

INDICE

CAPITULO 1: DETERMINACION DE DEMANDAS MAXIMAS

- 1.1 Clasificación de tipos de instalación*
- 1.2 Niveles de consumo de instalaciones domiciliarias*
- 1.3 Determinación de la demanda máxima en instalaciones domiciliarias (viviendas unifamiliares)*
- 1.4 Determinación de la demanda máxima en edificios destinados principalmente a viviendas*
- 1.5 Demanda máxima correspondiente a edificios comerciales o de oficinas*
- 1.6 Determinación de la demanda máxima en instalaciones industriales*
- 1.7 Determinación de la demanda máxima en instalaciones de edificios públicos e instalaciones especiales*

CAPITULO 2: INSTALACIONES DE ENLACE DE BAJA Y MEDIA TENSION

- 2.1 Red de distribución*
- 2.2 Acometidas en baja tensión*
- 2.3 Acometidas de media tensión*

CAPITULO 3: TABLEROS DE LAS INSTALACIONES INTERIORES

- 3.1 Generalidades*
- 3.2 Tableros de distribución y auxiliares*
- 3.3 Descripción de los grados de protección para los diferentes tipos de tableros*
- 3.4 Capacidad de transporte de barras de cobre para su utilización en tableros*

CAPITULO 4: CONDUCTORES

- 4.1 Consideraciones generales*
- 4.2 Definición de las alternativas*
- 4.3 Consideraciones para el dimensionamiento*
- 4.4 Análisis de los resultados*
- 4.5 Construcción*
- 4.6 Blindaje sobre el conductor (interna)*
- 4.7 Aislamiento*
- 4.8 Blindaje sobre los aislamientos (externa)*
- 4.9 Protecciones*
- 4.10 Dimensionamiento de los aislamientos*

CAPITULO 5: ALIMENTADORES PRINCIPALES

- 5.1 Definición*
- 5.2 Cálculo de alimentadores para abastecer cargas de iluminación y tomacorrientes*
- 5.3 Cálculo de conductores alimentadores para abastecer cargas de fuerza o de motores*

CAPITULO 6: CIRCUITOS DERIVADOS

- 6.1 Generalidades*
- 6.2 Clasificación*
- 6.3 Factor de potencia*

CAPITULO 7: ACCESORIOS PARA CANALIZACION ELECTRICA

- 7.1 Generalidades*
- 7.2 Cajas de conexión*
- 7.3 Conectores*
- 7.4 Condulets*

CAPITULO 8: SISTEMAS DE INSTALACION

- 8.1 Clasificación de los sistemas de instalación*
- 8.2 Canalizaciones con conductores aislados sobre aisladores*
- 8.3 Canalizaciones con conductores aislados en tubos protectores*
- 8.4 Conductores aislados instalados en zanjás*
- 8.5 Conductores aislados colocados en bandejas*
- 8.6 Conductores aislados tendidos en electroductos*
- 8.7 Conductores en molduras*
- 8.8 Paso a través de elementos de la construcción*
- 8.9 Instalaciones enterradas*
- 8.10 Instalaciones pre-fabricadas ("bus - way")*

CAPITULO 9: SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA

- 9.1 Generalidades*
- 9.2 Sistema TN*
- 9.3 Sistema TT*
- 9.4 Sistema IT*
- 9.5 Alimentación*
- 9.6 Cálculo de la resistencia de puesta a tierra*

CAPITULO 10: INSTALACION DE PUESTA A TIERRA EN EDIFICIOS

- 10.1 Definición de puesta a tierra*
- 10.2 Partes que comprende la puesta a tierra*
- 10.3 Prohibición de incluir en serie las masas y los elementos metálicos en el circuito de tierra*
- 10.4 Tomas de tierra independientes*
- 10.5 Electrodo, naturaleza, constitución, dimensiones y condiciones de instalación*
- 10.6 Resistencia de tierra*
- 10.7 Características y condiciones de instalación de las líneas de enlace con tierra, de las líneas principales de tierra y de sus derivaciones*
- 10.8 Revisión de tomas de tierra*
- 10.9 La red de tierra externa*
- 10.10 Mediciones con el ohmetro*
- 10.11 Materiales*
- 10.12 Recomendaciones*

CAPITULO 11: PROTECCION CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS

- 11.1 Introducción*
- 11.2 Consideraciones sobre el origen de los rayos*
- 11.3 Pararrayos de punta*
- 11.4 Dimensionamiento de una instalación de pararrayos*

CAPITULO 12: DISPOSITIVOS FUSIBLE

- 12.1 Generalidades*
- 12.2 Información técnica de fusibles “siemens”*

CAPITULO 13: DISYUNTORES DE BAJA TENSION

- 13.1 Generalidades*
- 13.2 Poder de corte*
- 13.3 Selectividad de protecciones*
- 13.4 Característica del lugar de la instalación*
- 13.5 Datos de los disyuntores termomagnéticos “siemens”*

CAPITULO 14: DISPOSITIVOS A CORRIENTE DIFERENCIAL RESIDUAL

- 14.1 Generalidades*

CAPITULO 15: CONDUCTORES DE PROTECCION

- 15.1 Generalidades*
- 15.2 Dimensionamiento de los conductores de protección*
- 15.3 Tipos de conductores de protección*
- 15.4 Conservación y continuidad eléctrica de los conductores de protección*

CAPITULO 16: AISLACIONES DE EQUIPOS ELECTRICOS

- 16.1 Generalidades*
- 16.2 Clasificación de equipos y materiales eléctricos*

CAPITULO 17: GRADOS DE PROTECCION DE CUBIERTAS DE EQUIPOS ELECTRICOS

- 17.1 Generalidades*

CAPITULO 18: PROTECCION CONTRA LOS CONTACTOS ELECTRICOS

- 18.1 Generalidades*
- 18.2 Protección simultanea contra contactos directos e indirectos*
- 18.3 Protección contra los contactos directos*
- 18.4 Protección contra los contactos indirectos*

CAPITULO 19: PROTECCION CONTRA LAS SOBRECORRIENTES

- 19.1 Requisitos de protección contra las sobrecorrientes*
- 19.2 Naturaleza de los dispositivos de protección*
- 19.3 Protección contra corrientes de sobrecarga*
- 19.4 Protección contra corrientes de cortocircuito*
- 19.5 Coordinación entre la protección contra corrientes de sobrecarga y la protección contra corrientes de cortocircuitos*
- 19.6 Limitación de las sobrecorrientes por las características de la alimentación*
- 19.7 Aplicación de las medidas de protección para garantizar la seguridad en la protección contra las sobrecorrientes.*
- 19.8 Selectividad*

CAPITULO 20: INSTALACIONES EN LOCALES DE PUBLICA CONCURRENCIA

- 20.1 Locales de publica concurrencia*
- 20.2 Alumbrados especiales*
- 20.3 Fuentes propias de energía*
- 20.4 Prescripciones de carácter general*
- 20.5 Prescripciones complementarias para locales de espectáculos*
- 20.6 Prescripciones complementarias para locales de reunión*
- 20.7 Prescripciones complementarias para establecimientos sanitarios*
- 20.8 Aparatos médicos, condiciones generales de instalación*
- 20.9 Aparatos de rayos x, condiciones generales de instalación*

CAPITULO 21: INSTALACIONES EN LOCALES CON RIESGO DE INCENDIO O EXPLOSION

- 21.1 Locales con riesgo de incendio o explosión*
- 21.2 Clasificación*
- 21.3 Sistemas de protección*
- 21.4 Prescripciones para las instalaciones en estos locales*

CAPITULO 22: INSTALACIONES EN LOCALES DE CARACTERISTICAS ESPECIALES

- 22.1 Instalaciones en locales húmedos*
- 22.2 Instalaciones en locales mojados*
- 22.3 Instalaciones en locales con riesgo de corrosión*
- 22.4 Instalaciones en locales polvorientos sin riesgo de incendio o explosión*
- 22.5 Instalaciones en locales o temperatura elevada*
- 22.6 Instalaciones en locales a muy baja temperatura*
- 22.7 Instalaciones en locales en que existan baterías de acumuladores*
- 22.8 Instalaciones en estaciones de servicio, garajes y talleres de reparación de vehículos*

CAPITULO 23: INSTALACIONES CON FINES ESPECIALES

- 23.1 Instalaciones para maquinas de elevación y transporte*
- 23.2 Instalaciones para piscinas*
- 23.3 Instalaciones provisionales*
- 23.4 Instalaciones temporales, obras*

CAPITULO 24: INSTALACIONES ELECTRICAS COMPLEMENTARIAS

- 24.1 Generalidades*
- 24.2 Consideraciones*
- 24.3 Instalaciones telefónicas*
- 24.4 Instalación de sistemas de protección contra incendios*
- 24.5 Sistemas de protección de personas y objetos de valor*
- 24.6 Servicio suplementario para la protección contra incendios*
- 24.7 Instalaciones de balizamiento*

CAPITULO 25: RECEPTORES PARA ALUMBRADO

- 25.1 Prohibición de la utilización conjunta con otros sistemas de iluminación*
- 25.2 portalámparas*
- 25.3 Indicaciones en las lámparas*
- 25.4 Instalación de lámparas*
- 25.5 Empleo de pequeñas tensiones para alumbrado*
- 25.6 Instalación de lámparas o tubos de descarga*

CAPITULO 26: INSTALACION DE APARATOS DE CALDEO Y UTENSILIOS DOMESTICOS

- 26.1 Condiciones generales de instalación*
- 26.2 Aparatos productores de agua caliente y vapor en los que el circuito eléctrico está aislado del agua*
- 26.3 Calentadores de agua en los que ésta forma parte del circuito eléctrico*
- 26.4 Calentadores provistos de elementos de caldeo desnudos sumergidos en el agua*
- 26.5 Aparatos de caldeo por aire caliente*
- 26.6 Conductores de caldeo*
- 26.7 Cocinas y hornillas*
- 26.8 Aparatos para soldadura eléctrica por arco*

CAPITULO 27: AMBITOS DE UNA INSTALACION

- 27.1 Generalidades*
- 27.2 Elección de aparatos*
- 27.3 Funciones de una salida*
- 27.4 Características de la red*
- 27.5 Intensidad de cortocircuito*

CAPITULO 28: DIMENSIONAMIENTO DE CIRCUITOS DE MOTORES

- 28.1 Generalidades*
- 28.2 Características nominales de los motores de inducción*
- 28.3 “Layouts” y componentes de los circuitos de motores*
- 28.4 Protección contra las sobrecargas (cerca del motor)*
- 28.5 Protección contra cortocircuitos*
- 28.6 Protección de respaldo*
- 28.7 Seccionamiento*

CAPITULO 29: COMANDO Y PROTECCION DE POTENCIA

- 29.1 Generalidades*
- 29.2 Funciones de una salida motor*
- 29.3 Elección de contactores*
- 29.4 Asociación de aparatos*
- 29.5 Coordinación de protección*
- 29.6 Instalación y mantenimiento de aparatos de maniobra*

CAPITULO 30: COMPENSACION DEL FACTOR DE POTENCIA

- 30.1 Generalidades*
- 30.2 Consumo y producción de potencia reactiva*
- 30.3 Compensación del factor de potencia*
- 30.4 Ventajas de la compensación*
- 30.5 Medición de la potencia reactiva y del factor de potencia*
- 30.6 Determinación de la potencia de un condensador*
- 30.7 Instalación de las baterías de condensadores*
- 30.8 Baterías de condensadores con regulación automática*
- 30.9 Compensación fija o automática*
- 30.10 Aparatos con compensación directa*
- 30.11 Aparatos de conexión y protección*
- 30.12 Influencia de los armónicos*
- 30.13 Instalación*
- 30.14 Ejemplo de instalación*
- 30.15 Cálculo de la potencia reactiva*

CAPITULO 31: DEFINICIONES Y TERMINOLOGIA

- 31.1 Terminología*
- 31.2 Definiciones*

ANEXO 1: APARATOS MODULARES PARA INSTALACIONES EN BAJA TENSION

- 1.1 Introducción*
- 1.2 Interruptores automáticos (disyuntores)*
- 1.3 Interruptores y bloques diferenciales*
- 1.4 Dispositivos de protección*
- 1.5 Dispositivos de mando*
- 1.6 Dispositivos de control*
- 1.7 Dispositivos de medida*
- 1.8 Otras funciones modulares*

CAPITULO 1

DETERMINACION DE DEMANDAS MAXIMAS

CAPITULO 1

DETERMINACION DE DEMANDAS MAXIMAS

1.1 CLASIFICACION DE TIPOS DE INSTALACION

Las instalaciones eléctricas interiores en función del uso de la energía, se clasifican de la siguiente manera:

- Domiciliarias
- Edificios destinados principalmente a viviendas
- Edificios comerciales o de oficinas
- Edificios públicos
- Industriales

En cada caso es necesario determinar la demanda máxima, con la cual se dimensionan las instalaciones de enlace (acometidas) y la potencia del transformador propio si es el caso.

1.2 NIVELES DE CONSUMO DE INSTALACIONES DOMICILIARIAS

La determinación del nivel de consumo de una instalación domiciliaria se hace de acuerdo con las cargas previstas para esta vivienda, sin embargo, si no se conoce la utilización que tendrá la vivienda, el grado de electrificación dependerá de la superficie (ver Tabla 1.1).

1.2.1 Determinación de niveles de consumo

El nivel de consumo de las viviendas será el que de acuerdo con las utilizaciones anteriores determine el proyecto. Sin embargo como mínimo dependerá de la superficie de la vivienda de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 1.1
Niveles de consumo de energía y demanda máxima, según la superficie de la vivienda

Nivel de consumo	Previsión de demanda máxima (W)	Aparatos y equipos instalados	Superficie máxima (m²)
Mínimo	3000	Iluminación, refrigerador, plancha eléctrica, TV, radio, lavadora y pequeños artefactos electrodomésticos.	80
Medio	7000	Todos los anteriores más ducha eléctrica, cocina eléctrica, calentador eléctrico de agua y otros aparatos electrodomésticos.	140
Elevado	Mayor a 7000	Todos los anteriores en gran número de potencias unitarias elevadas, más calefacción eléctrico y aire acondicionado.	Mayor a 140

1.3 DETERMINACION DE LA DEMANDA MAXIMA EN INSTALACIONES DOMICILIARIAS (VIVIENDAS UNIFAMILIARES)

En la determinación de la demanda máxima de una vivienda unifamiliar, debe primeramente preverse las cargas que serán instaladas y luego considerar las posibilidades de no-simultaneidad de su funcionamiento.

En instalaciones de este tipo deben localizarse y caracterizarse:

- a) Equipos de iluminación
- b) Puntos de tomacorriente
- c) Equipos de fuerza de potencia igual o mayor a 2000 W

1.3.1 Potencia instalada de iluminación

La potencia total del circuito de iluminación, estará determinada a partir de los cálculos luminotécnicos respectivos (Método de los Lúmenes o Cavidades Zonales), de acuerdo con los niveles de iluminación prescritos por cada tipo de ambiente, tipo de iluminación, tipo de luminaria, tipo de fuente de luz, etc.

En instalaciones domiciliarias y en ambientes de dimensiones reducidas donde no se realicen tareas visuales severas, se puede obviar un proyecto formal de iluminación. En éste caso debe cumplirse:

- El tipo de lámpara y de luminaria debe ser elegido a criterio.
- Los puntos de luz deben disponerse en el local tratando de obtener la iluminación más uniforme posible.
- Para efectos de estimación de las potencias nominales instaladas en circuitos de iluminación en instalaciones domiciliarias, se puede utilizar como base los valores de densidad de carga de la siguiente tabla:

Tabla 1.2
Densidad de carga para iluminación (W/m²)

Nivel de consumo	Iluminación incandescente	Iluminación fluorescente (alto factor de potencia)
Mínimo	10	6
Medio	15	6
Elevado	20	8

Para las luminarias fijas de iluminación incandescente, la potencia debe tomarse igual a la suma de las potencias nominales de las lámparas:

- En ambientes con una superficie de hasta 6 m² se debe considerar como mínimo una potencia de 60 W por punto de iluminación incandescente
- Para ambientes con una superficie entre 6 m² a 15 m² se debe considerar como mínimo de 100 W por punto de iluminación incandescente.

Para las luminarias fijas de iluminación con lámparas de descarga (Fluorescentes), la potencia debe considerar la potencia nominal de la lámpara y los accesorios a partir de los datos del fabricante. Si no se conocen datos precisos, la potencia nominal de las luminarias debe tenerse como mínimo **1.8** veces la potencia nominal de la lámpara en vatios.

1.3.2 Potencia instalada en tomacorrientes:

El número mínimo de tomacorrientes se determinará, de acuerdo a los siguientes criterios:

- a) Local o dependencia de área igual o inferior a 10 m² una toma
- b) Local o dependencia de área superior a 10 m², el número mayor a partir de las siguientes alternativas:
 - Una toma por cada 10 m²
 - Una toma por cada 5 m de perímetro
- c) En baños: 1 toma (normalmente elevado por problema de humedad)

A cada toma se atribuirá una potencia de 200 W para efectos de cálculo de cantidad como de potencia, las tomas dobles o triples instaladas en una misma caja, deben considerarse como una sola.

Cabe destacar que el número de tomacorrientes determinado como se indicó, es un número mínimo, en general es mejor incrementar el número de tomacorrientes.

1.3.3 Potencia instalada en fuerza

Todos los equipos o aparatos con potencia igual o mayores a 2000 W se considera como ligados a tomas de uso específico y la potencia instalada será la suma de las potencias nominales de los aparatos.

1.3.4 Demandas máximas

- a) La potencia instalada de iluminación y tomacorrientes se afectarán de los siguientes factores de demanda (ver Tabla 1.3).
- b) La potencia instalada de fuerza se afectará de los siguientes factores de demanda (ver Tabla 1.4)

Tabla 1.3
Factor de demanda para iluminación
y tomacorriente

Potencia instalada	Factor de demanda
Los primeros 3000 W	100 %
De 3001 W a 8000 W	35 %
8001 W ó más	25 %

Tabla 1.4
Factor de demanda para tomas de fuerza

N° de equipos	Factor de demanda
2 ó menos	100%
3 a 5	75%
6 ó más	50%

1.4 DETERMINACION DE LA DEMANDA MAXIMA EN EDIFICIOS DESTINADOS PRINCIPALMENTE A VIVIENDAS

La demanda máxima simultánea correspondiente a un edificio destinado principalmente a viviendas, resulta de la suma de:

- Las demandas máximas simultáneas correspondientes al conjunto de departamentos,
- De la demanda máxima de los servicios generales del edificio,
- Las demandas máximas de los locales comerciales ó de oficinas si hubieran.

Cada una de las demandas se calculará de la siguiente forma:

1.4.1 Demanda máxima simultánea correspondiente al conjunto de viviendas.

Se obtiene sumando las demandas máximas por vivienda señaladas en el punto 1.3. Este valor deberá multiplicarse por un factor de simultaneidad que corresponde aplicar por la razón de la no-coincidencia de las demandas máximas de cada vivienda. En la Tabla siguiente se dan los valores de este factor en función del número de viviendas.

Tabla 1.5
Factor de simultaneidad

N° de viviendas unifamiliares	Nivel de consumo mínimo y medio (S)	Nivel de consumo elevado (S)
2 a 4	1.0	0.8
5 a 10	0.8	0.7
11 a 20	0.6	0.5
21 a 30	0.4	0.3

S = factor de simultaneidad

Es decir: $D_{Dep} = N \times D_{Max\ d} \times S$
Donde:
 D_{Dep} = Demanda máxima del conjunto de departamentos
 N = Número de departamentos
 S = Factor de simultaneidad
 $D_{Max\ d}$ = Demanda de un departamento

1.4.2 Demanda máxima correspondiente a los servicios generales del edificio

Será la suma de la potencia instalada en ascensores, bombas hidráulicas, montacargas, iluminación de gradas, circulación, parqueos, vivienda de portería y otros de uso general del edificio, entonces aquí no se aplica ningún factor de demanda. $D_{Max\ SG} = \sum P_{Ins\ SG}$

La potencia instalada en servicios generales se obtiene con la siguiente fórmula:
 $P_{Inst\ SG} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4$

Donde:
 P_1 = Potencia de aparatos elevadores (ascensores y montacargas).
 P_2 = Potencia de alumbrado de zonas comunes (Portal, escalera, etc.).
 P_3 = Potencia de servicios centralizados de calefacción y agua caliente.
 P_4 = Potencia de otros servicios.

a) **Cálculo de P_1 (aparatos elevadores).**- En ausencia de datos del aparato elevador, se utilizan los valores de la Tabla 1.6, en función del tipo de ascensor.

Tabla 1.6
Relación de aparatos elevadores

Ascensor	Carga kg	Nº de personas	Velocidad m/seg	Potencia kW
Tipo A	400	5	0.63	4.5
Tipo B	400	5	1.00	7.5
Tipo C	630	8	1.00	11.5
Tipo D	630	8	1.60	18.5
Tipo E	1000	13	1.60	29.5
Tipo F	1000	13	2.50	46
Tipo G	1600	21	2.50	73.5
Tipo H	1600	21	3.50	103

b) **Cálculo de P_2 (alumbrado).**-Se determina como la suma de las potencias obtenidas por las zonas comunes (portal, gradas, patios) de los valores de la Tabla 1.7.

Tabla 1.7
Potencia de alumbrado zonas comunes

Alumbrado zonas comunes, portal, gradas, patios	Incandescentes	15 W/m ²
	Fluorescentes	4 W/m ²
Garajes - departamento para uso del conserje	Alumbrado	5 W/m ²
	Alumbrado más ventilación	5 W/m ²

- c) **Cálculo de P₃ (Calefacción y agua caliente).**- En esta operación se incluirán los valores de la potencia de los sistemas de calefacción y agua caliente centralizada que disponga el edificio, y que el fabricante de los equipos facilite.
- d) **Cálculo de P₄ (Otros servicios).**- Incluirán las potencias que pertenezcan a zonas comunes, no consideradas en los anteriores cálculos como: Grupos de presión de agua, iluminación de jardines, depuración de piscinas, etc.

1.4.3 Demanda máxima correspondiente a los locales comerciales del edificio

- a) La potencia de iluminación se calcula en base a una densidad de carga de:
 - **20 W/m²** para la iluminación incandescente y
 - **8 W/m²** para la iluminación fluorescente.
- b) La potencia de tomacorrientes se toma como:
 - Una toma de 200 W por cada 30 m² o fracción; a esto debe añadirse las tomas destinadas a conexión de lámparas, tomas de vitrina y las destinadas a demostración de aparatos.

La demanda máxima será la suma de la potencia de iluminación y tomacorrientes afectados por el factor de demanda indicado en 1.3.4 (Tabla 1.3) con un mínimo de 1000 W por local.

Por lo tanto, la demanda máxima de un edificio destinado principalmente a viviendas es:

$$D_{MAX} = D_{Dep} + D_{SG} + D_C$$

Donde:

- D_{MAX} = Demanda máxima total del edificio
- D_{Dep} = Demanda máxima de los departamentos
- D_{SG} = Demanda máxima de los servicios generales
- D_C = Demanda máxima de la parte comercial o de oficinas

Cabe hacer notar, que en edificios pueden darse consideraciones de departamentos de consumo medio, mínimo o elevado. En este caso, el factor de simultaneidad calculado por separado por cada tipo de departamento conducirá a una demanda máxima muy conservadora. En este caso es más razonable utilizar el número total de departamentos, por consumo mínimo, medio o elevado y aplicar este factor a la potencia de cada tipo de departamento.

