eléctricas.

c) Limitaciones por temperatura. La temperatura nominal de operación del conductor, asociada con su ampacidad, debe seleccionarse y coordinarse de forma que no exceda la temperatura nominal más baja de cualquier terminal, conductor o dispositivo conectado. Se permite el uso de conductores con temperatura nominal mayor que la especificada para las terminales, cuando se utilizan factores de ajuste por temperatura o de corrección por ampacidad o ambos.

20-19. Conductores. Ampacidad y tamaño

mínimos.

- **a) Circuitos derivados de hasta 600 volts**
- 1.- deberá tener una **ampacidad permisible no menor que la carga no-continua más el 125** por ciento de la carga continua.
- **NOTA 4:** Los conductores de circuitos derivados como están definidos en el Artículo 100, dimensionados
- para evitar una caída de tensión mayor que **3 por ciento en la salida** más lejana que alimente a cargas de
- calefacción, de fuerza, de alumbrado o cualquier combinación de ellas y en los que la caída máxima
- de tensión combinada de los circuitos alimentadores y de los circuitos derivados hasta el **contacto más lejano**
- **no supere 5 por ciento,**



Transformador 750KVA 34500/220/127 V Z=5% en Aceite en un lugar no supervisado en un área descubierta del sótano del edificio

$$\begin{aligned} I_n &= \text{KVA}/(\text{KV}) \\ &= 750,000 \text{ VA}/(1.73*220\text{V}) \\ &= 1,970.57 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{cc} &= \text{KVA}/(\text{KV}*Z_{pu}) \\ &= 750\text{KVA}/(1.73*220*0.05) \\ &= 39,411.46\text{A} = 39\text{KA} \end{aligned}$$

Ducto metálico Tabla 10-5,
conductor 4-6AWG = diámetro
de 9.246mm aerea de
67.16mm², Tabla 10-8 y 376-22
1-10AWG(T) aerea de
5.261mm² = 67.16*3+5.261
=206.741 mm²

Tablero 10KVA **Recepcion**

$$I_n = 10,000\text{VA}/(220^a*1.73)$$

$I_n = 26.27 \text{ A}$ se corrige 310-15(b)(2)(a) por temperatura es 88% y 310-15-b-3a se corrige por ser 4 conductores al 80% nos da 0.704 y corregido la corriente 132.44/0.704 nos da 186.94 amp en la tabla 310-15(b)(16). A 75°

C. Conductores de acometida subterránea 230-31. Tamaño y ampacidad del conductor

b) Tamaño mínimo del conductor. Los conductores deben tener un tamaño no menor que 8.37 mm² (8 AWG), si son de cobre y de 13.3 mm² (6 AWG) si son de aluminio.

por 210-20 a) en las pastillas 215-3 debe de ser de 240-6 capacidad de proteccion

2) Conductor puesto a tierra. El tamaño del conductor puesto a tierra del circuito alimentador no debe ser menor al exigido en 250-122, excepto que no se debe aplicar 250-122(f) cuando los conductores puestos a tierra estén instalados en paralelo.

250-190. Puesta a tierra de equipos

250-122 para 30 solo hay 60 A se selecciona 10 AWG cobre



250-122. Tamaño de los conductores de puesta a tierra de equipos

a) General. Los conductores de puesta a tierra de equipos, de cobre, aluminio, o aluminio **recubierto de cobre**, del tipo alambre, no deben ser de tamaño menor a los mostrados en la Tabla 250-122, pero **en ningún caso se exigirá que sean mayores que los conductores de los circuitos** que alimentan el equipo. Cuando se usa una charola para cables, **canalización, blindaje o cable armado como conductor de puesta a tierra de equipos**, como se establece en **250-118 y 250-134(a)**, se debe cumplir con **250-4(a)(5) o (b)(4)**.

Se permitirá que los conductores de puesta a tierra de equipos sean seccionados dentro de un cable multiconductor, siempre y cuando el área combinada en mm² o KCMIL cumpla con la Tabla 250-122.

**Tabla 250-122.- Tamaño mínimo de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos**

Capacidad o ajuste del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc., sin exceder de: (amperes)	Tamaño			
	Cobre		Cable de aluminio o aluminio con cobre	
	mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil
15	2.08	14	—	—
20	3.31	12	—	—
60	5.26	10	—	—
100	8.37	8	—	—
200	13.30	6	21.20	4
300	21.20	4	33.60	2
400	33.60	2	42.40	1
500	33.60	2	53.50	1/0
600	42.40	1	67.40	2/0
800	53.50	1/0	85.00	3/0
1000	67.40	2/0	107	4/0
1200	85.00	3/0	127	250
1600	107	4/0	177	350
2000	127	250	203	400
2500	177	350	304	600
3000	203	400	304	600
4000	253	500	380	750
5000	355	700	608	1200
6000	405	800	608	1200

Para cumplir con lo establecido en 250-4(a)(5) o (b)(4), el conductor de puesta a tierra de equipos podría ser de mayor tamaño que lo especificado en esta Tabla.

*Véase 250-120 para restricciones de instalación.