1.5 DEMANDA MAXIMA CORRESPONDIENTE A EDIFICIOS COMERCIALES O DE OFICINAS

1.5.1 Determinación de la potencia instalada

La potencia instalada en edificios comerciales o de oficinas, será la que de acuerdo a las utilizaciones determina el proyectista, sin embargo, como mínimo dependerá de la superficie del local de acuerdo con los siguientes valores:

- a) **Potencia de iluminación:**

Tabla 1.8
Densidad de carga para iluminación en W/m²

Tipo de local	Iluminación incandescente	Iluminación fluorescente (de alto factor de potencia)
Oficinas	25	10
Comerciales	20	8

Son aplicables las prescripciones del punto 1.3.1 sobre la determinación de la potencia instalada, tanto para el caso de luminarias fijas de iluminación incandescentes o fluorescentes.

b) Potencia para tomacorrientes:

- En oficinas, tiendas comerciales o locales análogos con áreas iguales o **inferiores a 40 m²**, el número mínimo de tomacorrientes debe calcularse tomando como base los dos criterios que se indican a continuación, adoptando el que conduce a un número mayor:
 - 1 toma por cada 5 m o fracción de su perímetro
 - 1 toma por cada 8 m² o fracción de área distribuidas lo más uniformemente posible.
- En oficinas con áreas **superiores a 40 m²**, la cantidad de tomas debe calcularse tomando el siguiente criterio:
 - 5 tomas por los primeros 40 m² y
 - 1 toma por cada 10 m² o fracción de área resultante, distribuidas lo mas uniformemente posible.
- En tiendas comerciales, debe preverse tomas en cantidad no menor a una toma por cada 30 m² o fracción, sin tomar en cuenta las tomas destinadas a conexiones de lámpara, tomas de vitrinas y las destinadas a demostración de aparatos.
- A las tomas en oficinas y tiendas comerciales deben atribuirse como mínimo una carga de 200 W por toma.
- Para efectos de cálculo (tanto de cantidad como de potencia), las tomas dobles o triples montadas en la misma caja deben computarse como una sola.

1.5.2 Determinación de la demanda máxima

a) Demanda máxima simultánea correspondiente al conjunto de oficinas y comercios.

La demanda máxima por oficina o local comercial se tomará como el 100 % de la potencia instalada y la demanda máxima del conjunto se determinará de acuerdo a la siguiente Tabla:

Tabla 1.9
Factor de demanda en edificios comerciales u oficinas

Potencia instalada	Factor de demanda
Primeros 20000 W	100%
Exceso de 20000 W	70%

b) Demanda máxima correspondiente a los servicios generales del edificio, se procederá de manera similar al punto 1.4.2.

1.6 DETERMINACION DE LA DEMANDA MAXIMA EN INSTALACIONES INDUSTRIALES

La demanda máxima en instalaciones industriales, se determina de acuerdo a las exigencias particulares de cada industria.

1.7 DETERMINACION DE LA DEMANDA MAXIMA EN INSTALACIONES DE EDIFICIOS PUBLICOS E INSTALACIONES ESPECIALES

Para la demanda máxima en instalaciones de edificios públicos e instalaciones especiales correspondientes a iluminación general se puede utilizar la siguiente Tabla:

Tabla 1.10
Factor de demanda para iluminación en edificios públicos

Tipo de local	Potencia por m ² W/m ²	Potencia a la cual es aplicado el factor de demanda (W)	Factor de demanda
Salas de espectáculo	10	Total vatios	100%
Bancos	20	Total vatios	100%
Peluquería y salones de belleza	30	Total vatios	100%
Iglesias	10	Total vatios	100%
Clubes	20	Total vatios	100%
Juzgados y audiencias	20	Total vatios	100%
Hospitales	20	50000 ó menor sobre 50000	40% 20%
Hoteles	10	20000 ó próximos 80000 exceso sobre 100000	50% 40% 30%
Habitaciones de hospedaje	15	Total vatios	100%
Restaurantes	20	Total vatios	100%
Escuelas	30	Total vatios	100%
Vestíbulos de edificios públicos y salas de espectáculos	10		
Vestíbulos corredores	5		
Espacios cerrados destinados a almacenaje, W.C.	3		

Para cualquier otro tipo de instalación especial, la demanda máxima se ajustará a las determinaciones y criterios del proyectista.

Para la demanda máxima en instalaciones de edificios públicos e instalaciones especiales correspondientes a tomacorrientes para uso general, se podrá utilizar la siguiente tabla:

Tabla 1.11
Factor de demanda para toma corrientes en edificios públicos

Tipos de local	Nº de tomas por 20 m ²	Potencia a la cual es aplicado el factor de demanda (W)	Factor de demanda
Salas de espectáculo	1	Total vatios	20%
Bancos	2	Total vatios	70%
Peluquerías y salones de belleza	4	Total vatios	80%
Iglesias	1	Total vatios	20%
Clubes	2	Total vatios	30%
Juzgados y audiencias	3	Total vatios	40%
Hospitales	3	50000 ó menos sobre 50000	40% 20%
Hoteles	4	20000 ó próximos 80000 exceso sobre 100000	50% 40% 30%
Habitaciones de hospedaje	3	10000 ó menos próximos 40000 exceso de 50000	100% 35% 25%
Restaurantes	2	Total vatios	30%
Escuelas	2	Total vatios	20%

Ejemplo 1.1

Para una superficie total de 70 m^2 y un ambiente de 5 m. de largo y 3 m. de ancho. Determinar la potencia a instalar, considerando iluminación incandescente.

$$A = 5 \times 3 = 15 \text{ m}^2$$

De la Tabla 1.1 nivel de consumo mínimo y de la tabla 1.2 la densidad de carga = 10 W/m^2

Entonces:

$15 \times 10 = 150 \text{ W}$ necesarios para la iluminación, es decir 2 puntos de 100 W, aproximadamente.

Ejemplo 1.2

Para una superficie total de 144 m^2 y un ambiente de 7 m. de largo y 4 m. de ancho. Determinar la potencia a instalar, considerando iluminación fluorescente.

$$A = 7 \times 4 = 28 \text{ m}^2$$

De la tabla 1.1 nivel de consumo elevado y de la Tabla 1.2 la densidad de carga = 10 W/m^2

Entonces:

$28 \times 10 \times 1.8 = 504 \text{ W}$ necesarios para la iluminación.

Nota: El valor de **1.8** veces se considera para el cálculo de la potencia de los circuitos de iluminación.

Ejemplo 1.3

Se tiene un ambiente de 6 m. de largo y 5 m. de ancho, Determinar la mayor cantidad de tomacorrientes a partir del área o perímetro.

$$\text{Por el área} = 6 \times 5 = 30 \text{ m}^2$$

Entonces:

$$30/10 = 3 \text{ Tomacorrientes,}$$

$$\text{Por el perímetro} = 6 \times 2 + 5 \times 2 = 22 \text{ m.}$$

Entonces:

$$22/5 = 4.4 \approx 5 \text{ Tomacorrientes}$$

Comparando ambos resultados tomamos el que conduce al número mayor, y en este caso es 5 tomacorrientes este es un número mínimo, es posible incrementar la cantidad en el diseño de una instalación.

Ejemplo 1.4

Determinar la Demanda máxima de iluminación y tomacorriente, sobre la base de los siguientes datos:

Potencia instalada en iluminación = 8000 W

Potencia instalada en tomacorrientes = 7000 W

Entonces:

$$P_{\text{Inst I+T}} = 8000 + 7000 = 15000 \text{ W}$$

Luego afectando por el factor de demanda tenemos la Demanda máxima

Los primeros 3000 W x 1.0 = 3000 W
Los siguientes 5000 W x 0.35 = 1750 W
 7000 W x 0.25 = 1750 W

$$P_{Inst\ I+T} = 15000\ W \qquad 6500\ W = D_{Max\ I+T}$$

Ejemplo 1.5

Determinar la Demanda máxima de fuerza:

3 equipos c/u de 2500 W, o 2 equipos de 2400 W y uno de 2700 W
La cantidad de equipos esta en el rango 3 – 5 de la Tabla 1.4, entonces el factor de demanda = 0.75
Luego la demanda máxima de fuerza para cada caso será:
 $D_{Max\ F} = 3 \times 2500 \times 0.75 = 5625\ W$
 $D_{Max\ F} = (2 \times 2400 + 1 \times 2700) \times 0.75 = 5625\ W$

Ejemplo 1.6

Se tiene 5 departamentos. La demanda máxima de cada departamento es de 9000 W c/u con una superficie de 140 m² (nivel de consumo medio). Determinar la demanda máxima:
La cantidad de departamentos esta en el rango 5 – 10 de la Tabla 1.5 por lo tanto el factor de simultaneidad a aplicar es 0.8 correspondiente al nivel de consumo medio
Luego la demanda máxima será:

$$D_{Max\ S} = 5 \times 9000 \times 0.8 = 36000\ W = 36\ kW$$

Ejemplo 1.7

Determinar la Demanda máxima para una vivienda con las siguientes potencias instaladas:
Potencia en iluminación = 4000 W
Potencia en toma corrientes = 5000 W
Potencia en fuerza (3 duchas) = 4400 W c/u
Entonces la $P_{ints\ I} + P_{int\ T} = 4000 + 5000 = 9000\ W$

Luego aplicando el factor de demanda tenemos la demanda máxima de iluminación y tomacorrientes

Los primeros 3000 W x 1.0 = 3000 W
Los siguientes 5000 W x 0.35 = 1750 W
 1000 W x 0.25 = 250 W

$$P_{Inst\ I+T} = 9000\ W \qquad 5000\ W = D_{Max\ I+T}$$

Teniendo 3 equipos c/u de 4400 W
La cantidad de equipos esta en el rango 3 – 5 de la Tabla 1.4, entonces el factor de demanda = 0.75
Luego la demanda máxima de fuerza será:
 $D_{Max\ F} = 3 \times 4400 \times 0.75 = 9900\ W$
Luego la Demanda máxima será:
 $D_{Max} = D_{Max\ I+T} + D_{Max\ F}$
 $D_{Max} = 5000 + 9900 = 14900\ W.$

Ejemplo 1.8

Determinar la Demanda máxima para un edificio principalmente destinado a viviendas con los siguientes datos:

- 10 departamentos de 120 m², con una demanda máxima de 11000 W cada uno
 - 8 departamentos de 170 m² con una demanda máxima de 18000 W cada uno
 - Demanda máxima en servicios generales 8000 W y en la parte comercial 7000 W
- Aplicado el factor de simultaneidad por separado

a) $D_{MAX} = 11000 \times 10 \times 0.8 + 18000 \times 8 \times 0.7 + 8000 + 7000$
 $D_{MAX} = 88000 + 100800 + 8000 + 7000 = 203800 \text{ W}$

Aplicando el factor de simultaneidad para el total de departamentos:

b) $D_{MAX} = 11000 \times 10 \times 0.6 + 18000 \times 8 \times 0.6 + 8000 + 7000$
 $D_{MAX} = 66000 + 86400 + 8000 + 7000 = 167400 \text{ W}$

En el caso **a)**, se adopta el factor de simultaneidad solo para 10 departamentos consumo medio y 8 departamentos de consumo elevado por separado.

En el caso **b)**, se adopta un factor de simultaneidad para 18 departamentos de consumo medio.

La demanda máxima determinada en b) es significativamente menor que en el caso a).

Incluso se podría hacer una interpolación entre los factores de simultaneidad 0.6 y 0.5 que corresponden a 18 departamentos y a los consumos medio y elevado, en este caso la demanda será:

$$S = \frac{N1 \cdot S1 + N2 \cdot S2}{N1 + N2}$$
$$S = \frac{10 \times 0.6 + 8 \times 0.5}{18} = 0.55$$

c) $D_{MAX} = 11000 \times 10 \times 0.55 + 18000 \times 8 \times 0.55 + 8000 + 7000$
 $D_{MAX} = 60500 + 79200 + 8000 + 7000 = 154700 \text{ W}$

El valor obtenido en c) es plenamente aceptable y menor a los casos a) y b).

Ejemplo 1.9

Se tiene 5 oficinas c/u con 3000 W y 10 locales comerciales c/u con 7000 W

Determinar la demanda máxima.

La potencia instalada será:

$$P_{Inst Of + Lc} = 5 \times 3000 + 10 \times 7000 = 85000 \text{ W} = 85 \text{ kW}$$

Luego la demanda máxima del conjunto será:

$$\text{Los primeros } 20000 \text{ W} \times 1.0 = 20000 \text{ W}$$

$$\text{Los siguientes } 65000 \text{ W} \times 0.7 = 45500 \text{ W}$$

$$P_{Inst Of + Lc} = 15000 \text{ W} \qquad 65500 \text{ W} = D_{Max \text{ Conjunto}}$$

CAPITULO 2

INSTALACIONES DE ENLACE

CAPITULO 2

INSTALACIONES DE ENLACE DE BAJA Y MEDIA TENSION

2.1 RED DE DISTRIBUCION

La red de distribución pública, está constituida por todas las líneas eléctricas de media y baja tensión instaladas en vías públicas. En la ciudad de Cochabamba la red de distribución es en 10 kV y 24.9/14.4 kV, con disposición de los conductores en forma horizontal.

En baja tensión existen dos sistemas de distribución, 220 V en conexión delta (Δ) y 380/220 V en conexión estrella (Y) con neutro físico multiterrado. Los conductores se encuentran en posición vertical (Esquema 2.1)

El sistema de distribución en 220 V trifásico en conexión delta o estrella sin neutro aterrado no es sistema aceptado por la norma IEC (International Electrotécnical Comisión) y deberá ser eliminado en el futuro.

2.2 ACOMETIDAS EN BAJA TENSION

Se denomina acometida, a la instalación de enlace comprendida entre la parte de la red de distribución pública y el equipo de medida. En sentido más amplio, se entiende como el punto de entrada de energía eléctrica, por parte de la compañía suministradora, al edificio receptor de esta energía.

Las acometidas pueden ser aéreas o subterráneas o ambos sistemas combinados, dependiendo del origen de la red de distribución a la cual está conectada.

Sólo se aceptará una acometida por edificio, salvo casos de edificios especiales como hospitales, estadios, etc.

Las Tablas 2.1, 2.2, 2.3, y 2.4 resumen las características mínimas de los equipos y materiales a ser utilizados en las instalaciones de acometidas de baja tensión.

2.2.1 Acometida subterránea

Es aquella que tiene sus conductores alojados en el interior de un tubo rígido y autoextinguible, con un diámetro mínimo de 120 mm hasta un máximo de 60 cm. Dependiendo de la potencia que precise el edificio, y de acuerdo con el sistema de distribución empleado, pueden ser necesarios uno o dos tubos por cada línea de acometida.

Este tipo de acometida es la más utilizada en los grandes núcleos de población, donde las redes de distribución pública discurren por el subsuelo de las calles y vías principales para no afectar así la estética de los edificios.

El Esquema 2.2 representa el esquema general de la acometida subterránea de un edificio en el que la protección y centralización de contadores (medidores), se aloja en la parte inferior del mismo. En estos casos se realiza la distribución de energía eléctrica, por regla general, de forma ascendente.

Debido a que ésta acometida tiene su origen en una red de distribución pública subterránea, como se muestra en el Esquema 2.2 es necesario conocer los métodos para canalizar esta red a través de las vías públicas de las ciudades. Los métodos utilizados son:

- a) Conductores enterrados directamente en zanjas.
- b) Conductores alojados en tubos.
- c) Conductores al aire en el interior de galerías subterráneas.

En los tres casos el trazado se realiza teniendo presente las siguientes normas:

- La longitud de la canalización debe ser lo más corta posible.
 - Su situación será tal, que no implique desplazamientos futuros.
 - No existirán ángulos superiores a 90°.
-

- El radio de curvatura de los cables no puede ser, en ningún caso, inferior a diez veces el diámetro exterior de los mismos.
- Los cruces de calzada se trazan perpendiculares a las mismas.
- La distancia a las fachadas no será inferior a 60 cm.
- Cuando la canalización discurra paralela a otros servicios (agua, gas, teléfono, etc.), la distancia mínima a éstos será de 50 cm.
- En cruzamientos con estas condiciones, la separación mínima es de 20 cm.
- Se evitará en lo posible el trazado por lugares de acceso de personas y vehículos

2.2.2 Características de conductores de acometida

Las empresas eléctricas fijan la naturaleza y el tipo de los conductores a utilizar en las líneas de acometida, por lo que el número de éstos será igualmente fijado por ellas en función de las características y tipos de suministro eléctrico que se efectúe.

Respecto a la sección de los conductores que forman una acometida, éstas se calculan teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- La demanda máxima prevista y determinada conforme se señalo antes.
- La tensión de suministro.
- Las densidades máximas de corriente.
- La caída de tensión máxima admisible. Esta caída de tensión será la que la empresa suministradora fije y tenga establecida y recogida en el reglamento de verificaciones eléctricas.

El tramo máximo aceptable será de 35 a 40 metros entre la red pública y el equipo de medida (siempre que las condiciones técnicas lo permitan).

En acometida aérea la distancia mínima entre conductores en disposición vertical será de 15 cm.

La conexión de los conductores a la red pública se realizará mediante conectores de empalme múltiple.

Los arranques de las acometidas deberán tomarse de soportes fijos a la postación.

Los conductores de acometida no deberán tener uniones ni derivaciones.

La altura de llegada de los conductores aéreos de la acometida desde la red de distribución a la caja de medición de la edificación, deberá ser como mínimo 3.50 m, para tal efecto se pueden utilizar estructuras intermedias como ser postes, o pequeños machones dispuestos sobre los botaguas de la muralla de la edificación (Esquemas 2.3-a-b, 2.4, 2.5-a-b, 2.6, 2.7)

Los conductores de acometidas aéreas no deberán pasar a menos de 1 m. de distancia frente a las puertas, ventanas y balcones.

Los conductores de acometidas para una propiedad no deben pasar sobre terrenos de propiedad vecina, por lo tanto se debe utilizar una estructura intermedia (Esquemas 2.8-a-b)

El tipo y naturaleza de los conductores deberá estar de acuerdo a lo descrito en las Tablas 5.1 a 5.21.

En caso de acometidas subterráneas, la bajante del poste de distribución y los tramos subterráneos, deberán estar protegidos por un ducto.

El número de conductores que forman la acometida, se determinará de acuerdo al siguiente detalle:

Se utilizarán dos conductores por acometida en instalaciones (Fase-Fase o Fase-Neutro).

- Cuya demanda máxima no exceda en 10 kW.
- Cuando el número de medidores de energía sea menor o igual a dos respetando el punto anterior.

Se utiliza tres o cuatro conductores por acometida (Acometida trifásica tres conductores para sistema 220 V y cuatro conductores para sistema 380/220 Voltios)

- Cuya demanda máxima prevista exceda a 10 kW.
- Cuando el número de medidores de energía en la acometida sea mayor a dos.

- Excepcionalmente se utilizan en función de las características e importancia del suministro a efectuar.

El cálculo de las secciones de los conductores se realizará teniendo en cuenta:

- 1) La demanda máxima prevista determinada de acuerdo a lo indicado en el capítulo N° 1
- 2) La tensión de suministro.
- 3) La capacidad máxima de corriente admisible para el tipo y condiciones de instalación del o los conductores.
- 4) La caída de tensión máxima admisible.

El conductor mínimo a utilizarse en acometidas monofásicas, será el equivalente al N° 10 AWG (6 mm²) de cobre, y en acometidas trifásicas el N° 8 AWG (10 mm²).

2.2.3 Poste intermediario

- El poste intermediario es necesario para elevar la altura del conductor de acometida o evitar cruces en propiedades vecinas (Esquemas 2.8-a-b, 2.9)
- Los postes intermediarios deberán tener una longitud mínima de 7 m.
- Necesariamente debe estar ubicado dentro la propiedad del usuario.
- El poste podrá ser de madera, hormigón o metálico, con una adecuada sujeción para soportar esfuerzos mecánicos.
- En caso de postes de madera la sección mínima en la cima no deberá ser menor a 10 cm de diámetro.

2.2.4 Canalización de acometida

- Comprende el tramo desde la llegada del conductor aéreo, al punto de sujeción hasta la caja de barras o medida.
- Los conductores de acometida deberán llegar a aisladores fijos, afianzándose debidamente a ellos.
- Las canalizaciones de llegada de acometida al equipo de medición deberán ser de tubo de acero galvanizado, firmemente sostenido, evitando en lo posible curvaturas o codos, de diámetro suficientes para permitir el libre paso de los conductores (Esquema 2.3-a-b, 2.4, 2.5-a-b, 2.6, 2.7)

2.2.5 Caja de barras

- La caja de barras debe estar ubicada entre la canalización de acometida y el equipo de medida.
- La caja de barras, es necesaria en instalaciones que requieren más de un equipo de medida.
- Incluirá todos los elementos y accesorios para una adecuada distribución, las dimensiones de estas cajas serán de acuerdo al número y capacidad de los equipos de medida a ser alineados. La separación de barras y aisladores de soporte se indicarán en el Esquema 2.10.
- La sección de barras deberá estar de acuerdo a la potencia requerida (Tablas 3.1, 3.2 y Gráficos 3.1 y 3.2)
- Estas cajas deberán llevar facilidades para colocación de sellos.
- Estas cajas deberán ser metálicas con un espesor mínimo de 1 mm y deben protegerse con dos capas de pintura una de antioxido y otra de acabado.

2.2.6 Cajas de medición

- Son las cajas que alojan los elementos de medición y protección principal de las instalaciones eléctricas.

- La caja de medición puede estar construida de dos formas:
 - å Una caja con dos compartimientos separados, con puertas independientes, una para el medidor y otra para la protección general o principal.
 - å Una caja de un sólo compartimiento para medición y otra para la protección general o principal, cada una con puerta.

Se podrá fabricar cualquiera de las dos opciones, dependiendo del caso, también es válido para medidores trifásicos.

- Estas cajas deberán ser metálicas y con dimensiones de acuerdo a los Esquemas 2.11, 2.12, y 2.13
- La base inferior de cualquiera de las dos cajas mencionadas, debe estar a una altura comprendida entre 1.30 a 1.50 m sobre el nivel del piso terminado.
- Deberán estar empotrados en muros, columnas o machones construidos para este fin, de manera que queden firmes y protegidas.
- Las cajas de medición y/o cajas de medición y protección, deberán estar ubicadas sobre el límite que divide la propiedad privada y la calle (verja) de tal forma que sea de libre acceso y fácil desde la vía pública, con vista frontal a la calle.
- Hasta 2 medidores en la parte frontal de la muralla de la edificación (vista afuera), de tres medidores adelante dentro la edificación.
- La caja de medición, deberá permitir la lectura directa de los medidores sin necesidad de abrir puertas o tapas.
- En edificios de múltiples usuarios, que no excedan a 4 pisos, los equipos de medición deberán instalarse en forma concentrada en el sótano o en la planta baja.
- En edificios de muy elevada altura, se pueden instalar alternativamente dos bancos de equipos de medición concentrados en puntos de manera que exista una distribución equitativa de pisos, en estos casos se deberá asegurar la inviolabilidad de la instalación hasta antes de cada medidor, (Este caso es para alivianar el gran número de tendido de conductores por el shaft).
- Las cajas de medición deberán disponer de facilidades para la instalación de sellos.
- Las dimensiones y disposición de las cajas de medición estarán de acuerdo con el tipo de instalación y sistema de alimentación (Esquema 2.11 al 2.21)

2.2.7 Equipos de sistemas de medición

Se aceptara medición directa hasta una demanda máxima de 25 kW. en 220 V y 35 kW. en 380 V.