Tabla 5.- Dimensiones de los conductores aislados y cables para artefactos

Tipo	Tamaño		Diámetro aproximado	Area aproximada
	mm ²	AWG o kcmil	mm	mm ²
Tipo: FFH-2, RFH-1, RFH-2, RHH*, RHW*, RHW-2*, RHH, RHW, RHW-2, SF-1, SF-2, SFF-1, SFF-2, TF, TFF, THHW, THW, THW-2, TW, XF, XFF				
RFH-2, FFH-2	0.824	18	3.454	9.355
	1.31	16	3.759	11.10
	2.08	14	4.902	18.9
	3.31	12	5.385	22.77
	5.26	10	5.994	28.19
	6.63	8	8.28	53.87
	8.37	6	9.248	67.18
	21.2	4	10.46	86
	26.7	3	11.18	98.13
	33.6	2	11.99	112.9
	42.4	1	14.78	171.6





Tabla 8.- Propiedades de los conductores

Tamaño (AWG o komiil)	Area		Conductores				Resistencia en corriente continua a 75 °C		
			Trenzado		Total		Cobre		Aluminio
			Cantidad de hilos	Diámetro	Diámetro	Area	No Cubierto	Recubierto	Aluminio
				mm	mm	mm ²			
18	0.823	1620	1	—	1.02	0.823	25.5	26.5	—
18	0.823	1620	7	0.39	1.16	1.06	26.1	27.7	—
16	1.31	2580	1	—	1.29	1.31	16	16.7	—
16	1.31	2580	7	0.49	1.46	1.68	16.4	17.3	—
14	2.08	4110	1	—	1.63	2.08	10.1	10.4	—
14	2.08	4110	7	0.62	1.85	2.68	10.3	10.7	—
12	3.31	6530	1	—	2.05	3.31	6.34	6.57	—
12	3.31	6530	7	0.78	2.32	4.25	6.5	6.73	—
10	5.261	10380	1	—	2.588	5.26	3.984	4.148	—
10	5.261	10380	7	0.98	2.95	6.76	4.07	4.226	—
8	8.367	16510	1	—	3.264	8.37	2.506	2.579	—
8	8.367	16510	7	1.23	3.71	10.76	2.551	2.653	—
6	13.3	26340	7	1.56	4.67	17.09	1.608	1.671	2.653



376-22. Número de conductores y ampacidad. El número de conductores y su ampacidad deben cumplir lo establecido en (a) y (b).

a) Area de la sección transversal del ducto. La suma de las áreas de la sección transversal de todos los conductores contenidos en cualquier sección transversal del ducto, no debe exceder el 20 por ciento del área de la sección transversal interior de la canalización.

Ducto metálico Tabla 10-5, conductor 4-6AWG = diámetro de 9.246mm
aerea de 67.16mm², Tabla 10-8 y 376-22
1-10AWG(T) aerea de 5.261mm² = $67.16 \cdot 3 + 5.261 = 206.741$ mm²

b) Factores de ajuste. Los factores de ajuste especificados en 310-15(b)(3)(a) se deben aplicar únicamente cuando el número de conductores portadores de corriente, incluyendo los conductores del neutro clasificados como portadores de corriente de acuerdo con 310-15(b)(5) es mayor a 30. Los conductores para circuitos de señalización o los conductores del controlador, entre un motor y su arrancador, y que son usados sólo para el trabajo de arranque no se deben considerar como conductores portadores de corriente.

Tabla 430-250.- Corriente a plena carga de motores trifásicos de corriente alterna

Los siguientes valores de corrientes de plena carga son típicos para motores que funcionan a las velocidades usuales de motores con bandas y motores con características normales de par.

Las tensiones enumeradas son las nominales de los motores. Las corrientes enumeradas se permitirán para sistemas con intervalos de tensión de 110 a 120 volts, 220 a 240 volts, 440 a 480 volts y 550 a 600 volts.

kW	hp	Tipo de inducción de jaula de ardilla y de rotor devanado. (amperes)							Tipo sincrónico de factor de potencia unitario* (amperes)			
		115 volts	200 volts	208 volts	230 volts	460 volts	575 volts	2300 volts	230 volts	460 volts	575 volts	2300 volts
0.37	½	4.4	2.5	2.4	2.2	1.1	0.9	—	—	—	—	—
0.58	¾	6.4	3.7	3.5	3.2	1.6	1.3	—	—	—	—	—
0.75	1	8.4	4.8	4.6	4.2	2.1	1.7	—	—	—	—	—
1.12	1 ½	12	6.9	6.6	6	3	2.4	—	—	—	—	—
1.5	2	13.6	7.8	7.5	6.8	3.4	2.7	—	—	—	—	—
2.25	3	—	11	10.6	9.6	4.8	3.9	—	—	—	—	—
3.75	5	—	17.5	16.7	15.2	7.6	6.1	—	—	—	—	—
5.6	7 ½	—	25.3	24.2	22	11	9	—	—	—	—	—
7.5	10	—	32.3	30.8	28	14	11	—	—	—	—	—
11.2	15	—	48.3	46.2	42	21	17	—	—	—	—	—
14.9	20	—	62.1	59.4	54	27	22	—	—	—	—	—
18.7	25	—	78.2	74.8	68	34	27	—	53	26	21	—
22.4	30	—	92	88	80	40	32	—	63	32	26	—
29.8	40	—	120	114	104	52	41	—	83	41	33	—
37.3	50	—	150	143	130	65	52	—	104	52	42	—
44.8	60	—	177	169	154	77	62	16	123	61	49	12
58	75	—	221	211	192	96	77	20	155	78	62	15
75	100	—	285	273	248	124	99	26	202	101	81	20
93	125	—	359	343	312	156	125	31	253	126	101	25

Tabla 430-52.- Ajuste máximo de los dispositivos de protección contra cortocircuito y falla a tierra para circuitos derivados de motores

Tipo de motor	En porcentaje de la corriente a plena carga			
	Fusible sin retardo de tiempo ¹	Fusible de dos elementos ¹ (con retardo de tiempo)	Interruptor automático de disparo instantáneo	Interruptor automático de tiempo inverso ²
Motores monofásicos	300	175	800	250
Motores polifásicos de corriente alterna distintos a los de rotor devanado	300	175	800	250
De jaula de ardilla: diferentes de los de diseño B energéticamente eficientes	300	175	800	250
De diseño B energéticamente eficientes	300	175	1100	250
Sincrónicos ³	300	175	800	250
Con rotor devanado	150	150	800	150
De corriente continua (tensión constante)	150	150	250	150

Para algunas excepciones a los valores especificados, ver 430-54.

¹ Los valores de la columna fusible sin retardo de tiempo se aplican a fusibles de Clase CC de acción retardada.

² Los valores de la última columna también cubren los valores nominales de los interruptores automáticos de tiempo inverso no ajustables, que se pueden modificar como se describe en 430-52(c)(1), Excepción 1 y 2.

³ Los motores sincrónicos de bajo par y baja velocidad (usualmente 450 rpm o menos), como los utilizados para accionar compresores alternativos, bombas, etc. que arrancan sin carga, no requieren que el valor nominal de los fusibles o el ajuste de los interruptores automáticos sea mayor al 200 por ciento de la corriente a plena carga.



430-22. Un solo motor. Los conductores que alimenten un solo motor usado en una aplicación de servicio continuo, deben tener ampacidad no menor al 125 por ciento del valor nominal de corriente de plena carga del motor, como se determina en 430-6(a)(1), o no menos a la especificada a continuación .

Corriente del motor de 60HP=154 A

pero la protección de corto circuito falla franca (50)de acuerdo con la tabla **430-52 es de $\leq 250\% = 385 \text{ A}$**

y para fallas de sobrecarga(51)de acuerdo con la tabla 430-32 es de **$\leq 115\% = 177 \text{ A}$ en tablas 240-6 estandar es de 200A**

el conductor se selecciona de acuerdo con 4.2.6 Tabla 310-104 THHW-75 °C y 430-22 y por temperatura al 310-15(b)(3)(a) 3 conductores mas 1 tierra= 100%

Iconductor= 154 A x 125%= 192.5 A = 3/0 AWG Cu tabla 310-15(b)(16)

Ampacidad en el tubo del conductor es de $200 * f_c / 125\% = 160 \text{ A} > 154 \text{ A}$ por lo que si cumple

2) Conductor puesto a tierra. El tamaño del conductor puesto a tierra del circuito alimentador no debe ser menor al exigido en 250-122, excepto que no se debe aplicar 250-122(f) cuando los conductores puestos a tierra estén instalados en paralelo.

250-190. Puesta a tierra de equipos

250-122 para PROTECCION DE 200 A se selecciona 6 AWG cobre

Caída de tensión $220 + 3\% = 226.6 \text{ V}$; $220 - 3\% = 231.4 \text{ V}$

$V = IR$ donde en la tabla 9 al final la Resistencia $R = 0.259 \text{ e CA}$ para e cable 3/0 en 10 metros = $2.59 \text{ V} * 1.73 = 4.48 \text{ V} < 6.4 \text{ V}$



Corriente del motor de 100HP=248 A

pero la protección de acuerdo con la **tabla 430-52 es de 250% = 620A**

y para fallas de sobrecarga(51)de acuerdo con la tabla 430-32 es de =115% = **285.2 A** en tablas 240-6 estandar es de **300A**

el conductor se selecciona de acuerdo con 4.2.6 Tabla 310-104 THHW-75 °C y 430-22 y por temperatura al 310-15(b)(3)(a) 3 conductores mas 1 tierra= 100% lconductor= 248 A x 125%= 310 A = 350KCM Cu tabla 310-15(b)(16)

Ampacidad en el tubo del conductor es de $310 * fc / 125\% = 248 A > o = 248A$ por lo que si cumple

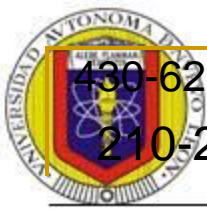
2) Conductor puesto a tierra. El tamaño del conductor puesto a tierra del circuito alimentador no debe ser menor al exigido en 250-122, excepto que no se debe aplicar 250-122(f) cuando los conductores puestos a tierra estén instalados en paralelo.

250-190. Puesta a tierra de equipos

250-122 para PROTECCION DE 300 A se selecciona 4 AWG cobre

Caída de tensión $220 + 3\% = 226.6 V$; $220 - 3\% = 231.4V =$

$V=IR$ donde en la tabla 9 al final la Resistencia $R=0.128$ e CA para e cable 350KCM en 10 metros = $1.28V * 1.73 = 2.21V < 6.4V$



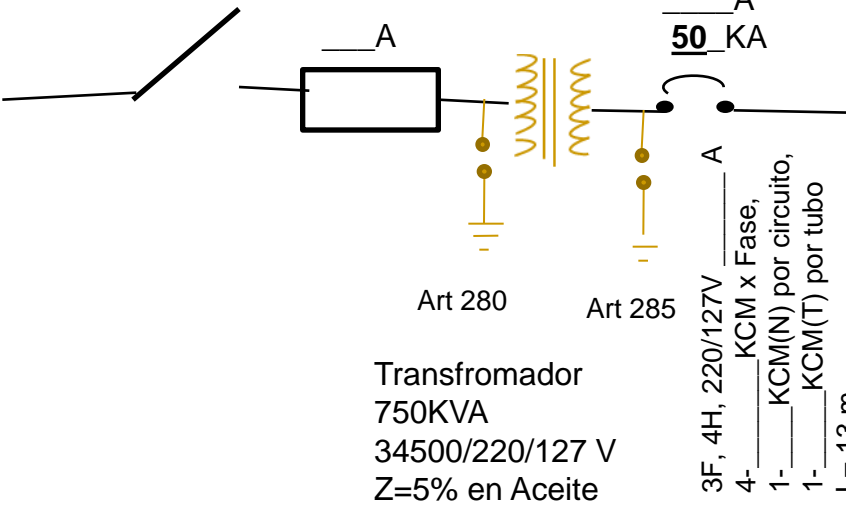
430-62 a) (LA PROTECCIÓN MAS ALTA MAS LA SUMA DE LAS DEMÁS CARGAS AL 100% 210-20 a) lo máximo que puede sacar un circuito derivado