Para usuarios cuya demanda máxima no supera los 10 kW., el sistema de medida será monofásico, exceptuando instalaciones especiales que requieran suministro trifásico.

Para usuarios cuya demanda máxima supera los 10 kW., el sistema de medida será trifásico, considerando los siguientes aspectos:

- Medición directa, cuando la demanda máxima del usuario no supera 25 kW. en 220 V y 35 kW. en 380/220 V de tensión de servicio.
- Medición indirecta, con el uso de transformadores de corriente de relaciones de transformación adecuadas, cuando la demanda máxima supere los valores anteriores indicados.

Los medidores serán del tipo de inducción, suspensión magnética de lectura directa, con 5 dígitos enteros ciclométrico, clases de precisión 2 (Norma IEC publicación 521), la capacidad y demás características de acuerdo a lo indicado en la Tabla 2.1.

Se aceptarán también medidores electrónicos de características iguales o superiores a las especificadas.

Los transformadores de corriente serán de carga de precisión mínima de 10 VA, clase de precisión 0.5 (factor de potencia 0.9), corriente nominal del secundario 5 A, frecuencia de 50 ciclos por segundo, tipo toroidal o barra pasante.

2.2.8 Protección general o principal

- Toda instalación interior de todo usuario, debe ser equipada con un dispositivo único que permita interrumpir el suministro y asegurar una adecuada protección.
- Para la protección principal o general de instalaciones industriales se aceptarán únicamente interruptores termomagnéticos de caja moldeada de baja tensión, cuyo dimensionamiento deberá adecuarse a lo establecido en las Tablas 2.1, 2.2, 2.3 y 2.4.
- Para la protección general o principal de instalaciones domiciliarias se aceptan únicamente interruptores termomagnéticos o fusibles de uso domiciliario como se define en los capítulos N° 12 y 13. El dimensionamiento deberá adecuarse al establecido, en la Tabla 2.1, 2.2, 2.3 y 2.4.
- Dependiendo del tipo de alimentación, los interruptores termomagnéticos deberán ser del tipo:
 - a Unipolar para el sistema de alimentación Una fase.
 - a Bipolar para sistema de alimentación Dos fases.
 - a Tripolar para sistema de alimentación Tres fases.
- El conductor neutro no deberá contener ningún dispositivo capaz de ocasionar su interrupción, asegurando así su continuidad.
- La protección general debe ser instalada en:
 - a El compartimiento destinado a la protección de la caja de medición.
 - a Si la caja de medición y protección son individuales, entonces se instala en la caja de protección separada.

Tabla 2.1
Dimensionamiento de acometida sistema 220 voltios

Demanda máxima prevista (kW)	Número de fases – hilos	Conductores de cobre con aislamiento de PVC		Canalización de acometida tubo galvanizado	Aislador tipo rodillo	
		AWG o MCM	(mm²)	Diámetro interno A”	A”	L”
Hasta 3	2	10	6	3/4	1 3/4	1 1/2
3 – 5	2	10	6	3/4	1 3/4	1 1/2
6 – 8	2	8	10	3/4	1 3/4	1 1/2
9 – 10	2	8	10	3/4	1 3/4	1 1/2
3 – 8	3	8	10	1	1 3/4	1 1/2
9 – 15	3	8	10	1	1 3/4	1 1/2
16 – 20	3	6	16	1 1/4	2 1/4	2 1/8
21 – 25	3	4	16	1 1/2	2 1/4	2 1/8
26 – 30	3	2	25	1 1/2	2 1/4	2 1/8
31 – 40	3	1/0	35	2	2 1/4	2 1/8
41 – 50	3	2/0	50	2	2 3/4	3
51 – 60	3	3/0	70	2 1/2	2 3/4	3
61 – 70	3	4/0	95	2 1/2	3 1/8	3
71 – 80	3	250	95	3	3 1/8	3
81 – 90	3	350	120	3	3 1/8	3
91 - 100	3	350	150	3	3 1/8	3

- Nota:**
- Toda demanda calculada con fracción, se debe considerar el valor inmediato superior.
 - También se considera la demanda (Ejm. 3 kW) para una acometida con más de un usuario.

Tabla 2.2

Dimensionamiento de acometidas para sistemas 380/220 voltios

Demanda máxima prevista (kW.)	Número de:		Conductores de cobre con aislamiento PVC				Canalización de acometida tubo galvanizado	Aislador tipo rodillo	
	fases	hilos	Fase		Neutro				
			AWG	(mm ²)	AWG	(mm ²)	Diámetro interno A"	A΄	L΄
Hasta 3	1	2	10	6	10	6	3/4	1 3/4	1 1/2
3 – 5	1	2	10	6	10	6	3/4	1 3/4	1 1/2
6 – 8	1	2	8	10	8	10	3/4	1 3/4	1 1/2
9 – 10	1	2	8	10	8	10	3/4	1 3/4	1 1/2
3 – 10	3	4	8	10	10	6	1	1 3/4	1 1/2
11 – 18	3	4	8	10	10	6	1	1 3/4	1 1/2
19 – 25	3	4	8	10	10	6	1	1 3/4	2 1/8
26 – 35	3	4	6	16	8	10	1 1/4	2 1/4	2 1/8
36 – 40	3	4	4	16	8	10	1 1/2	2 1/4	2 1/8
41 – 50	3	4	4	16	8	10	1 1/2	2 1/4	2 1/8
51 – 60	3	4	2	25	6	16	2	2 1/4	2 1/8
61 – 70	3	4	1/0	35	4	16	2	2 1/4	2 1/8
71 – 80	3	4	1/0	35	4	16	2	2 1/4	2 1/8
81 – 90	3	4	2/0	50	2	25	2 1/2	2 3/4	3
91 – 100	3	4	3/0	57	2	25	2 1/2	2 3/4	3

- Nota:**
- Toda demanda calculada con fracción, se debe considerar el valor inmediato superior.
 - También se considera la demanda (Ejm. 3 kW) para una acometida con más de un usuario.

Tabla 2.3

Dimensionamiento de equipo de medida para el sistema 220 voltios

Demanda máxima prevista (kW)	Número Fases Hilos	Caja metálica y equipo de medida					
		Medidor (A)	Número de elementos	Interruptor termomagnético (A)	Tipo de caja	Transf. de corriente	
					Referencia	Relación (A)	Piezas
Hasta 3	2	10	2	32	Esquema 2.11		
3 – 5	2	10	2	32	Esquema 2.11		
6 – 8	2	20	2	40	Esquema 2.11		
9 – 10	2	20	2	50	Esquema 2.11		
3 – 8	3	10	2	32	Esquema 2.11		
9 – 12	3	20	2	40	Esquema 2.11		
13 – 16	3	20	2	50	Esquema 2.11		
17 – 25	3	30	2	80	Esquema 2.11		
26 – 30	3	5	2	100	Esquema 2.12	100/5	2
31 – 40	3	5	2	125	Esquema 2.12	150/5	2
41 – 50	3	5	2	160	Esquema 2.12	150/5	2
51 – 60	3	5	2	200	Esquema 2.12	200/5	2
61 – 70	3	5	2	200	Esquema 2.12	200/5	2
71 – 80	3	5	2	250	Esquema 2.12	250/5	2
81 – 90	3	5	2	315	Esquema 2.12	250/5	2
91 - 100	3	5	2	315	Esquema 2.12	300/5	2

- Nota:**
- 1.- Para potencias mayores a 35 kW se debe considerar medidor activo y reactivo.
 - 2.- Los interruptores termomagnéticos deben tener una capacidad de ruptura mínima de 10 kA.

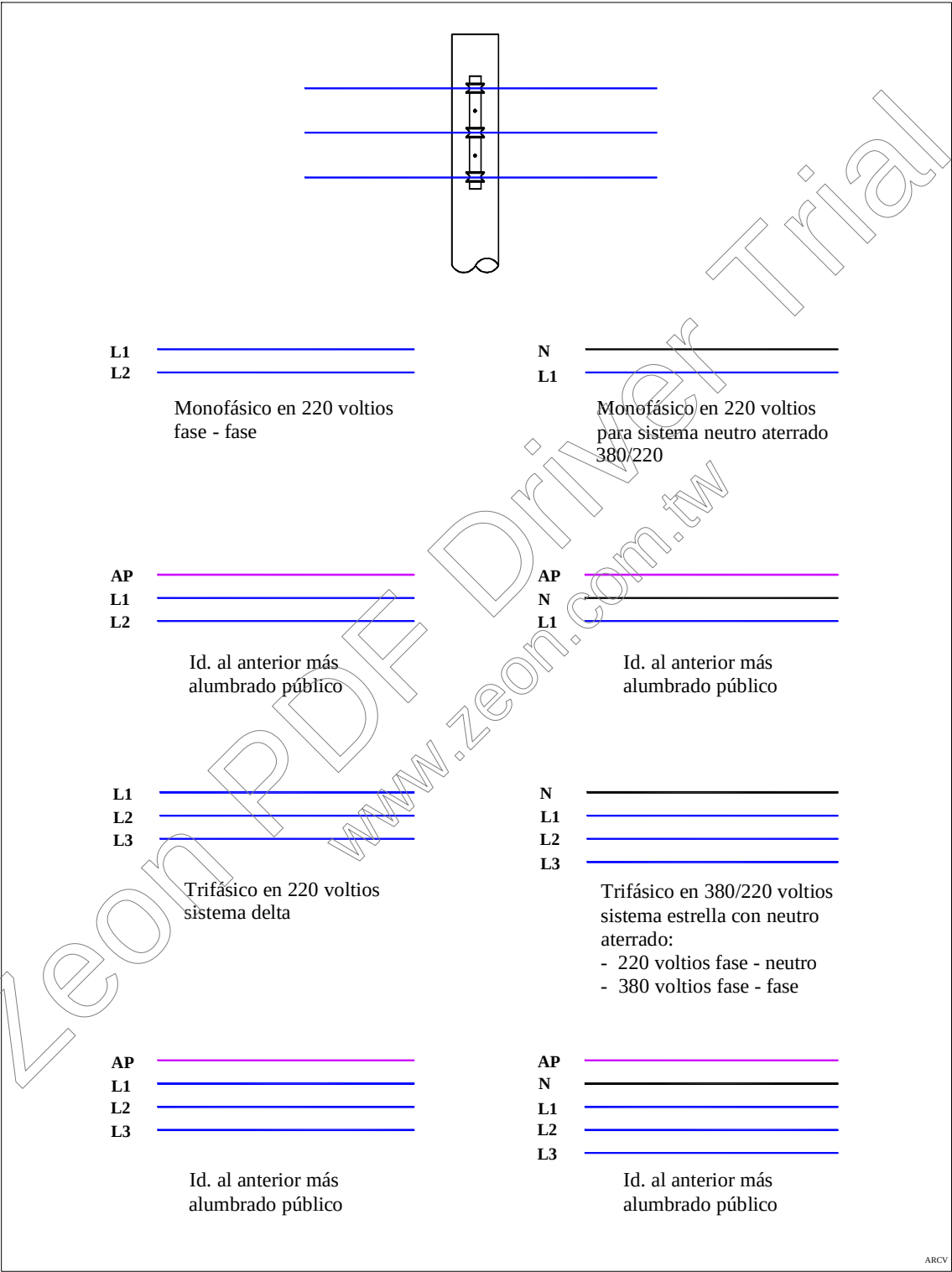
Tabla 2.4

Dimensionamiento de equipo de medida para el sistema 380/220 voltios

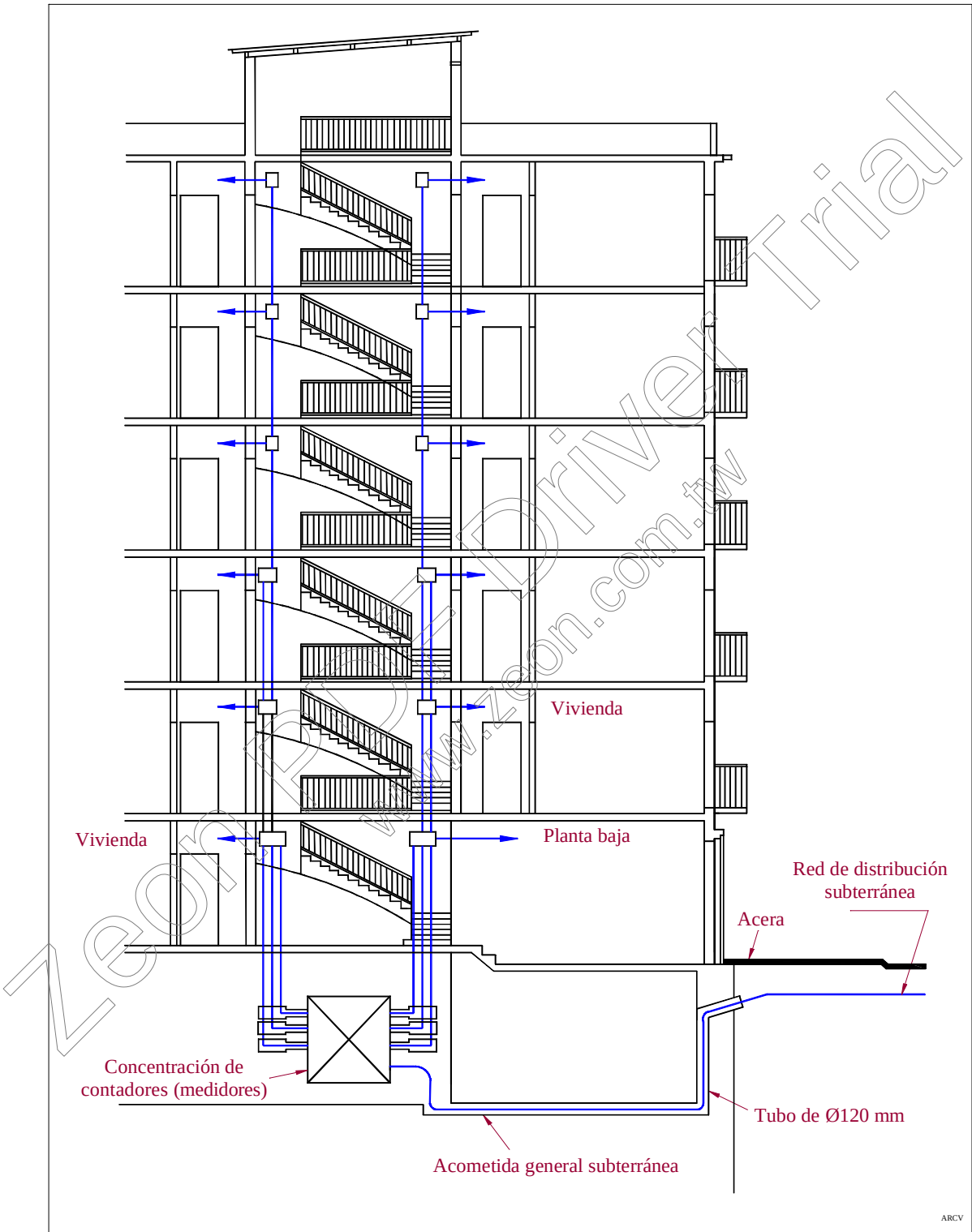
Demanda máxima prevista (kW)	N°		Caja metálica y equipo de medición						Aterramiento					
	Fases	Hilos	Medidor (A)	N° de elem.	Interruptor temomag. (A)	Tipo de caja	Transf. de corriente		Conductor de cobre		Jabalina		Ducto	
						Referencia	Relación (A)	Piezas	A W G	mm²	Diámet. A"	Long L"	N°	Diámet. A"
Hasta 3	1	2	10	1	32	Esq. 2.11			10	6	5/8	32	1	1/2
3 – 5	1	2	10	1	32	Esq. 2.11			10	6	5/8	32	1	1/2
6 – 8	1	2	20	1	40	Esq. 2.11			10	6	5/8	32	1	1/2
9 – 10	1	2	20	1	50	Esq. 2.11			10	6	5/8	32	1	1/2
3 – 10	3	4	10		30	Esq. 2.11			10	6	5/8	32		1/2
11 – 18	3	4	20		40	Esq. 2.11			10	6	5/8	32		1/2
19 – 25	3	4	20		50	Esq. 2.11			10	6	5/8	32		1/2
26 – 35	3	4	30		60	Esq. 2.11			10	6	5/8	32		1/2
36 – 40	3	4	5		80	Esq. 2.13	100/5	3	4	16	5/8	7		1/2
41 – 50	3	4	5		100	Esq. 2.13	100/5	3	4	16	5/8	7		1/2
51 – 60	3	4	5		125	Esq. 2.13	150/5	3	4	16	5/8	7		1/2
61 – 70	3	4	5		125	Esq. 2.13	150/5	3	4	16	5/8	7		1/2
71 – 80	3	4	5		160	Esq. 2.13	175/5	3	4	16	5/8	7		1/2
81 – 90	3	4	5		200	Esq. 2.13	175/5	3	2	25	5/8	7		1/2
91 – 100	3	4	5		200	Esq. 2.13	200/5	3	2	25	5/8	7		1/2

- Nota:** 1.- Para potencias mayores a 35 kW se debe considerar medidor activo y reactivo.
- 2.- Los interruptores para instalaciones monofásicos deberán ser unipolares.
- 3.- Los interruptores termomagnéticos deben tener una capacidad de ruptura mínima de 10 kA

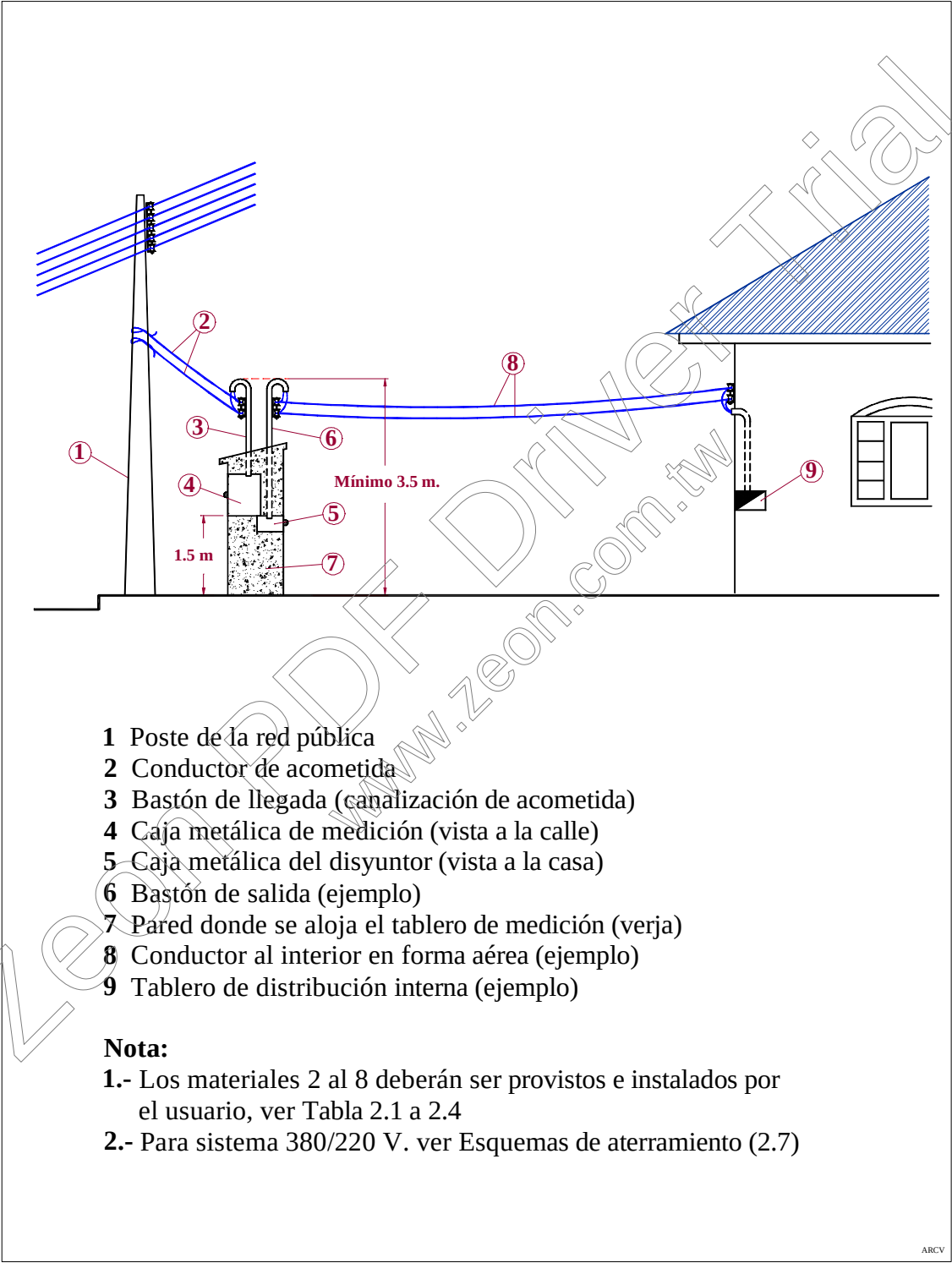
Esquema 2.1
Disposición de conductores en redes aéreas de baja tensión de ELFEC S.A.



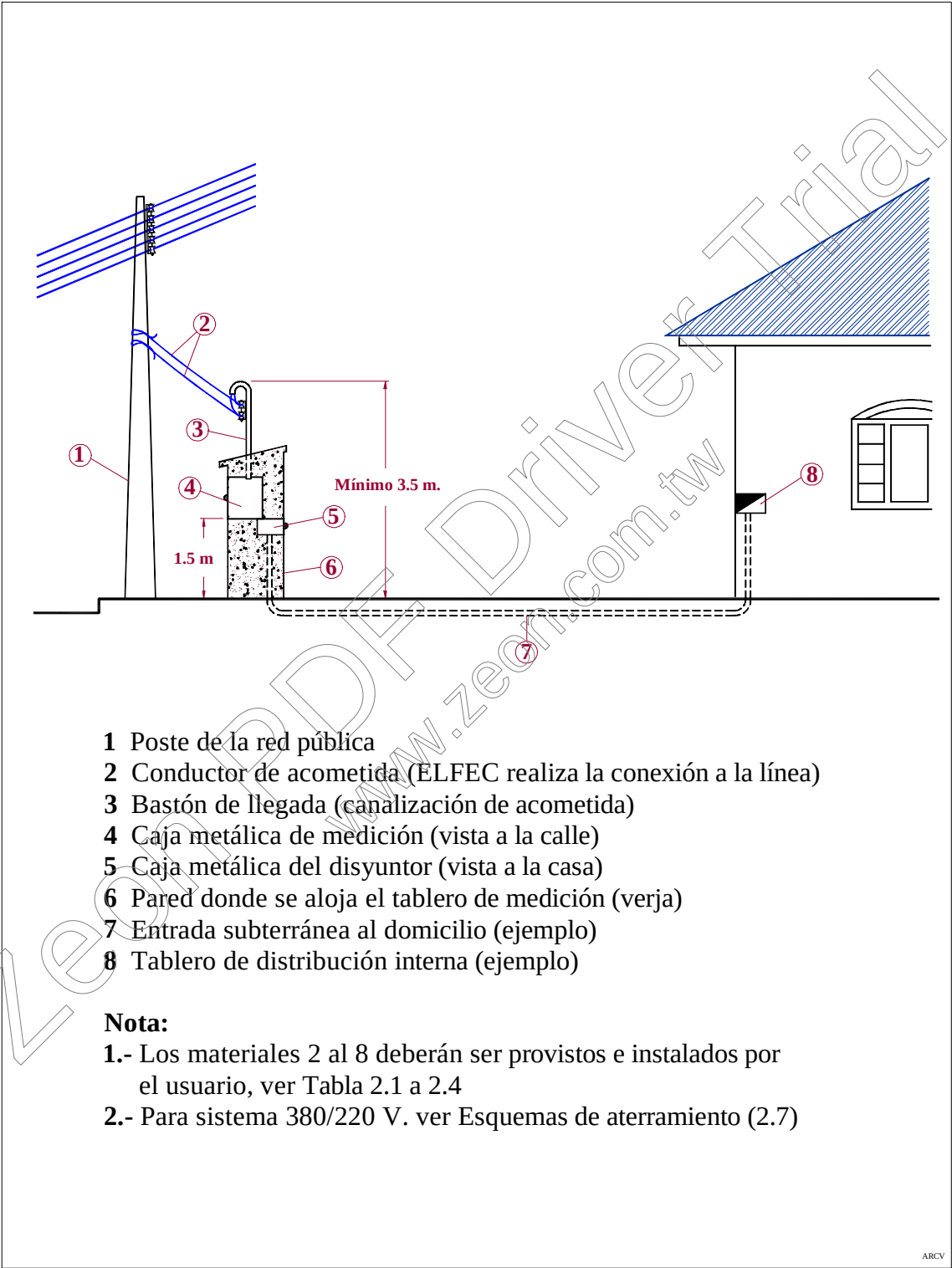
Esquema 2.2
Acometida subterránea de un edificio



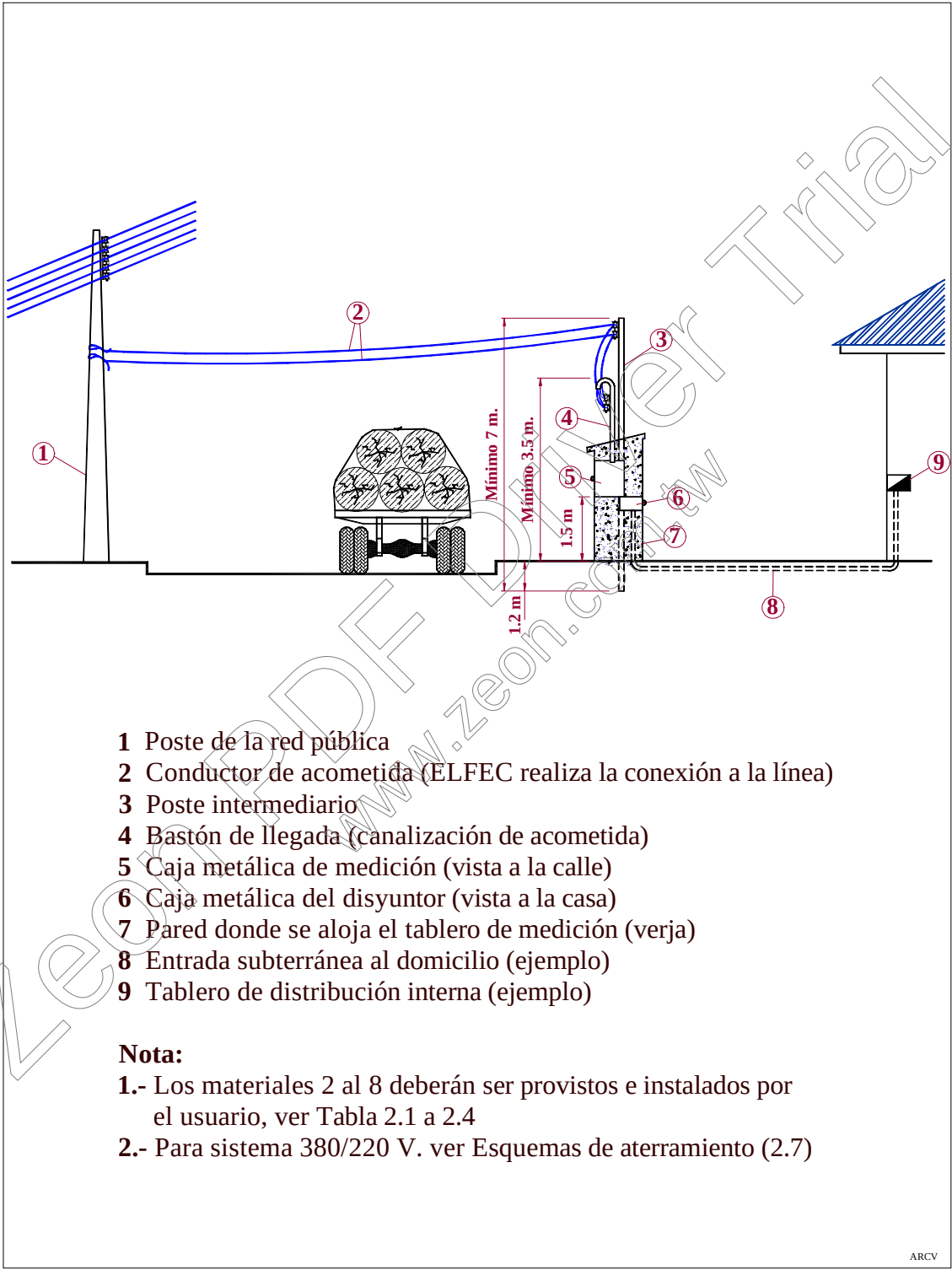
Esquema 2.3 a
Instalación de acometida sin poste intermediario
(Ejemplo típico)



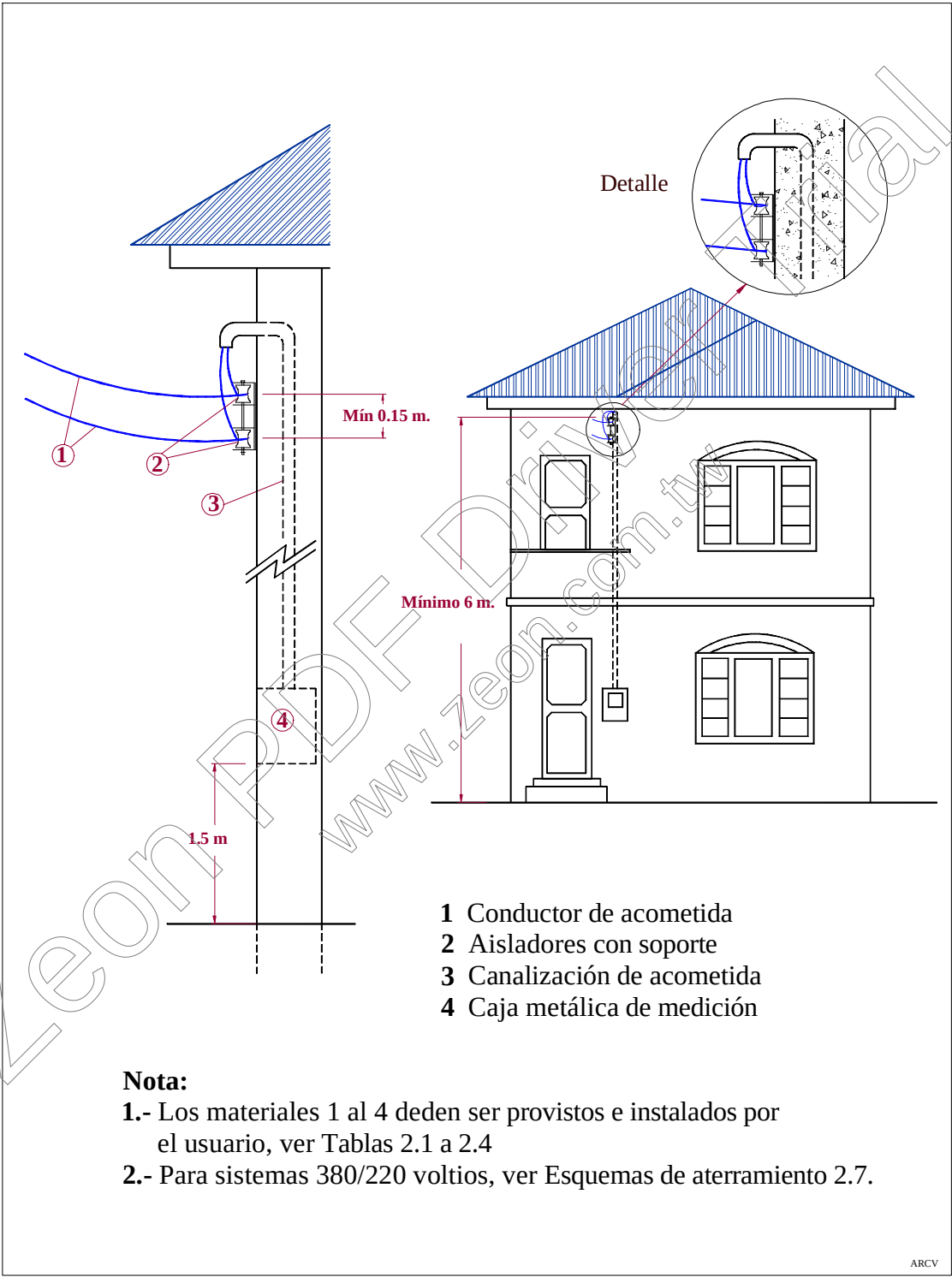
Esquema 2.3 b
Instalación de acometida sin poste intermediario
(Ejemplo típico)



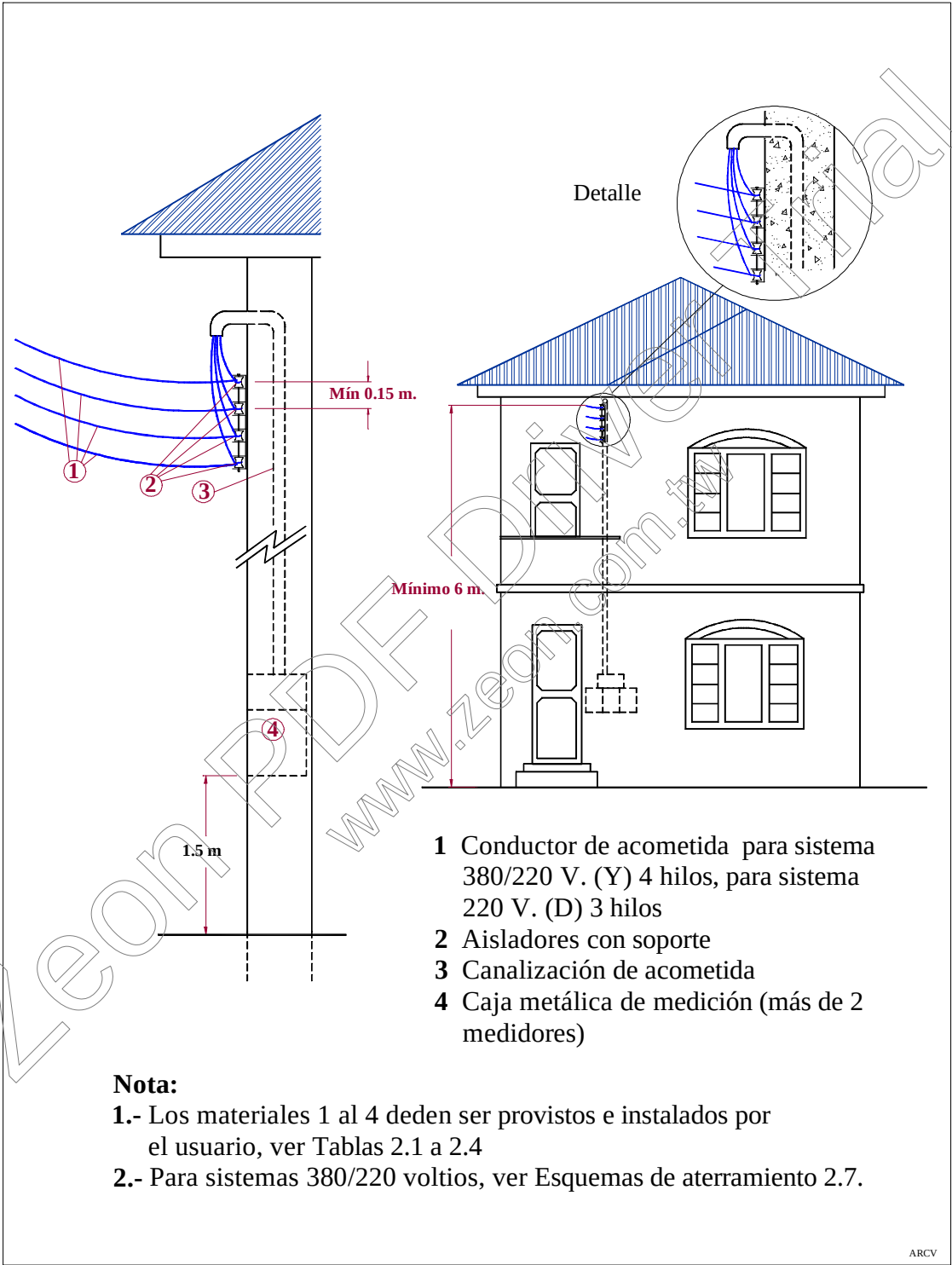
Esquema 2.4
Instalación de acometida con poste intermediario
(Ejemplo típico)



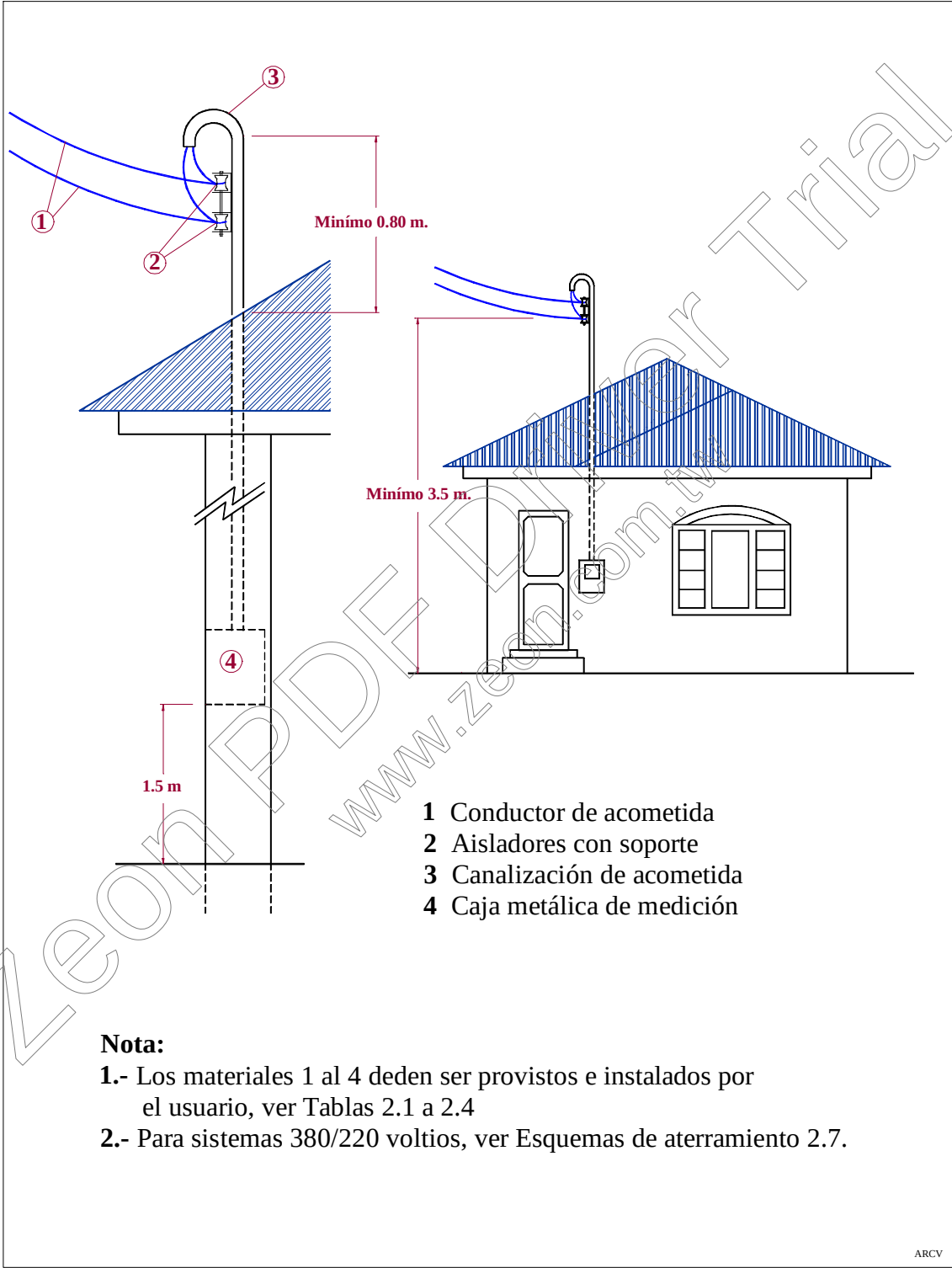
Esquema 2.5 a
Instalación de acometida en casa de dos pisos
(Ejemplo típico)



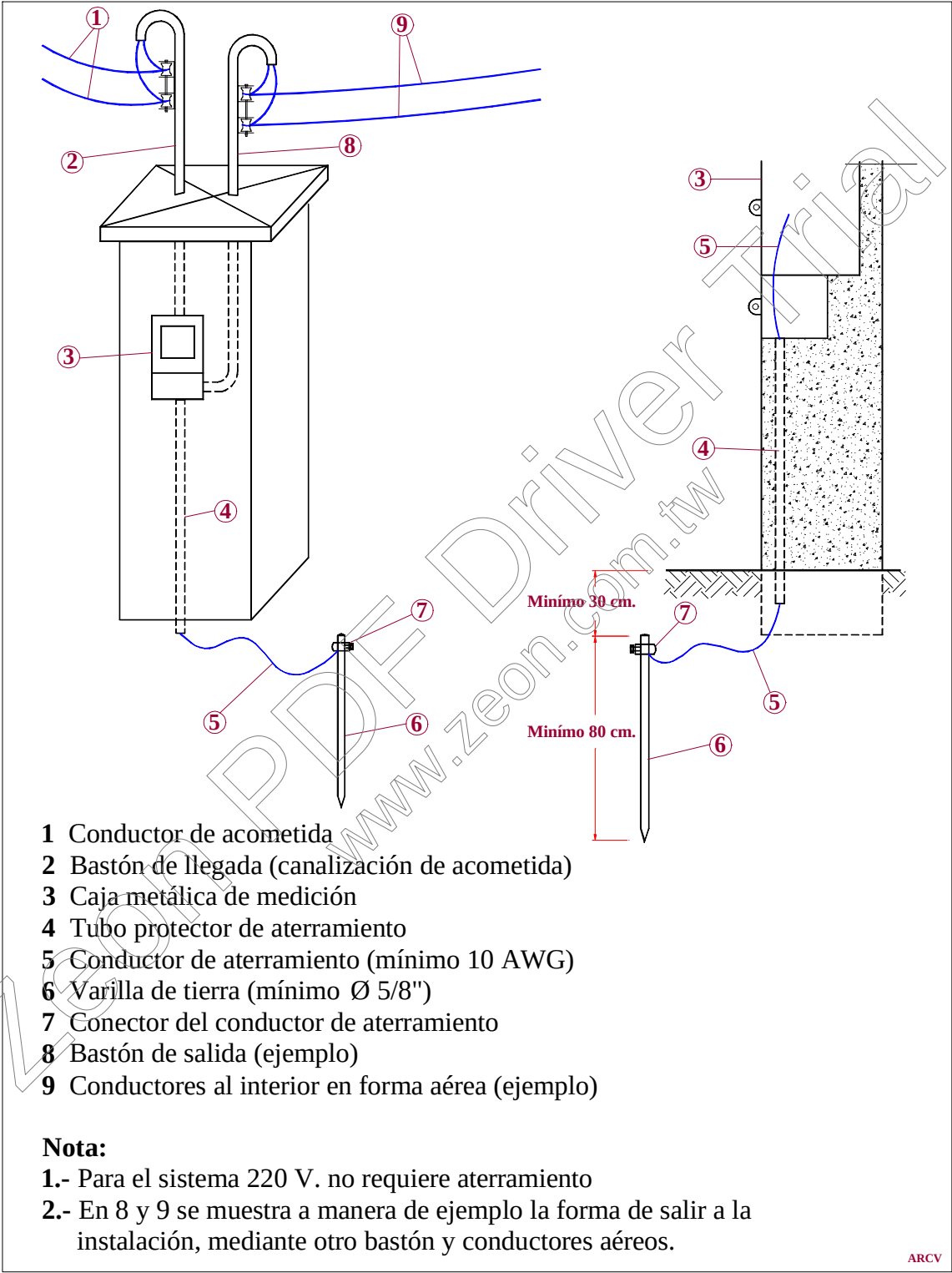
Esquema 2.5 b
Instalación de acometida en casa de dos pisos o más, con más de dos medidores
(Ejemplo típico)