Tamaño mínimo de los conductores Artículo 100, 215-2 a) 1), 310-15 b) 5) 3), 310-15 b) 3) a), 310-15 b) 2) a) y Tabla 310-15 b) 16

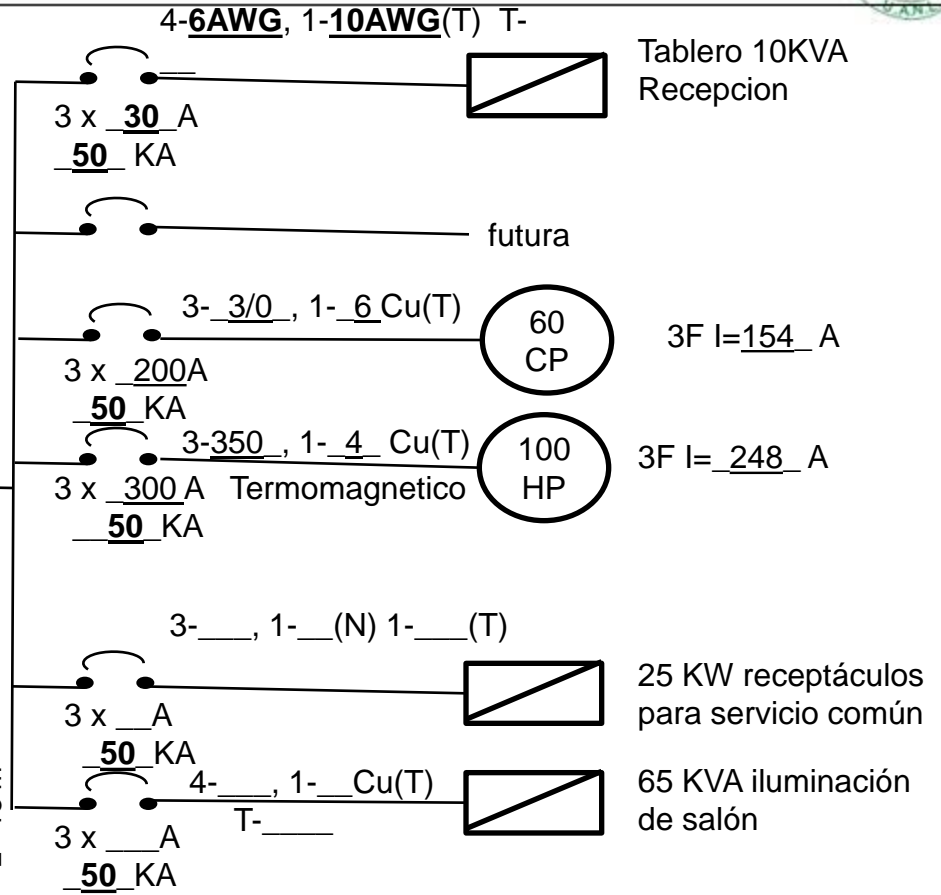
Tabla 430-250, 430-52 y 430-52 c) 1) Excepción 1

450-3 a)

430-62 a
240-6 a)



Transformador 750KVA 34500/220/127 V Z=5% en Aceite en un lugar no supervisado en un área descubierta del sótano del edificio



Cable de motor 430-22, 310-15 b) 2) a) y 310-15 b) 16 ducto metálico Tabla 10-5, Tabla 10-8 y 376-22



UNIDAD III.- PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTE

OBJETIVO: SELECCIONAR CORRECTAMENTE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTE, CONSIDERANDO:

- 1.- CORRIENTE NOMINAL DEL EQUIPO, DE ACUERDO A LA INFORMACIÓN DEL FABRICANTE Y A LA AMPACIDAD MÁXIMA DE LOS CONDUCTORES EN LAS CANALIZACIONES Y TERMINALES.
- 2.- CORRIENTE DE SOBRECARGA: VALOR DE CORRIENTE QUE RESULTA DE LA OPERACIÓN DE UN EQUIPO, POR ENCIMA DE SU CAPACIDAD NOMINAL A PLENA CARGA O DE LA AMPACIDAD DE UN CONDUCTOR , QUE PERSISTE DURANTE UN TIEMPO LARGO ≥ 20 SEGUNDOS, QUE LE PUEDE CAUSAR DAÑOS, POR UN CALENTAMIENTO PELIGROSO EN LOS AISLAMIENTOS.
- 3.- CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO: VALOR DE CORRIENTE DE FALLA SIMÉTRICA A TENSIÓN NOMINAL EN UN PUNTO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DÓNDE LA $Z \rightarrow 0$. EN UN TIEMPO CORTO (0.1 SEGUNDO).
- 4.- SERVICIO CONTINUO: CARGA EN FUNCIONAMIENTO ININTERRUMPIDO DURANTE 3 HORAS O MÁS.
- 5.- FALLA A TIERRA: CUALQUIER CONDUCTOR DE 1 FASE O 2 FASES EN CONTACTO CON ENVOLVENTES METÁLICAS CONECTADAS A TIERRA.
- 6.- INTERRUPTORES DE CIRCUITO POR FALLA A TIERRA: PROTECCIÓN CONTRA CHOQUE ELÉCTRICO DE PERSONAS CON EQUIPO ELÉCTRICO INSTALADO EN LUGARES HUMEDOS, MOJADOS Ó DIFÍCIL ACCESO.



ESTA INFORMACION ES SOLO CON FINES EDUCATIVOS

7.- CORRIENTE DE INTERRUPCIÓN: CAPACIDAD INTERRUPTIVA DE LA PROTECCIÓN A TENSIÓN NOMINAL, QUE RESISTE LOS ESFUERZOS TERMODINAMICOS DE LA CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO, SIN LLEGAR A FRACTURARSE O EXPLOTAR.

8.- AJUSTE MÁXIMO O AMPERS DE MARCO. QUE CUENTAN CON MEDIOS EXTERNOS PARA AJUSTAR EL VALOR DE CORRIENTE DE DISPARO DE TIEMPO LARGO.

9.- CURVA TIEMPO-CORRIENTE: CURVA DE DISPARO DE LA PROTECCIÓN, EN BASE A UNA SERIE CONTINUA DE COORDENADAS CORRIENTE;TIEMPO.

10.- REQUISITOS NORMATIVOS:

AJUSTE MÁXIMO D E LA PROTECCIÓN EN B.T.

CONDUCTORES: 240-4 → $\leq 100\%$ AMPACIDAD MAXIMA

SERVICIO CONTINUO: 210-20 A); 215-3 → $\geq 125\%$ INOMINAL

MOTORES (SOBRECARGA): 430-32; $\leq 115\%$ INOMINAL

MOTORES (CORTOCIRCUITO): 430-52; $\leq 250\%$ INOMINAL

TRANSFORMADORES: 450-3 B) $\leq 125\%$ INOMINAL

CAPACITORES: 460-8 B) $\leq 135\%$ INOMINAL

GENERADORES: 445-12 B) $\leq 115\%$ INOMINAL

MOTOCOMPRESOR: 440-22 A) $\leq 175\%$ INOMINAL

FALLA A TIERRA DE ACOMETIDAS (230-95 A); CONDUCTORES (215-10) Y EQUIPOS (240-13) PROTEGIDOS CON INTERRUPTORES ≥ 1000 A; 480 V, 3F, 4H ≤ 1200 A.

II.- PROTECCIÓN DE PERSONAS CONTRA DESCARGAS POR FALLA A TIERRA (210-8) → PROTECCIÓN DIFERENCIAL TIPO "A" ≤ 6 mm A



ESTA INFORMACION ES SOLO CON FINES EDUCATIVOS



Tabla 430-250.- Corriente a plena carga de motores trifásicos de corriente alterna

Los siguientes valores de corrientes de plena carga son típicos para motores que funcionan a las velocidades usuales de motores con bandas y motores con características normales de par.

Las tensiones enumeradas son las nominales de los motores. Las corrientes enumeradas se permitirán para sistemas con intervalos de tensión de 110 a 120 volts, 220 a 240 volts, 440 a 480 volts y 550 a 600 volts.

kW	hp	Tipo de inducción de jaula de ardilla y de rotor devanado. (amperes)							Tipo síncrono de factor de potencia unitario* (amperes)			
		115 volts	200 volts	208 volts	230 volts	460 volts	575 volts	2300 volts	230 volts	460 volts	575 volts	2300 volts
0.37	½	4.4	2.5	2.4	2.2	1.1	0.9	—	—	—	—	—
0.56	¾	6.4	3.7	3.5	3.2	1.6	1.3	—	—	—	—	—
0.75	1	8.4	4.8	4.6	4.2	2.1	1.7	—	—	—	—	—
1.12	1 ½	12	6.9	6.6	6	3	2.4	—	—	—	—	—
1.5	2	13.6	7.8	7.5	6.8	3.4	2.7	—	—	—	—	—
2.25	3	—	11	10.6	9.6	4.8	3.9	—	—	—	—	—
3.75	5	—	17.5	16.7	15.2	7.6	6.1	—	—	—	—	—
5.6	7 ½	—	25.3	24.2	22	11	9	—	—	—	—	—
7.5	10	—	32.3	30.8	28	14	11	—	—	—	—	—
11.2	15	—	48.3	46.2	42	21	17	—	—	—	—	—
14.9	20	—	62.1	59.4	54	27	22	—	—	—	—	—
18.7	25	—	78.2	74.8	68	34	27	—	53	26	21	—
22.4	30	—	92	88	80	40	32	—	63	32	26	—
29.8	40	—	120	114	104	52	41	—	93	41	33	—



310-106. Conductores

a) ~~Tamaño mínimo de los conductores. El tamaño mínimo de los conductores debe ser como se presenta en la Tabla 310-106(a), excepto lo que se permita en otras partes de esta NOM.~~

Tabla 310-106(a).- Tamaño o designación mínimo de los conductores

Tensión nominal del conductor (volts)	Cobre		Aluminio o aluminio recubierto de cobre	
	Tamaño o designación			
	mm ²	AWG	mm ²	AWG
0-2 000	2.08	14	13.3	6
2 001-5 000	8.37	8	13.3	6
5 001-8 000	13.3	6	13.3	6
8 001-15 000	33.6	2	33.6	2
15 001-28 000	42.4	1	42.4	1
28 001-35 000	53.5	1/0	53.5	1/0



ESTA INFORMACION ES SOLO CON FINES EDUCATIVOS





300-42. Protección mecánica o contra la humedad, para cables con cubierta metálica.
Cuando los conductores del cable salen de una cubierta metálica y es necesaria protección contra la humedad o daños físicos, el aislamiento de los conductores se debe proteger mediante un dispositivo terminal de la cubierta metálica del cable.

350.- Tubo conduit metálico flexible hermético a los líquidos Tipo LFMC

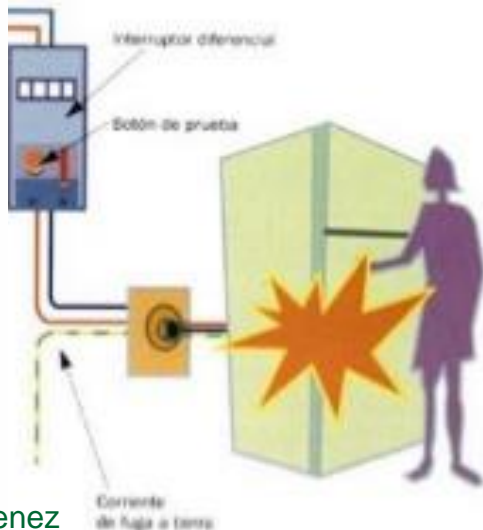




Conclusión Causas más comunes de accidentes eléctricos en restaurantes, área comunes.