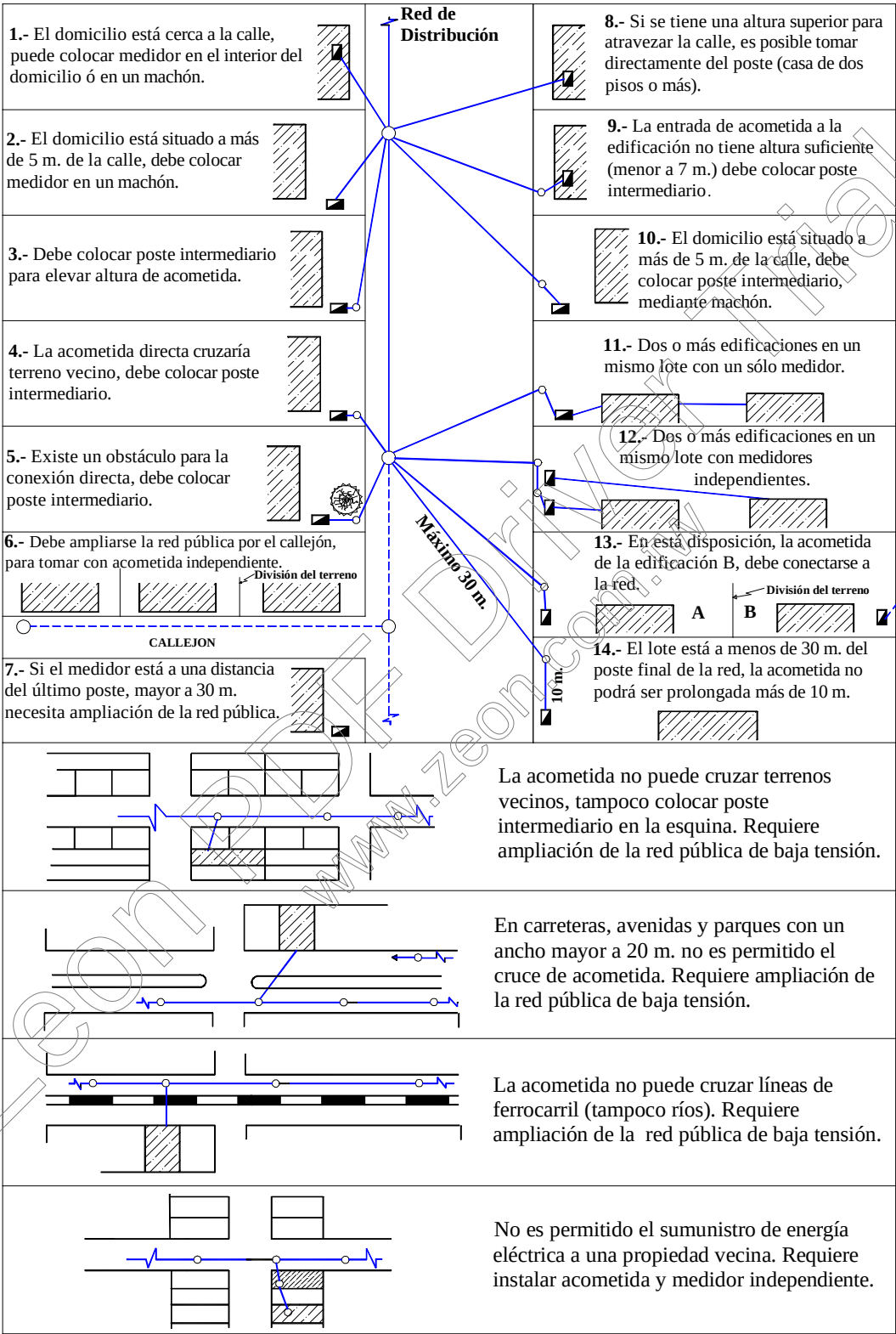
Esquema 2.6
Instalación de acometida en casa de un piso
(Ejemplo típico)



Esquema 2.7
Instalación de acometida en machón sistema 308/220 voltios
(Ejemplo típico)



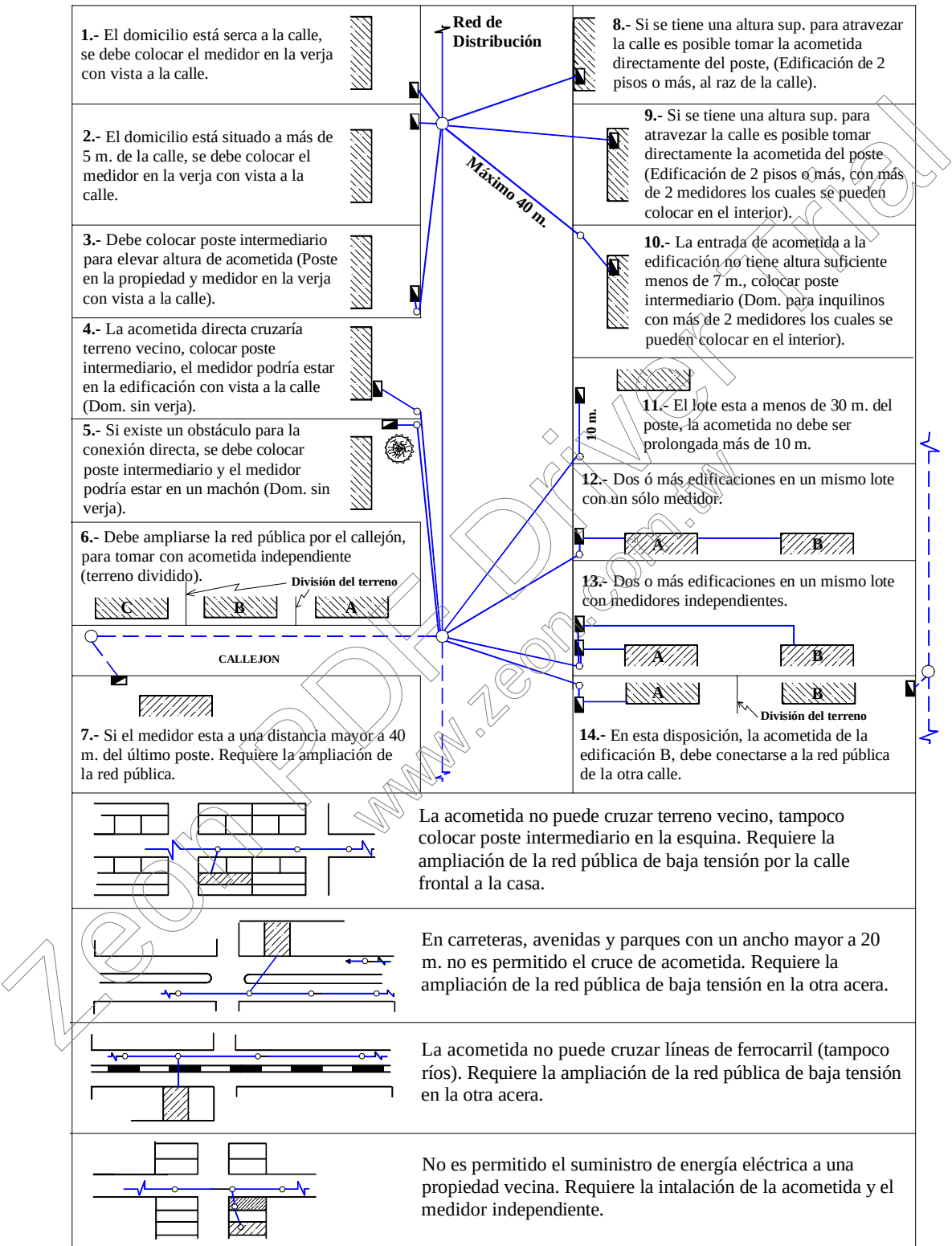
Esquema 2.8 a
Disposiciones generales para la acometida



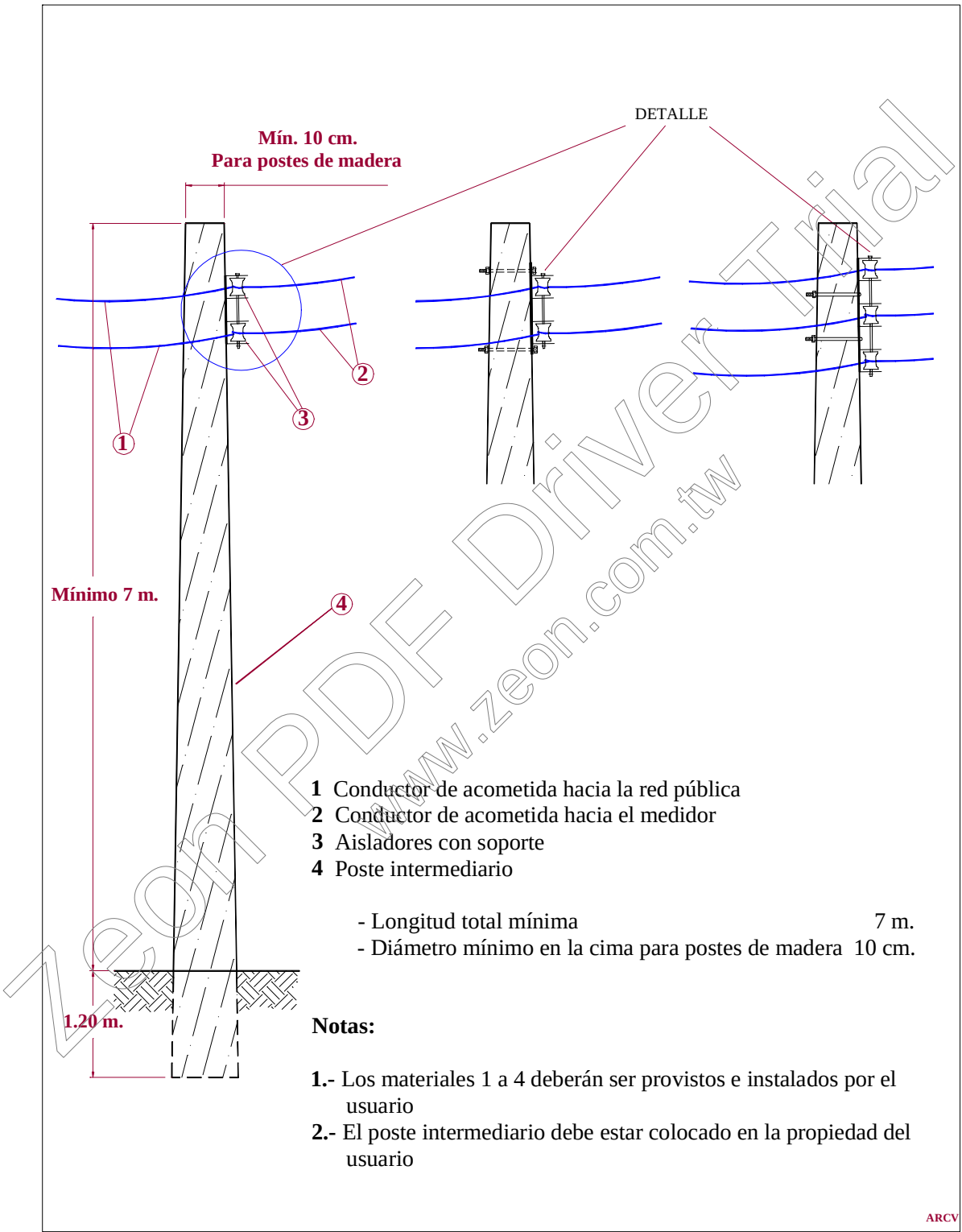
Esquema 2.8 b

Disposiciones generales para la acometida

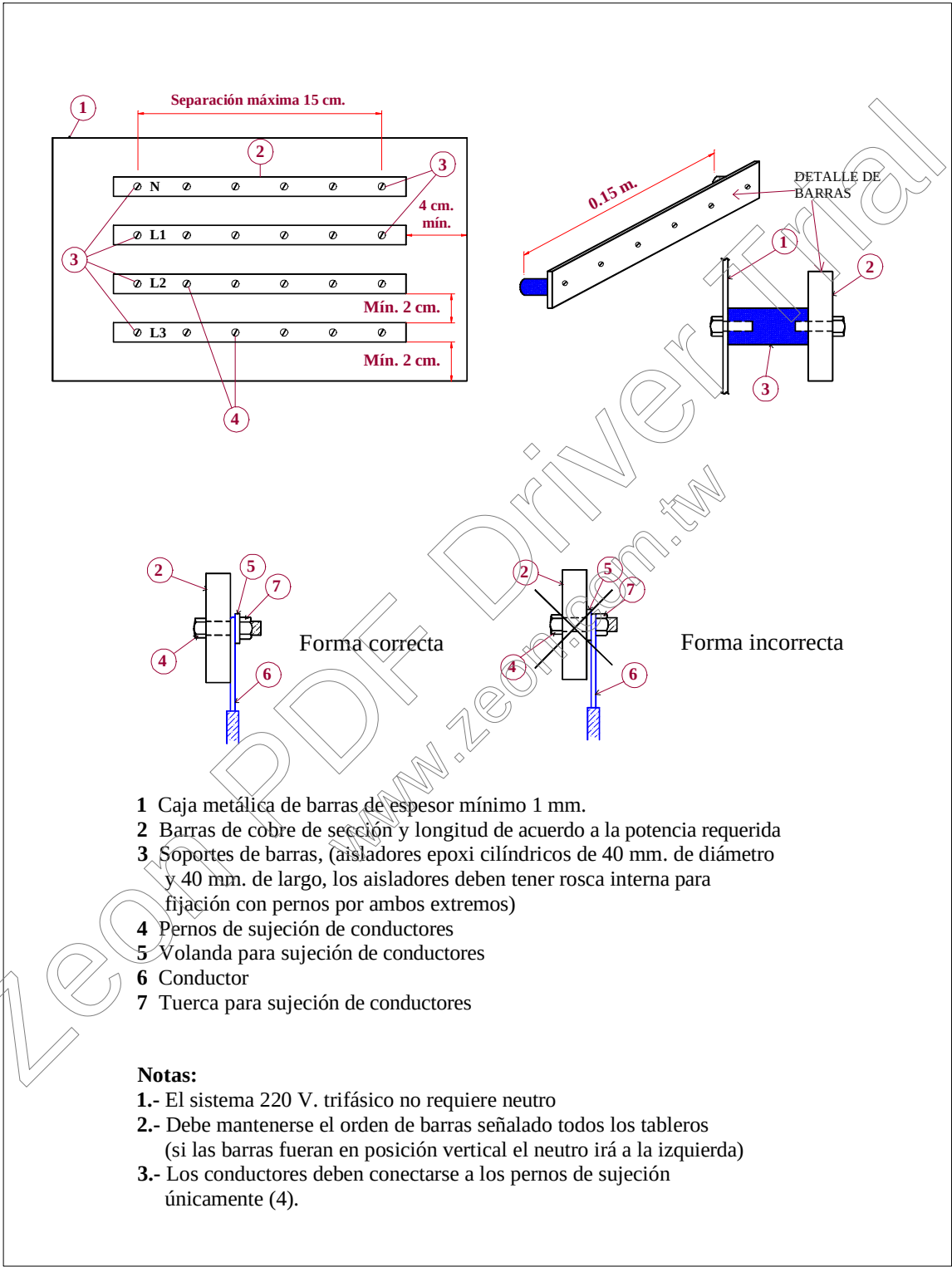
(Según ELFEC S.A.)



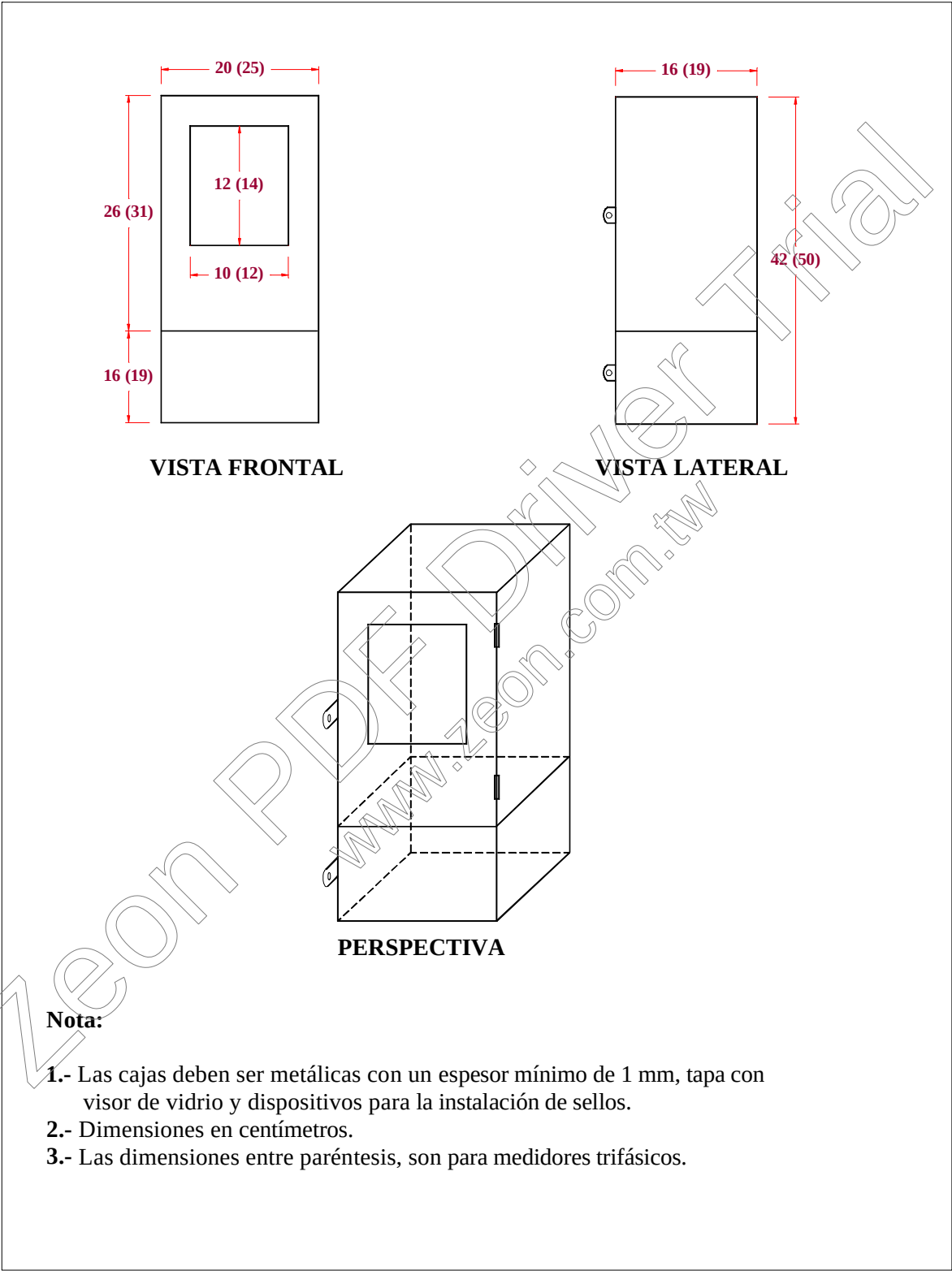
Esquema 2.9
Detalles del poste intermediario
(Ejemplo típico)



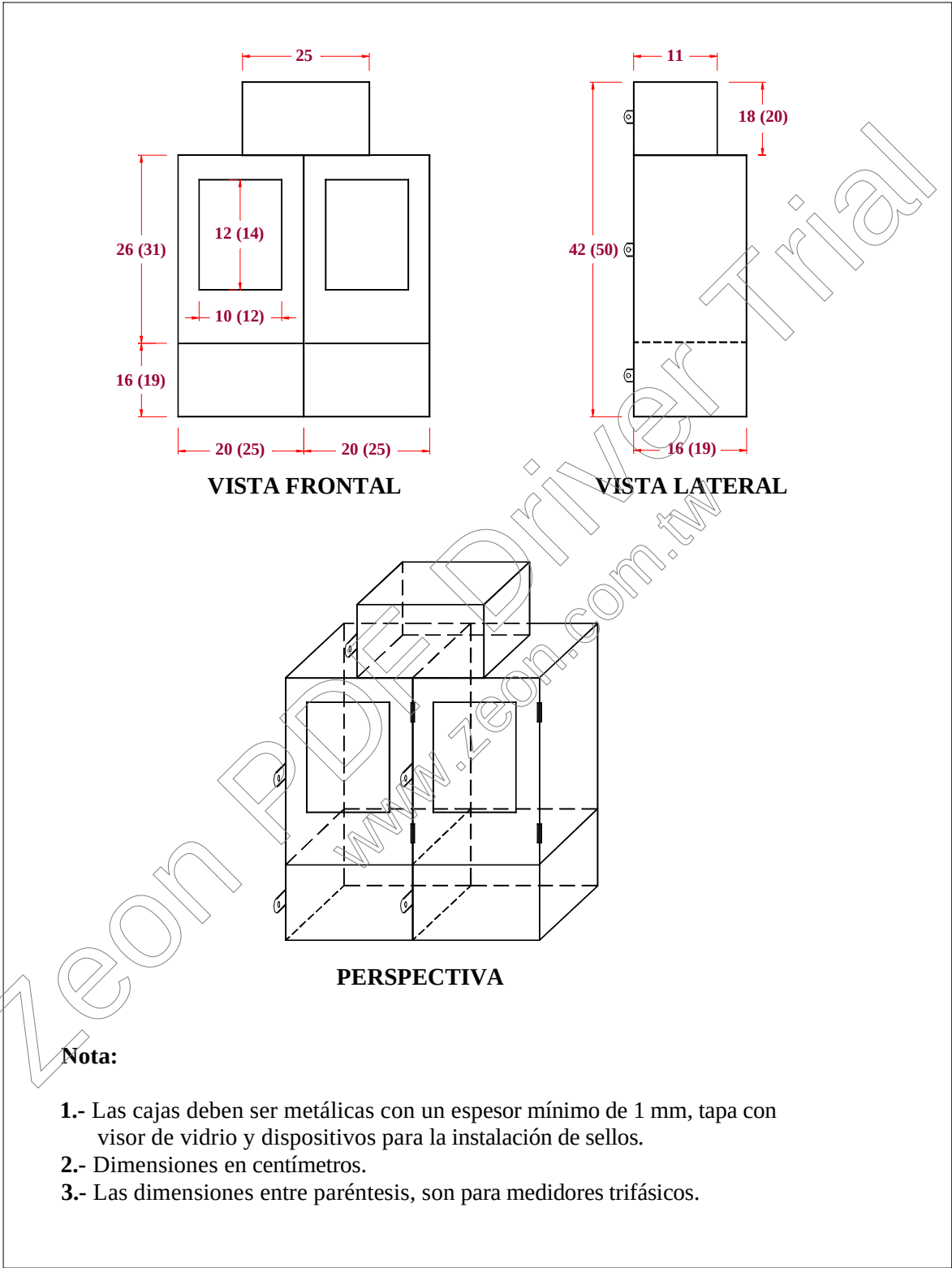
Esquema 2.10
Cajas de barras



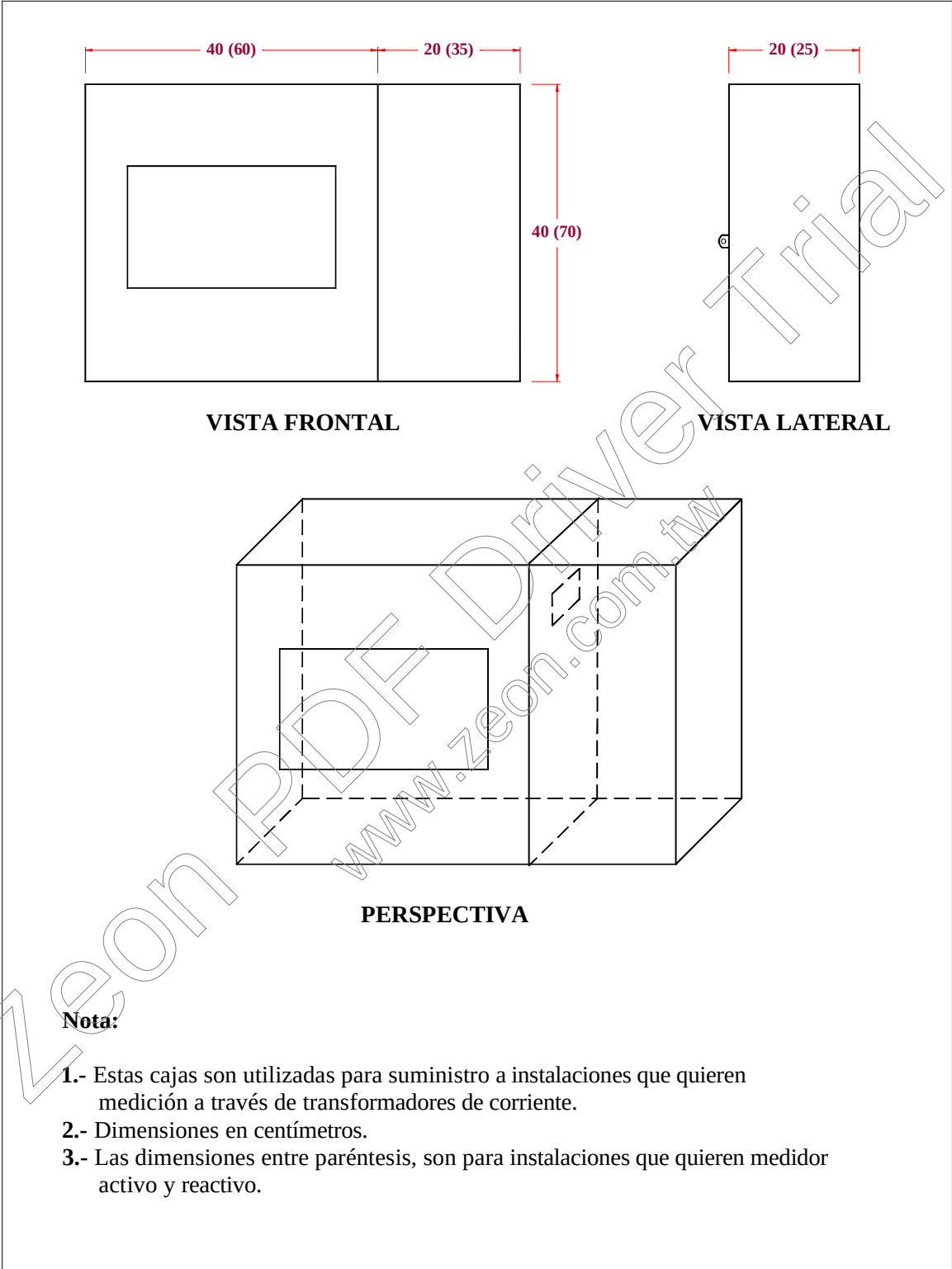
Esquema 2.11
Cajas de medición para medidor monofásico y trifásico