ARTICULO 406 de la NOM-001-SEDE-2012 CONTACTOS, CONECTORES DE CORDÓN Y CLAVIJAS DE CONEXIÓN

210-8 a) 1) y 2), .- Los receptáculos de 127 V de 15 y 20 A, instalados en baños y cocheras de unidades de vivienda



Ing. Obed Renato Jimenez Meza Jefe de la Academia de Iluminación y Alta Tensión FIME Esta información es solo con fines educativos



Interruptores termo magnéticos de falla a tierra (GFCI por sus siglas en inglés).

Para que un interruptor GFCI abra automáticamente el circuito, tan solo basta que la diferencia entre la corriente del hilo de fase y la del hilo neutro sea de al menos **6 mili amperes** (mA). Si este valor circulara por el cuerpo de un adulto produciría un efecto de cosquilleo o una contracción muscular tolerable. Por lo tanto, un interruptor termo magnético con protección por falla a tierra es adecuado **para proteger vidas humanas** ante las fallas a tierra que pueden ocurrir con equipos eléctricos conectados en áreas como cuartos de lavado, baños, cocinas, cocheras, sótanos, jacuzzi, contactos en piso e intemperie, y otras aplicaciones similares.

Cabe señalar que el Art. 210-8 inciso "a" de la NOM-001-SEDE-2012 establece que el uso de las protecciones de circuito por falla a tierra en áreas húmedas en unidades de vivienda es **obligatorio**; sin embargo, **muy pocos hogares en México cuentan con este tipo de protección.**

Ing. Obed Renato Jimenez
Meza Jefe de la
Academia de Iluminación y
Alta Tensión FIME Esta
información es solo con
fines educativos

200-7. Uso de aislamiento color blanco o gris claro o con tres franjas continuas de color blanco

402-8. Identificación del conductor puesto a tierra. Los cables para artefactos que estén proyectados para su uso como conductores puestos a tierra, se deben identificar mediante una o más franjas blancas continuas sobre aislamientos que no sean de color verde o por los medios descritos en 400-22(a) hasta (e).

400-23. Identificación del conductor de puesta a tierra de equipos
b) Aislamiento o cubierta de color. En los cordones que no tengan conductores individuales con malla, un aislamiento de color verde continuo o de color verde con una o más franjas amarillas.



Tabla 450-3 (a)(1). Transformadores de más de 600 V

Máximo ajuste para el dispositivo de protección contra sobrecorriente					
Primario			Secundario		
Más de 600 V			Más de 600 V		600 V o menos
Impedancia del transformador	Ajuste del interruptor automático	Capacidad del fusible	Ajuste del interruptor automático	Capacidad del fusible	Ajuste del interruptor automático o capacidad del fusible
No-más del 6%	600%	300%	300%	250%	125%
Más del 6% y no más del 10%	400%	300%	250%	225%	125%

a. Primario. Cada transformador de más de 600 V nominales debe estar protegido por un dispositivo individual de sobrecorriente en el lado del primario.

Cuando se usen fusibles, su corriente eléctrica nominal continua no debe exceder 250% de la corriente primaria nominal del transformador.

Cuando se usen interruptores automáticos o fusibles con actuadores electrónicos, deben ajustarse a no-más de 300% de la corriente primaria nominal del transformador.



A su vez, son tarifas de uso específico:

Tarifa 01.-

Servicio doméstico.

Tarifa 1 A.-

Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 25 ° C (veinticinco grados centígrados).

Tarifa IB.-

Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 28 ° C (veintiocho grados centígrados).

Tarifa IC.-

Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 30 ° C (treinta grados centígrados).

Tarifa ID.-

Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 31 ° C (treinta y un grados centígrados).



Dentro del primer grupo (uso general) se consideran:

- Tarifa 02.- Servicio general hasta 25 Kw. de demanda.
- Tarifa 03.- Servicio general para mas de 25 Kw. de demanda. (en baja tensión).
- Tarifa 07.- Servicio temporal. (en baja o media tensión).
- Tarifa OM.- Servicio general en media tensión con la demanda de 100Kw. o mas.
- Tarifa HM.- Servicio general en media tensión con la demanda de 1000Kw. o mas.
- Tarifa HS.- Servicio general en alta tensión, nivel subtransmisión.
- Tarifa HT.- Servicio general en alta tensión, nivel transmisión.



- Tarifa 05.- Servicio de alumbrado publico en las zonas conurbanas de las ciudades México, D. F., Monterrey y Guadalajara.
- Tarifa 5A.- Servicio de alumbrado publico en el resto de las zonas geográficas del país
- Tarifa 06.- Servicio para bombeo de agua potable o negras de servicio públicos.
- Tarifa 09.- Servicio para bombeo de agua para riego agrícola



Dentro de esta capacitación veremos solamente las tarifas OM y HM ya que competen a la mayor parte de las empresas y/o comercios del área. Su facturación depende de los siguientes factores:

- A. La demanda máxima medida (kW) que es la demanda media en kilowatts durante cualquier intervalo de 5 (cinco) minutos en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier intervalo de 5 (cinco) minutos en el periodo de facturación. Para la tarifa OM regirá lo anterior. Para la tarifa HM se determinaran dos demandas máximas medidas una en el periodo de punta y otra en el de base; luego se determina la demanda facturable que es el resultado de sumar a la demanda máxima medida en periodo de punta, la quinta parte de diferencia de demandas.



- B. El consumo de energía útil (KWh) que hace la empresa en el período de facturación. Igual que el anterior, para la tarifa OM rige solamente un valor mientras que para la HM rigen valores en punta y en base.
- C. Cargo de 2% en los servicios que, suministrados en media tensión, la medición de demandas y consumos se hace en el secundario del transformador.
- D. Cargo a bonificación por factor de potencia. Durante el período de facturación, si el factor de potencias es menor a 90 % atrasado conlleva cargo mas sin embargo, cuando es superior de 90 % atrasado se aplicará bonificación.



EJEMPLO CALCULO DE CAPACIDAD DE UN TRANSFORMADOR

- Se tiene una instalación la cual consta del siguiente equipo:

Motores

- 4 Trifásicos, 220V, 60Hz, 1.5HP, $\eta=.87$
- 1 Trifásicos, 220V, 60Hz, 25HP, $\eta=.93$
- 3 Trifásicos, 127V, 60Hz, 1HP, $\eta=.87$

Climas

- 1 Trifásicos, 220V, 60Hz, 5 Toneladas
- 1 Trifásicos, 220V, 60Hz, 10 Toneladas

Tableros de Alumbrado

- 1 De 220V, 40KW
- 1 De 220V, 30KW
- 1 Máquina de Soldar de 25 KVA

Considerar un factor de potencia de .9 en atraso para todas las unidades



Cálculo de la Capacidad del Transformador

- Para hacer el cálculo de la potencia del transformador, primeramente se debe considerar de que tipo de industria o comercio se trata, ya que parte de ello depende la potencia calculada.
- La forma de calcular la capacidad del transformador se efectúa aplicando la siguiente ecuación.

$$\text{KVA trafo} = (\text{KVA instalados})(\text{F.D.}) + (20 \text{ o } 30\%)(\text{KVA instalados})$$



Donde:

Trafo = transformador

F.D. es el factor de demanda y representa la relación entre la demanda máxima en KVA o KW y la carga total instalada en KVA o KW. Este dato puede obtenerse de tablas, según el tipo de instalación de que se trate, ya sea industrial o comercial.

Para obtener la potencia instalada en KVA se procede a expresar las potencias de cada una de las cargas en KVA y después se suman todas ellas como se muestra a continuación.

$$KVA_{instalados} = \Sigma \text{Motores} + \Sigma \text{Máquinas de soldar} + \Sigma \text{Climas} + \Sigma \text{Tableros de Alumbrado}$$



Obtención de la potencia de los motores expresadas en KVA.

Considerando que $1 \text{ HP} = (746 \text{ NOM}) (745.7) \text{ W}$ y si se tiene la eficiencia de cada motor se toma en cuenta y se hace la sumatoria tabla 230-148 de la NOM.

$$f.p. \times KVA = KW$$

$$\Sigma \text{ Motores} = \{(4 \times 1.5) + (25) + (3 \times 1)\} \text{ HP} = 34 \text{ HP}$$

$$\Sigma \text{ Motores} = (34 \text{ HP})(0.746) = 25,364 \text{ W} = 25.36 \text{ KW}$$

$$KVA = 25.36 \text{ KW} / 0.9 = 28.18 \text{ KVA}$$

$$\Sigma \text{ Motores} = 28.18 \text{ KVA}$$

b) Obtención de la potencia de las máquinas de soldar expresada en KVA.

La potencia de las máquinas de soldar se toma directamente ya que esta expresada en KVA y su valor es de:

$$\Sigma \text{ Máquinas de soldar} = 25 \text{ KVA}$$



ESTA INFORMACION ES SOLO CON FINES EDUCATIVOS



Obtención de la potencia de los climas expresada en KVA

Considerando que 1 TON = 1700 W SIN EMBARGO DEPENDE DEL MOTOR NO DEL CLIMA POR LO QUE PUEDE VARIAR Y CON EL TIEMPO BAJA EL CONSUMO ENTRE MAS NUEVO SEA EL EQUIPO MOTORES TABLA 430-148 NOM MOTOS, tenemos que:

$$\Sigma \text{Climas} = 15 \text{Tons} \times 1700 \text{W} = 25,500 \text{W}$$

$$\Sigma \text{Climas} = 25.5 \text{KW}$$

$$\text{KVA} = 25.5 \text{KW} / .9 = 28.33 \text{KVA}$$

$$\Sigma \text{Climas} = 28.33 \text{KVA}$$

d) Obtención de la potencia de los tableros alumbrado expresada en KVA

$$\Sigma \text{Tableros de alumbrado} = 70 \text{KW}$$

$$\text{KVA} = 70 \text{KW} / .9 = 77.77 \text{KVA}$$

$$\Sigma \text{Tableros de alumbrado} = 77.77 \text{KVA}$$

Sustituyendo los valores obtenidos en la ecuación de la potencia instalada, tenemos que:

$$\text{KVA instalados} = 159.28 \text{KVA}$$

1HP = 28440 BTU/hr ; 1 TON = 12000 BTU ; y SI 1 HP = 0.7457 KW ENTONCES = 1.767309 KW POR TON



Enseguida se calcula la potencia del transformador utilizando la ecuación de la potencia del transformador sustituyendo los valores de la potencia instalada y el factor de demanda. Si se tiene un factor de demanda de 0.75

$$\text{KVA transformador} = (159.28\text{KVA})(0.75) + (30\%)(159.28\text{KVA})$$

$$\text{KVA transformador} = 167.244 \text{ KVA}$$

- Con la potencia del transformador obtenida nos vamos a las tablas de los diferentes tipos de transformadores y observamos la capacidad de transformadores de distribución; la potencia máxima al valor calculado es de 225 KVA.



ESTA INFORMACIÓN ES SOLO CON FINES EDUCATIVOS

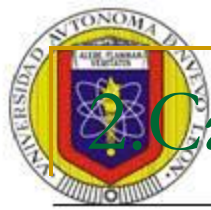
Tabla 450-3(a).- Valor nominal o ajuste máximo de la protección contra sobrecorriente para transformadores de más de 600 volts (como porcentaje de la corriente nominal del transformador).