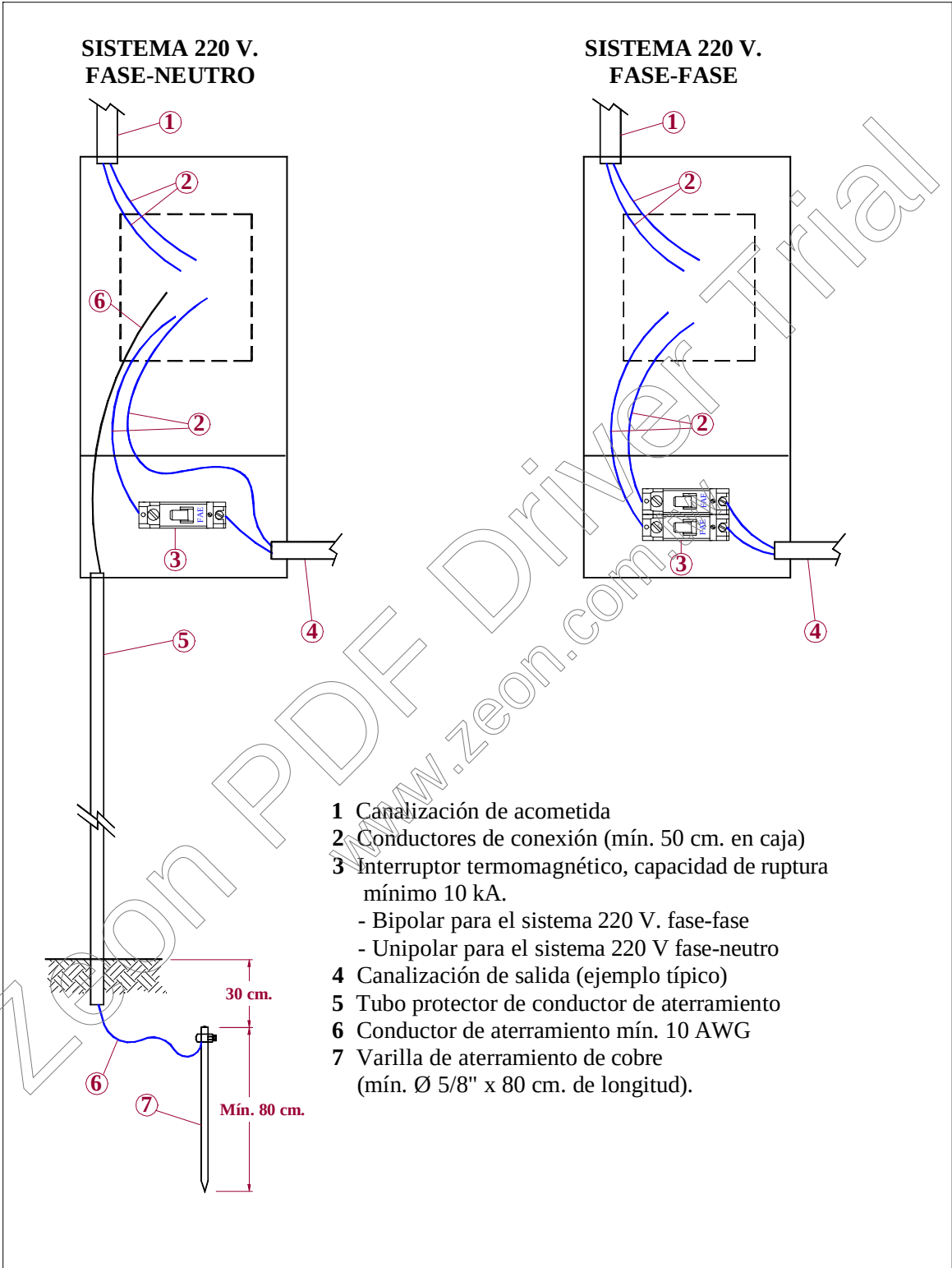
Esquema 2.12
Cajas de barras y medición para instalaciones de dos equipos de medida



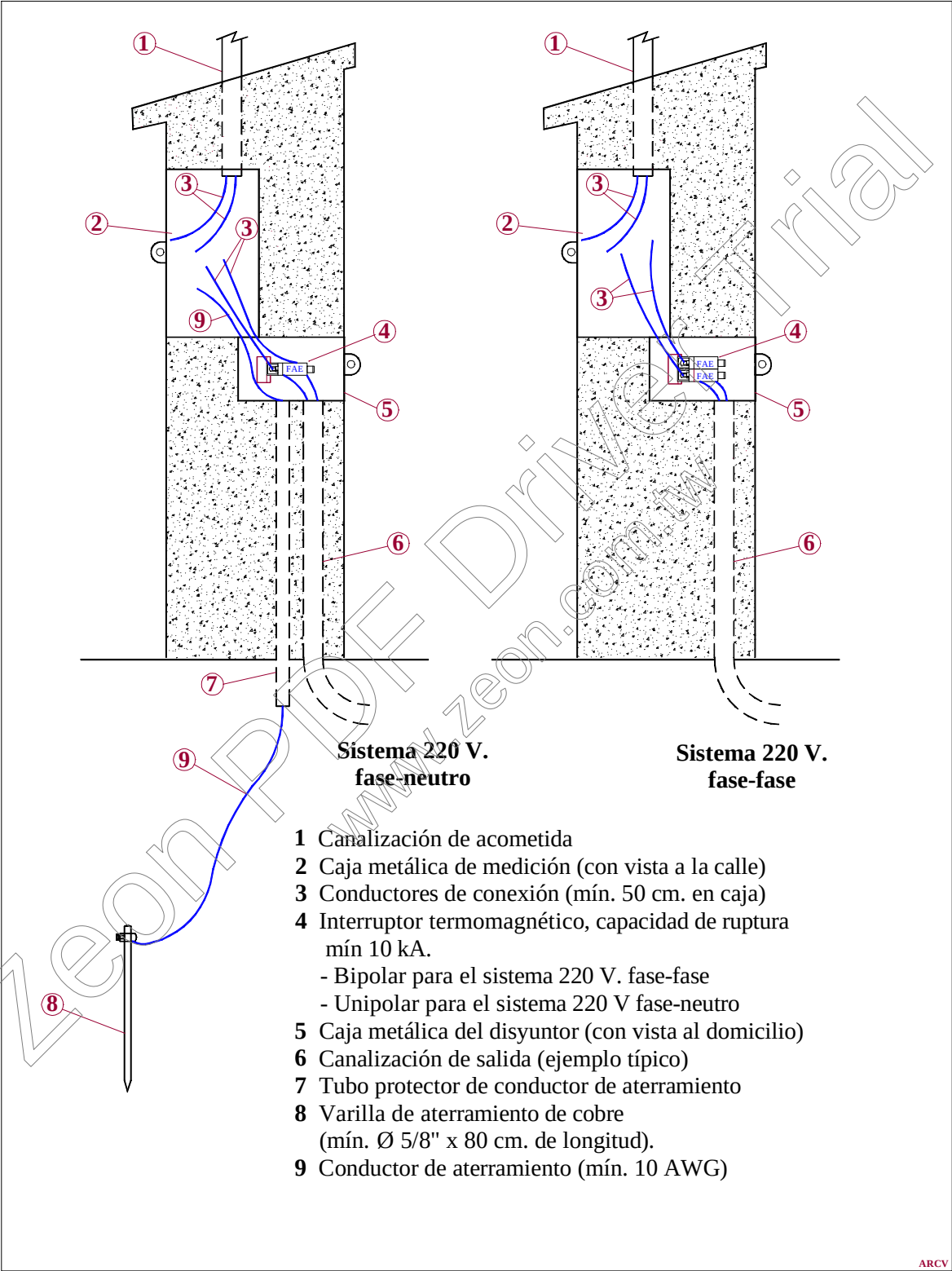
Esquema 2.13
Cajas para mediciones indirectas



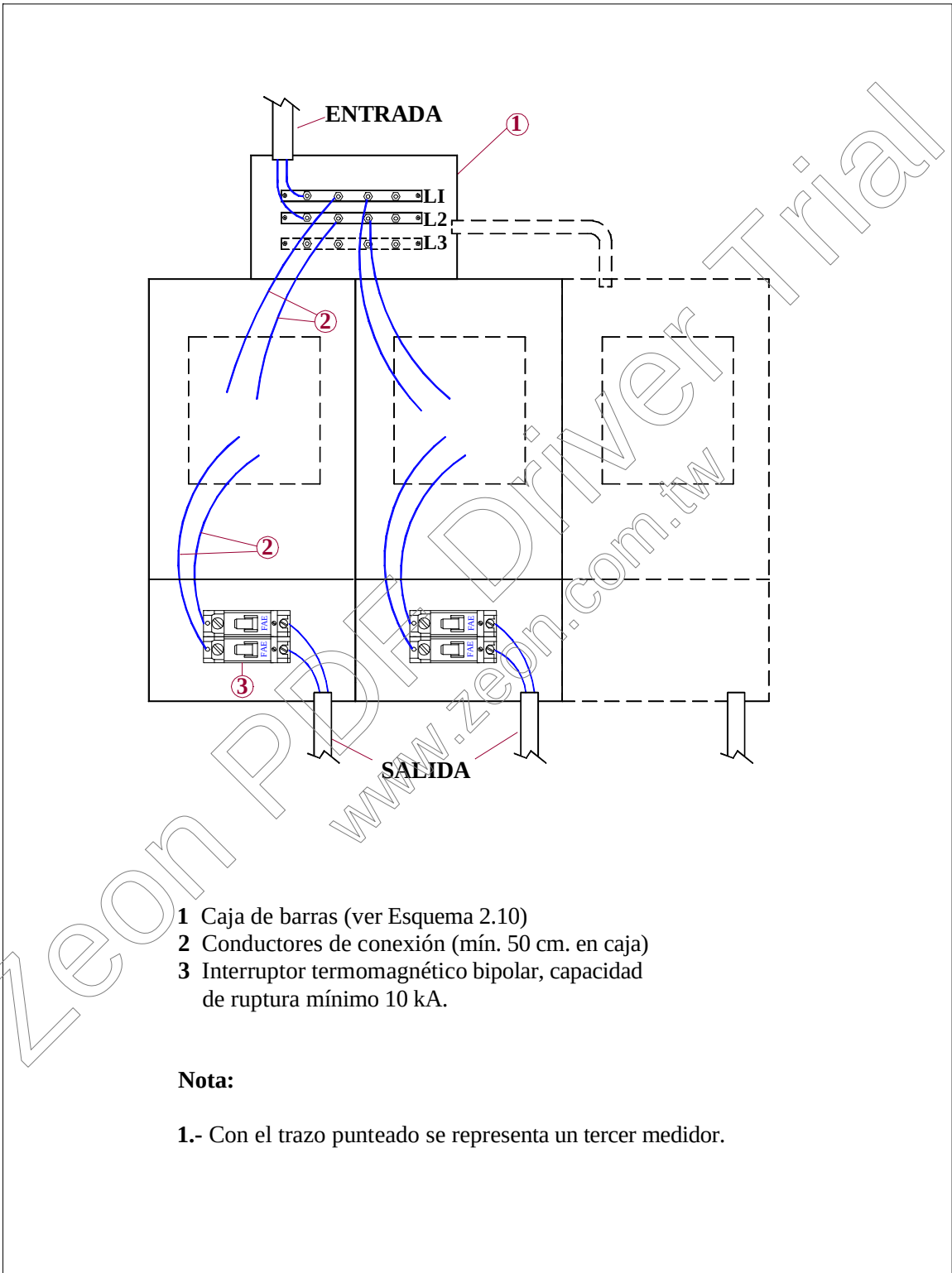
Esquema 2.14 a
Disposición de accesorios en caja de medición para instalaciones monofásico



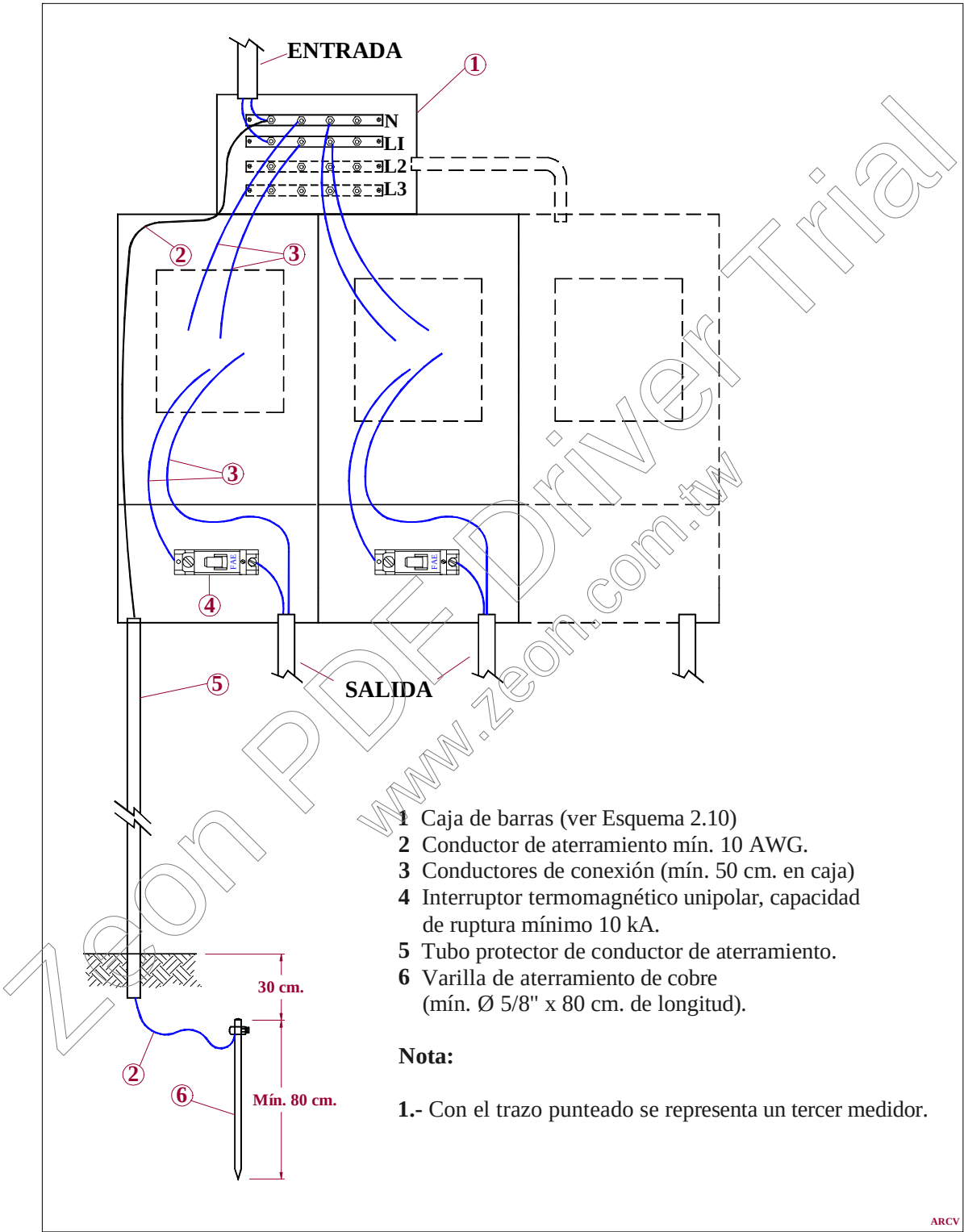
Esquema 2.14 b
Disposición de accesorios en caja de medición para instalaciones monofásico



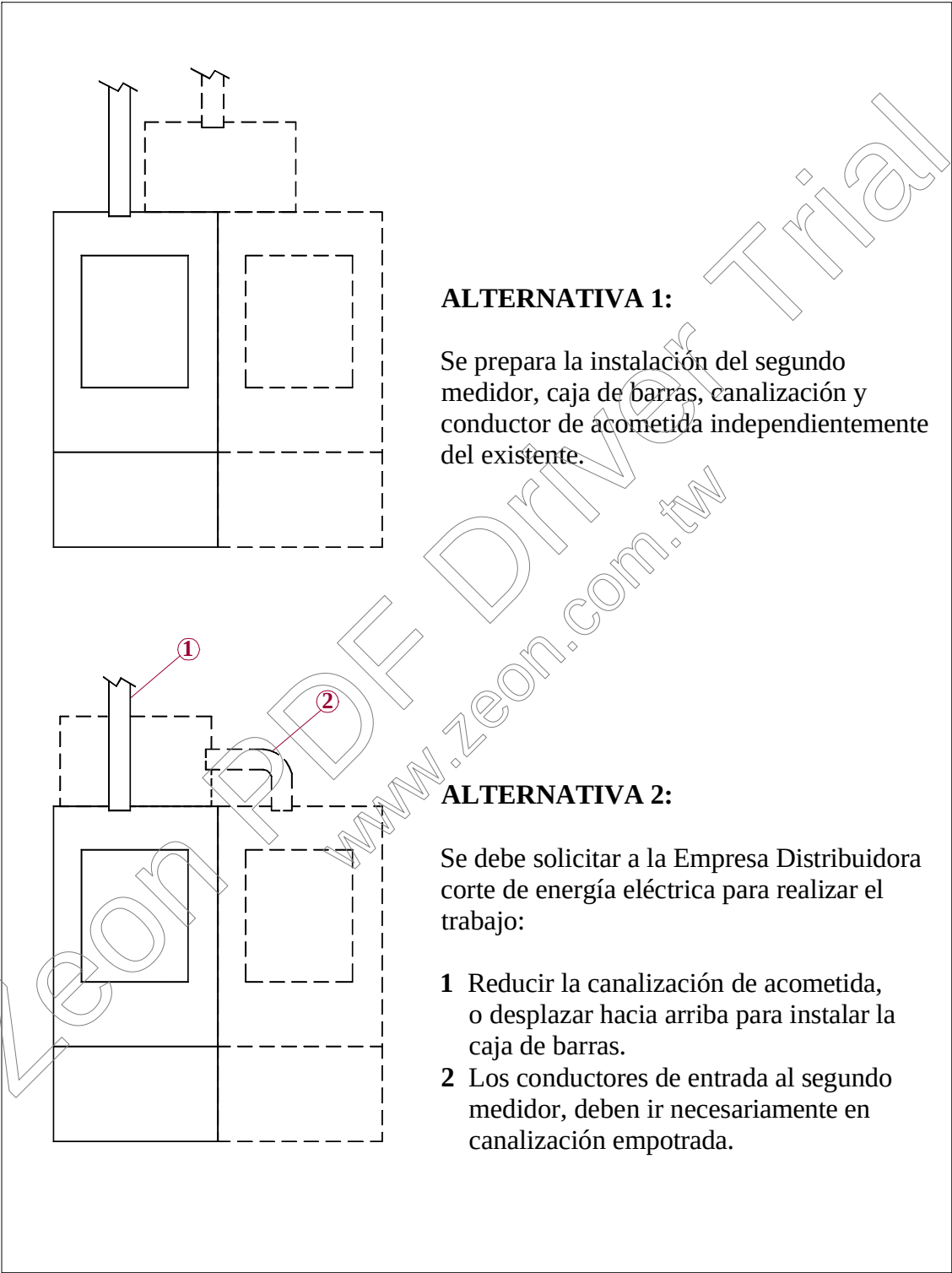
Esquema 2.15
Disposición de accesorios en caja de barras y de medición, para
instalaciones de dos o más medidores en sistema 220 V.



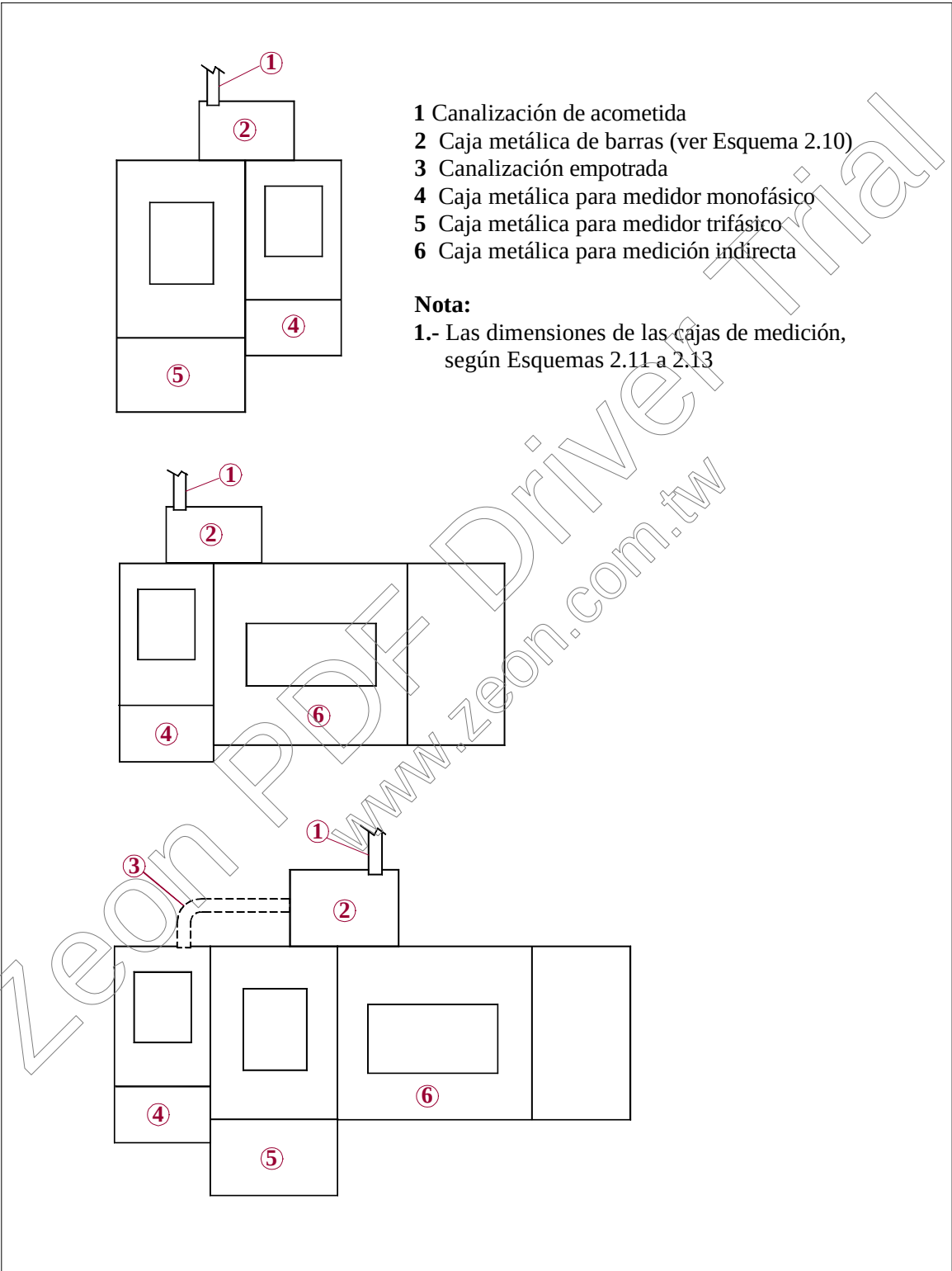
Esquema 2.16
Disposición de accesorios en caja de barras y de medición, para
instalaciones de dos o más medidores en sistema 380/220 V.



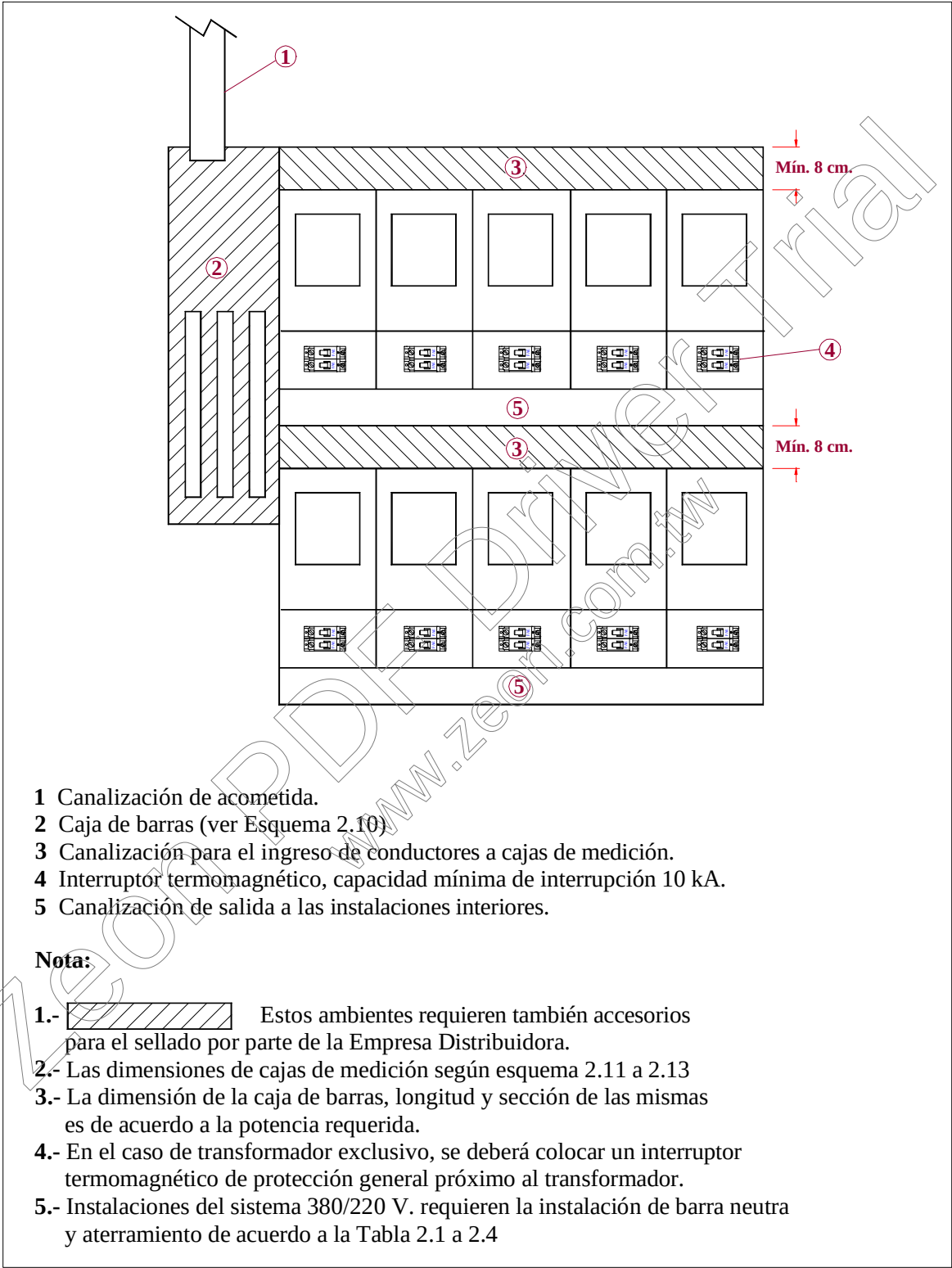
Esquema 2.17
Alternativas de disposición de cajas de barras y de medición para
dos medidores monofásicos o trifásicos



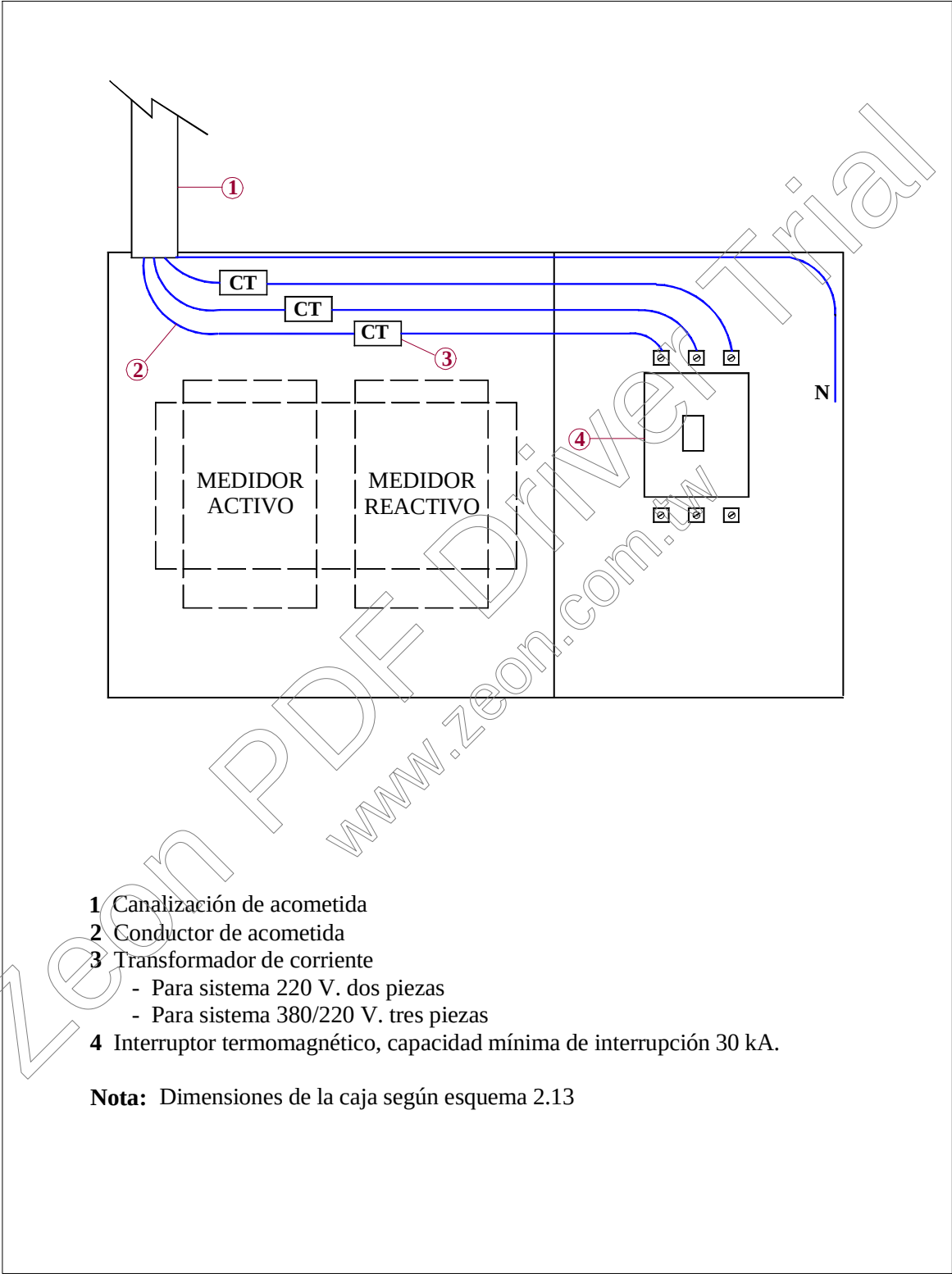
Esquema 2.18
Disposición de cajas de barras y de medición para dos o más
medidores monofásico y/o trifásico



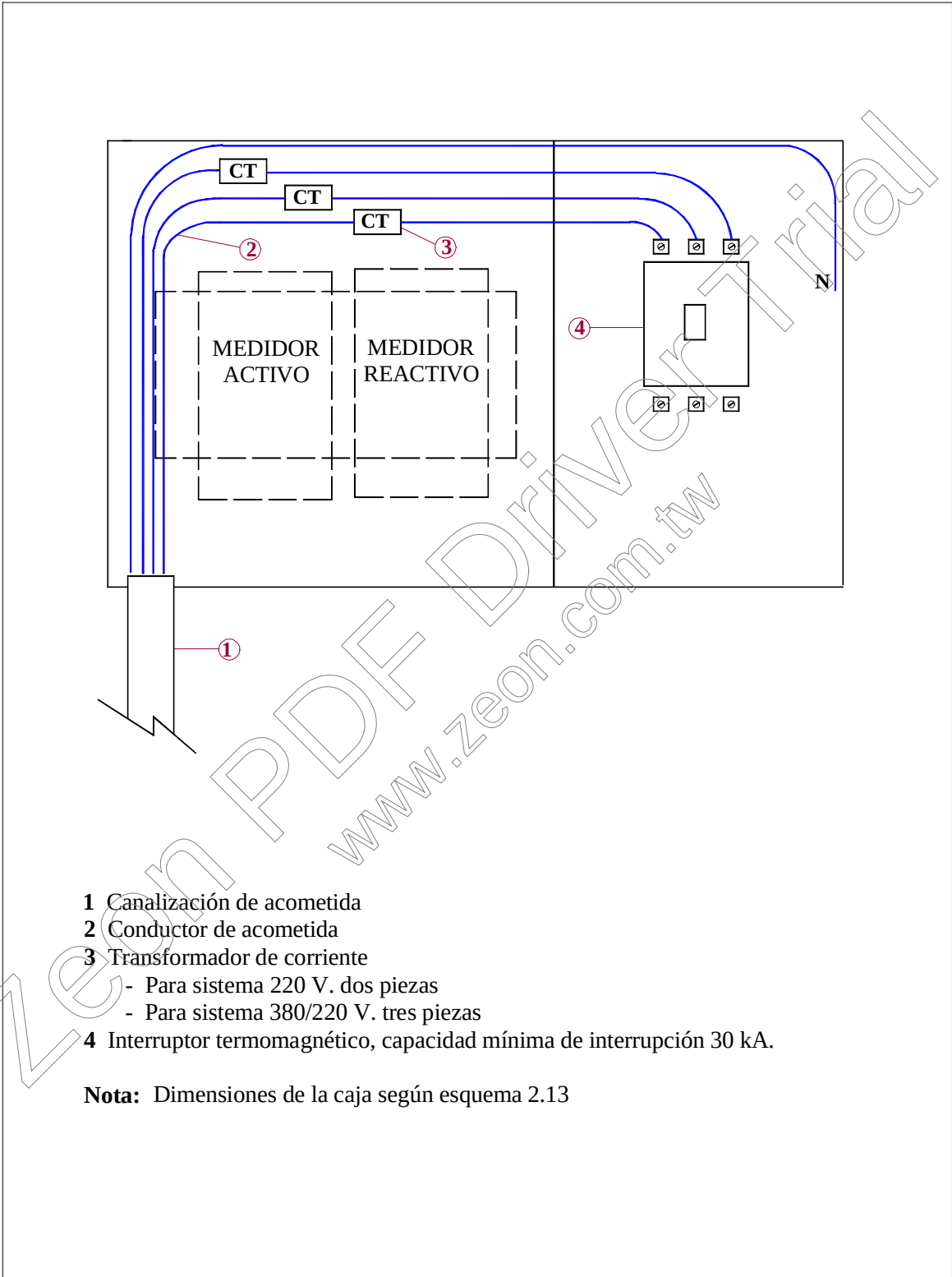
Esquema 2.19
Disposición de cajas de barras y medición para instalación de varios medidores



Esquema 2.20
Disposición de cajas de medición para instalaciones con potencia superior a 35 kW
(Entrada por parte superior)



Esquema 2.21
Disposición de cajas de medición para instalaciones con potencia superior a 35 kW
(Entrada por parte inferior)



2.3 ACOMETIDAS DE MEDIA TENSION

2.3.1 Demanda máxima mayor a 50 kVA

Si la demanda máxima prevista de una instalación eléctrica excede los 50 kVA se trata de suministrar energía eléctrica a cargas de características especiales (Edificios con ascensor previsto), se debe prever la instalación de un transformador de distribución de propiedad y uso exclusivo del cliente.

Las Especificaciones Técnicas y características del transformador deberán estar de acuerdo a exigencias y requerimientos de la Empresa Distribuidora.

2.3.2 Aspectos

Toda la instalación que incluya transformador particular, deberá considerar como mínimo los siguientes aspectos:

- a) Protección contra, sobretensiones.
- b) Protección contra, sobrecorriente y sobrecarga.
- c) Instalación de tensión primaria (cables aislados o líneas abiertas, aisladores, facilidades de maniobra, etc.)
- d) Instalación de puesta a tierra.
- e) Instalación de medición incluyendo aparatos.
- f) Tableros principales de distribución.
- g) Coordinación con las protecciones primarias de la Empresa Distribuidora.

2.3.3 Previsiones

En caso de instalaciones de transformadores en ambientes interiores, en postes o en el suelo, deberán tomarse las provisiones de seguridad para equipo y personas, respetando alturas y distancias mínimas a observarse, en particular, para instalaciones en el suelo, deberá proyectarse un cerco con puerta y llave, para permitir acceso solamente a personas autorizadas debiendo colocarse un aviso de “Peligro-Alta Tensión”.

2.3.4 Previsiones con acometidas subterráneas

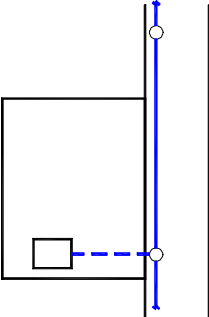
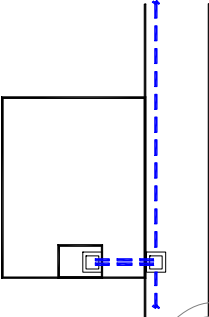
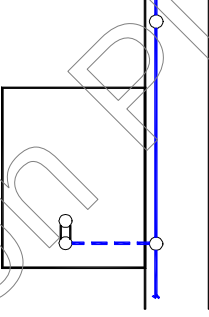
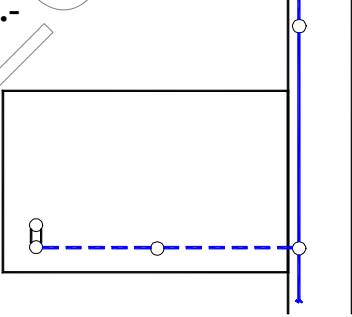
En toda área urbana atendida por redes subterráneas de media tensión o en lugares que por razones de seguridad, espacio, operación, congestionamiento urbano, estrechez de acera y/o de calzadas, etc., se determina que la acometida sea ejecutada en forma subterránea, se deberán tomar las siguientes provisiones de diseño, muy especialmente para edificios o complejos de vivienda, comercio o mixtos:

- a) El puesto de transformación deberá ser instalado en un ambiente especialmente proyectado para éste objeto y de uso exclusivo para éste fin. No se aceptarán adaptaciones que den lugar a espacios insuficientes, húmedos, o sin ventilación, o sin acceso fácil desde la calle.
- b) El puesto de transformación deberá ser diseñado preferiblemente en el sótano de un edificio, con acceso directo desde la calle, considerando facilidades de acceso de cables subterráneos, de ventilación natural, de proximidad a la sala de tableros del edificio, facilidades de drenaje de aguas de lluvia u otras que pudieran presentarse aún en casos extraordinarios.
- c) El ambiente diseñado para la subestación no deberá ser cruzado por cañerías de agua, gas, alcantarillado, etc., a menos que lo hagan de tal forma que no interfieran en el uso apropiado del ambiente y siempre que la Empresa Distribuidora lo apruebe.
- d) Las dimensiones del ambiente destinado al puesto de transformación deberán estar de acuerdo a las exigencias de la Empresa Distribuidora (mínimo de 4.50 x 4.50 m x 2.2 m).

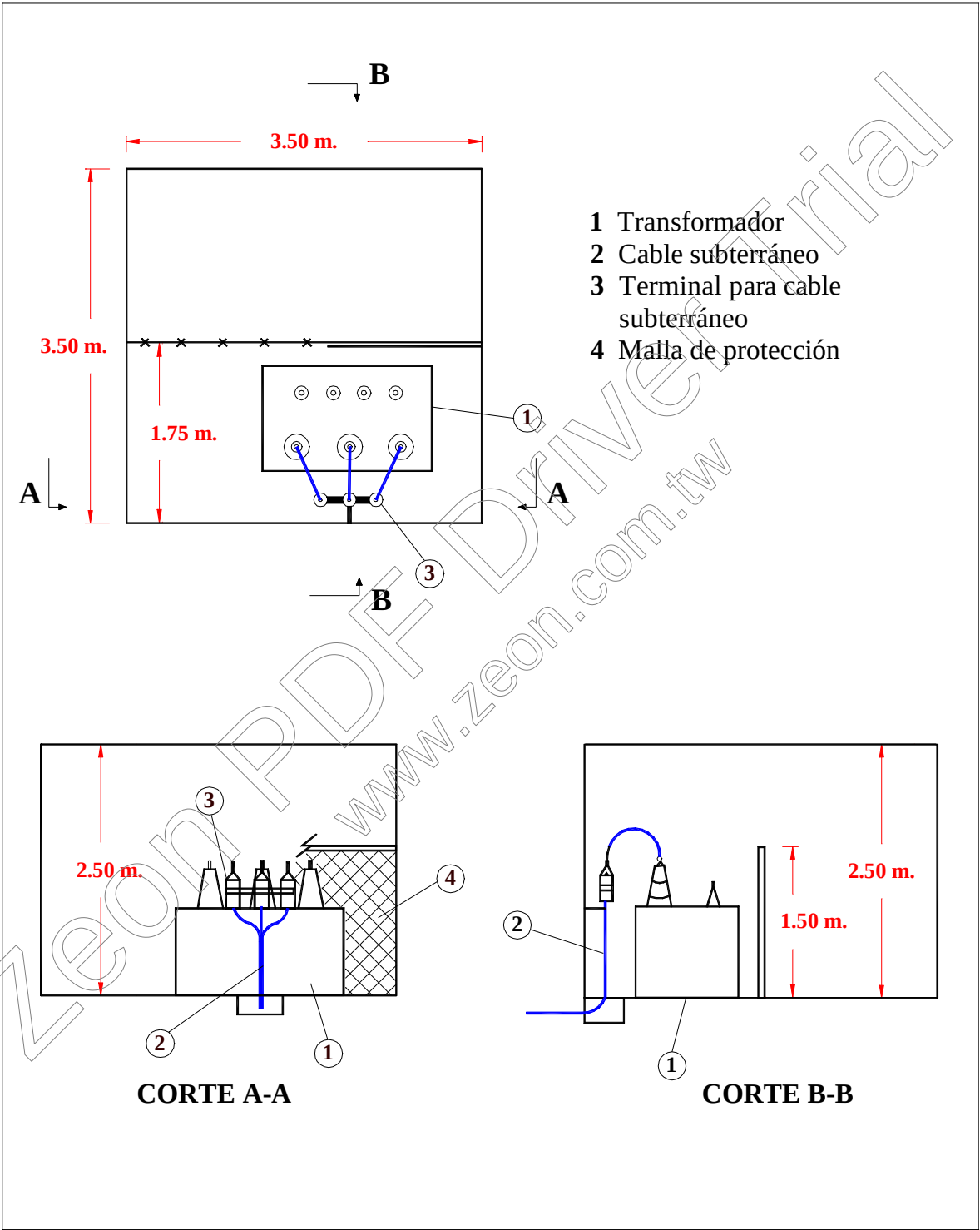
2.3.5 Detalles de emplazamientos de equipos

En los Esquemas 2.22 a 2.32, se muestran algunos detalles básicos del emplazamiento de equipos en subestaciones de media tensión.