Limitaciones sobre el lugar	Impedancia nominal del transformador	Protección del secundario (ver la Nota 2)				
		Protección del primario, más de 600 volts		Más de 600 volts		
		Interruptor automático (ver la Nota 4)	Valor nominal del fusible	Interruptor automático (ver la Nota 4)	Valor nominal del fusible	600 volts o menos
						Valor nominal del interruptor automático o fusible
Cualquier lugar	No más del 6%	600% (ver Nota 1)	300% (ver Nota 1)	300% (ver Nota 1)	250% (ver Nota 1)	125% (ver Nota 1)
	Más del 6%, pero máximo el 10%	400% (ver Nota 1)	300% (ver Nota 1)	250% (ver Nota 1)	225% (ver Nota 1)	125% (ver Nota 1)
Lugares supervisados únicamente (ver Nota 3).	Cualquiera	300% (ver Nota 1)	250% (ver Nota 1)	No se exige	No se exige	No se exige
	No más del 6%	600%	300%	300% (ver Nota 5)	250% (ver Nota 5)	250% (ver Nota 5)
	Más del 6% pero máximo el 10%	400%	300%	250% (ver Nota 5)	250% (ver Nota 5)	250% (ver Nota 5)

NOTAS:

1. Cuando el valor nominal del fusible o el ajuste del interruptor automático exigido no correspondan a un valor nominal o ajuste estándares, se permitirá tomar el valor nominal o ajuste estándar inmediatamente superior.
2. Cuando se exija protección contra sobrecorriente del secundario, se permitirá que el dispositivo de protección contra sobrecorriente del secundario esté compuesto por un máximo de seis interruptores automáticos o seis grupos de fusibles agrupados en un lugar. Cuando se utilicen dispositivos múltiples de protección contra sobrecorriente, el total de los valores nominales de los dispositivos no debe exceder el valor permitido para un solo dispositivo de protección contra sobrecorriente. Si como dispositivo de protección contra sobrecorriente se utilizan tanto interruptores como fusibles, el total de los valores nominales del dispositivo no debe exceder el permitido para los fusibles.
3. Un lugar supervisado es aquel en que las condiciones de mantenimiento y supervisión aseguren que solamente personal calificado supervisará y prestará servicio a la instalación de transformadores.
4. Los fusibles accionados electrónicamente que se puedan ajustar para abrir a una corriente específica se deben ajustar de acuerdo con los ajustes para interruptores automáticos.
5. Se permitirá que un transformador equipado por el fabricante con protección térmica coordinada contra sobrecarga no tenga protección independiente del secundario.



Cálculo de la protección de Alta Tensión

- Para el cálculo de la protección de alta tensión es necesario obtener la corriente nominal en alta tensión y multiplicar esta corriente por el 200%, las fórmulas a aplicar son las siguientes.

$$I_{nom.A.T} = \frac{KVA_{Transformador}}{(\sqrt{3})(KV_{Nom.A.T})}$$

$$I_{nom.A.T} = (2)(I_{nom.A.T})$$

$$I_{nom.A.T} = \frac{225KVA}{(\sqrt{3})(13.2KV)} = 9.84Amps$$

$$I_{nom.A.T} = 19.68Amps$$

- Con la corriente calculada para el fusible se busca en las tablas de la capacidad de un fusible que tenga este valor y si no lo hay seleccionamos el de valor inmediato superior a este;

$$I_{nom.A.T} = 25Amps$$



3 Cálculo del Interruptor General de Baja Tensión

- Para seleccionar el interruptor de baja es necesario calcular la corriente nominal en el lado de baja tensión del transformador calculando con la aplicación de la siguiente fórmula:

$$I_{nom.B.T} = \frac{KVATransformador}{(\sqrt{3})(KVNom.B.T)}$$

$$I_{nom.B.T} = \frac{225KVA}{(\sqrt{3})(0.22KV)} = 590.47Amps$$

- Con la corriente obtenida para el termomagnético se busca en las tablas la capacidad de un termomagnético que tenga este valor o seleccionamos el valor inmediato superior a este (se deberá tener en cuenta la capacidad interruptiva, el tiempo de operación y el voltaje de operación);

Térmico 3 x 600 Amps



4. Selección de los Apartarrayos

- Para seleccionar el apartarrayo que protegerá al transformador se aplicará la siguiente ecuación:

$$KV_{L-N} = \frac{KVL - L}{\sqrt{3}} \qquad KV_{L-N} = \frac{13.2KV}{\sqrt{3}} = 7.62KV$$

- El voltaje en el apartarrayos debe seleccionarse al 150% del voltaje de fase a tierra por lo tanto tenemos que:

$$V_{apartarrayos} = (1.5)(7.62KV) = 11.43KV$$

Dado la existencia se seleccionan tres apartarrayos de:

12KV



5. Capacidad Interruptiva

- En este punto se determina el valor máximo de la corriente del cortocircuito, para ello se considera un cortocircuito trifásico, y se resuelve por el método de barra infinita, el cual es un método aceptado y valido por verificadores.

$$I_{cc} = I_{nominal} \times I_{p.u.}$$

- Si se tiene como dato que la impedancia del transformador es de $Z_t = 2.5$ a 3.17% , entonces se toma el valor de 2.5% ya que es el que limita menos la corriente

$$Z_t = 2.5\%$$

$$V = I \times Z$$



Si $2.5\% = 0.025$ p.u. y el voltaje es de $0.220\text{KV} = 1$ p.u.

$$I_{p.u.} = \frac{1}{Z_t}$$

$$I_{p.u.} = \frac{1}{0.025} = 40$$

$$I_{nom} = \frac{225\text{KVA}}{\sqrt{3}(0.22\text{KV})} = 590.47\text{Amps}$$

$$I_{cc} = I_{nominal} \times I_{p.u.} = 23,618\text{Amps}$$

- Este valor nos sirve para determinar si los interruptores que seleccionaremos serán de alta o baja capacidad interruptiva.