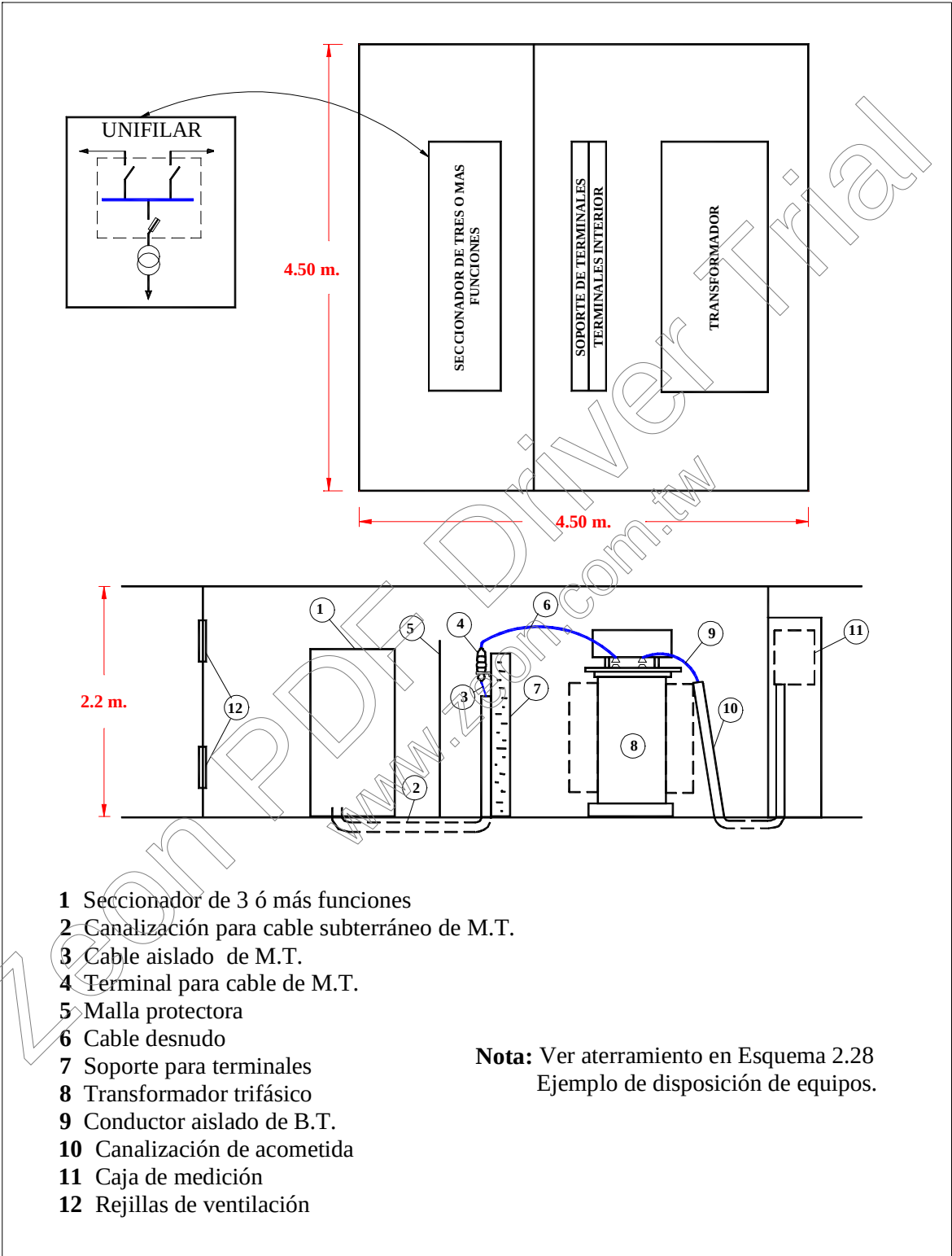
Esquema 2.22
Acometida en media tensión para transformador exclusivo

1.- 	Edificio multifamiliar, comercial o industrial del área urbana, la red de ELFEC S.A. de media tensión es aérea. El transformador debe estar en ambiente interior (en planta baja o en sótano) con acometida de cable aislado de media tensión ver Esquema 2.23.
2.- 	Similar al anterior, la red de media tensión de ELFEC S.A. es subterránea. El transformador debe estar en ambiente interior (en planta baja o en sótano) con doble acometida de cable aislado de media tensión ver Esquema 2.24.
3.- 	Edificación del área suburbana o rural la red de media tensión de ELFEC S.A. es aérea. El transformador puede estar en poste o plataforma ver Esquemas 2.24,2.25 y 2.26.
4.- 	Similar al caso 3, la acometida aérea en media tensión de ELFEC S.A. puede ser prolongada hacia el centro de carga de la instalación ver Esquema 2.24, 2.25 y 2.26.

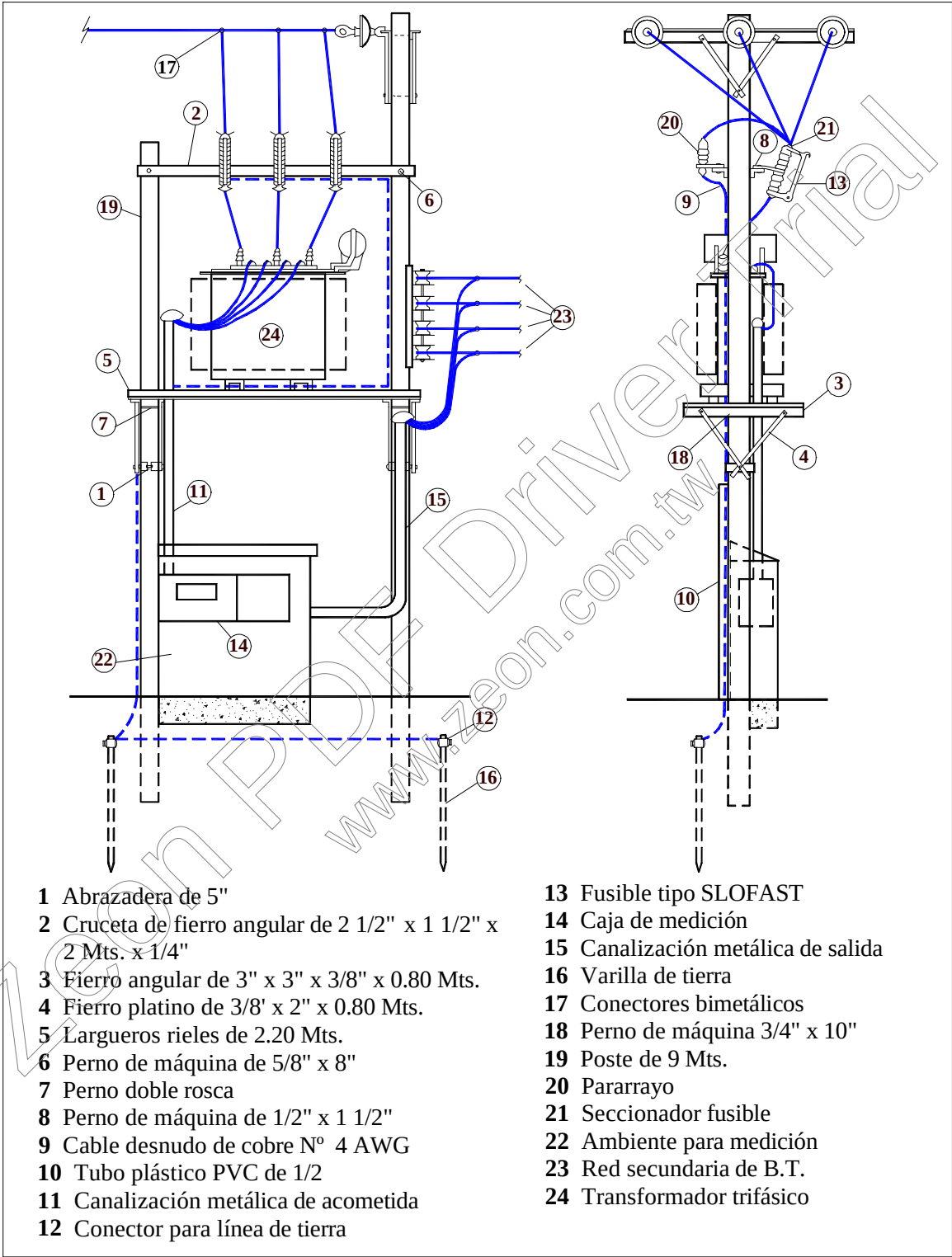
Esquema 2.23
Dimensiones de la caseta para el transformador del cliente



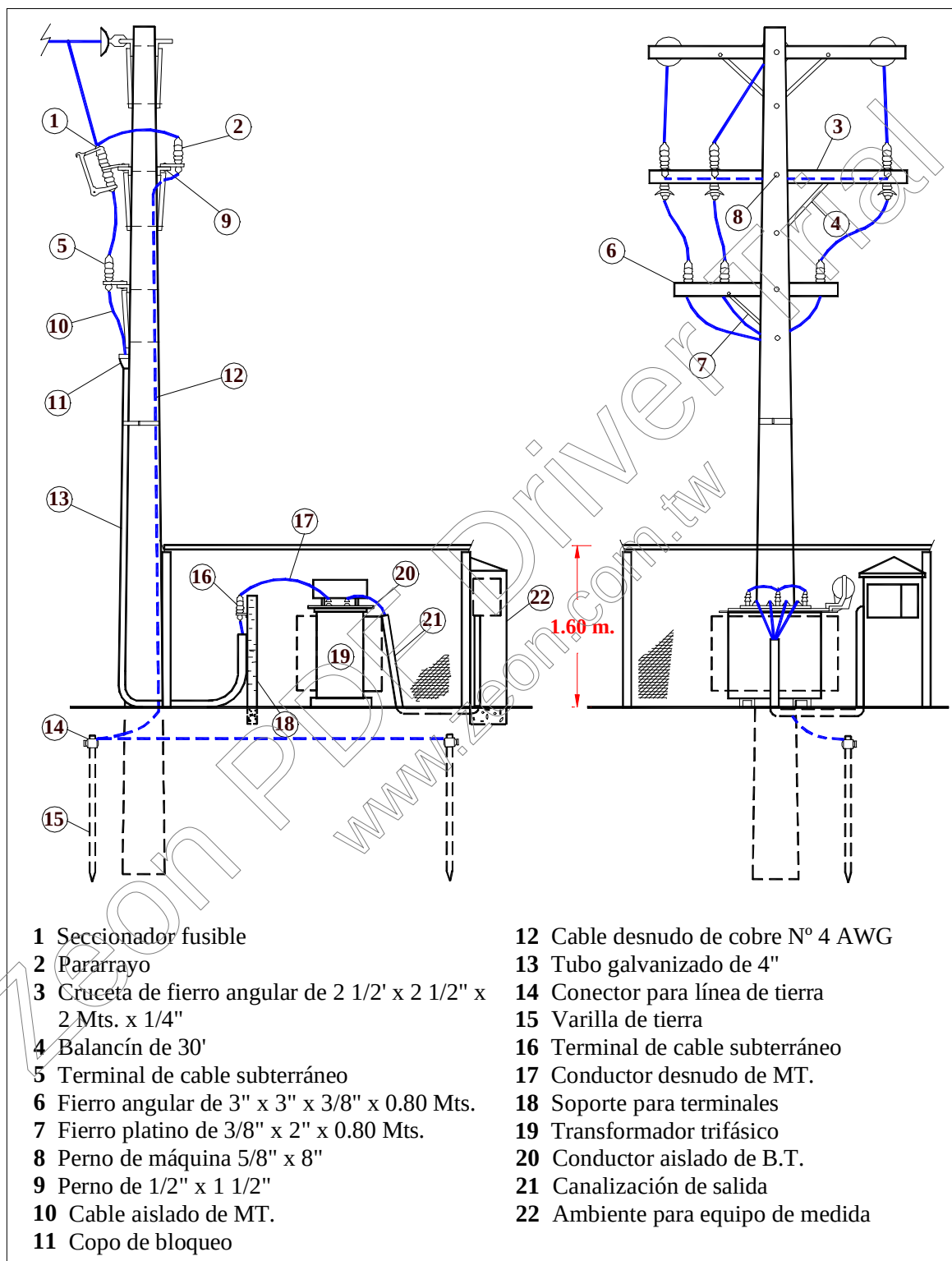
Esquema 2.24
Transformador exclusivo
(Puesto de transformación en ambiente interior)



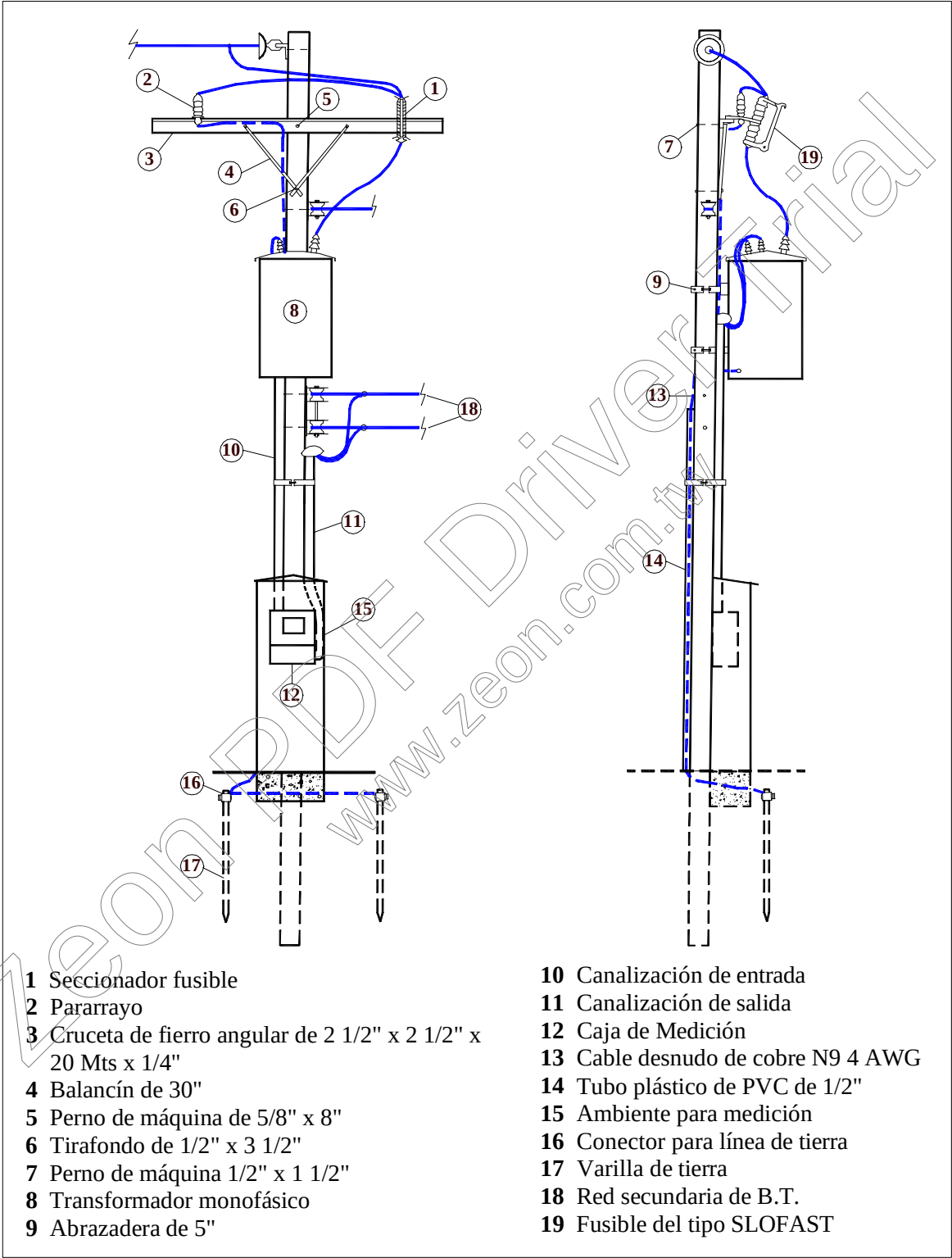
Esquema 2.25
Transformador exclusivo
(Puesto de transformación en estructura tipo H)



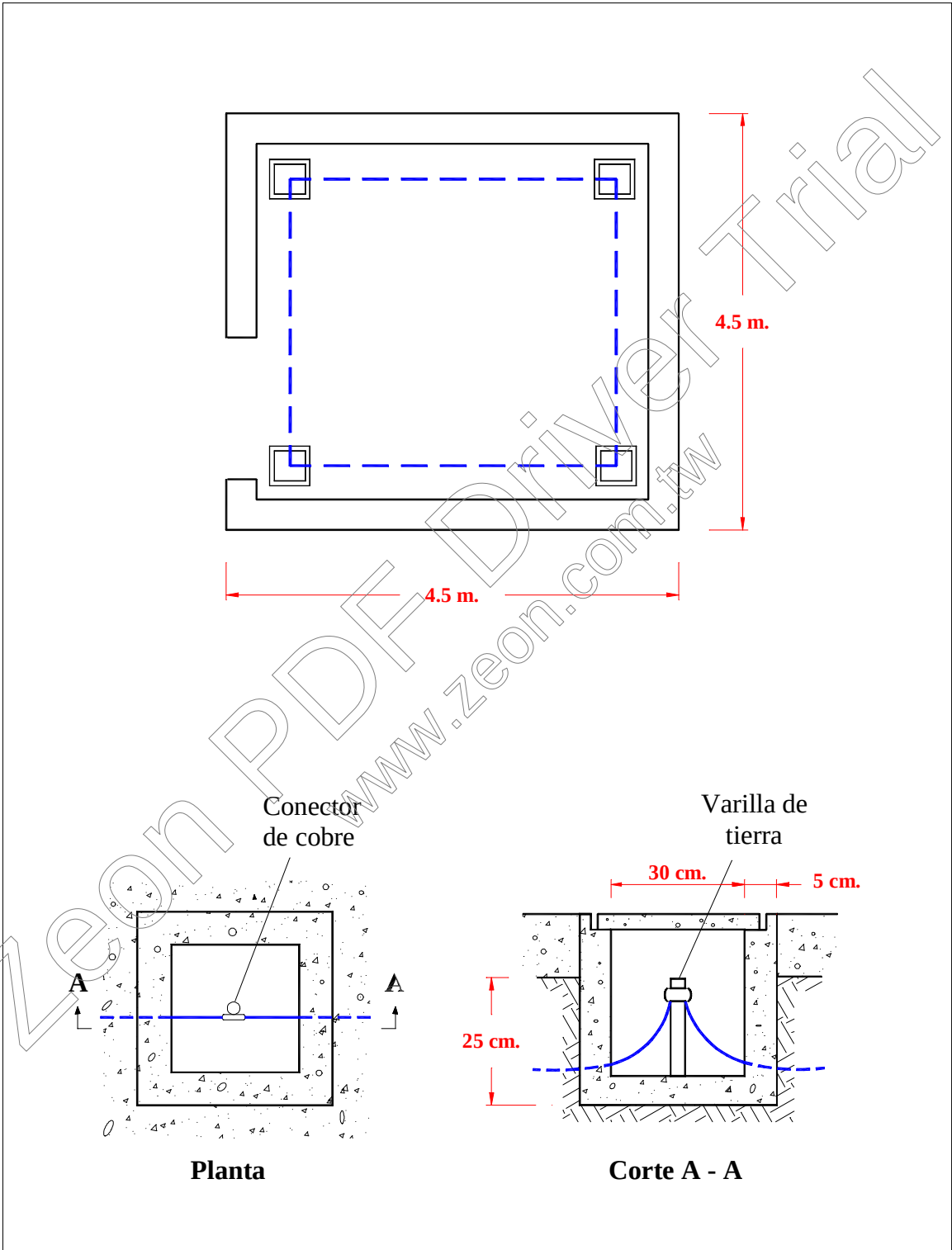
Esquema 2.26
Transformador exclusivo
(Puesto de transformación en suelo ambiente exterior)



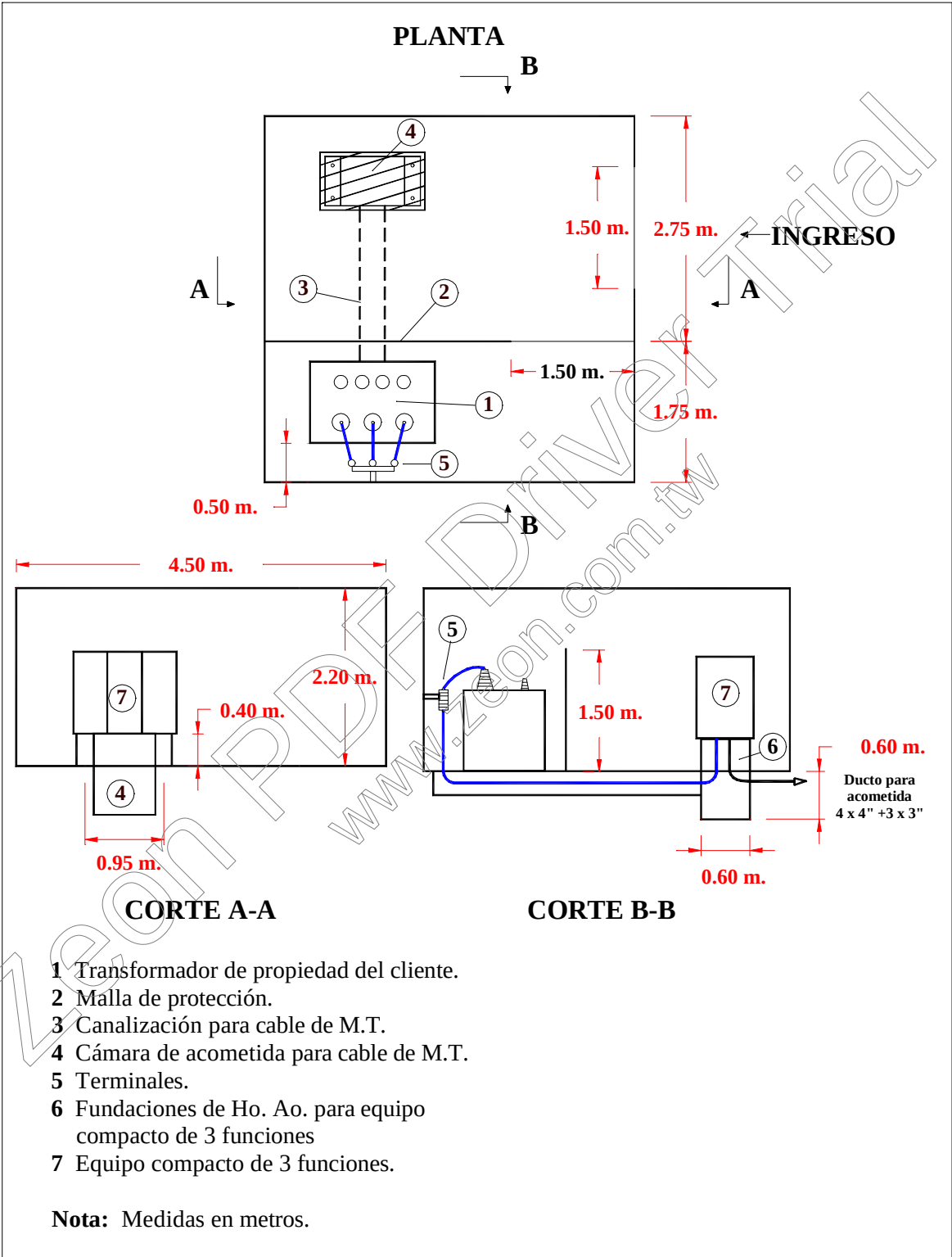
Esquema 2.27
Transformador exclusivo
(Puesto de transformación en poste)



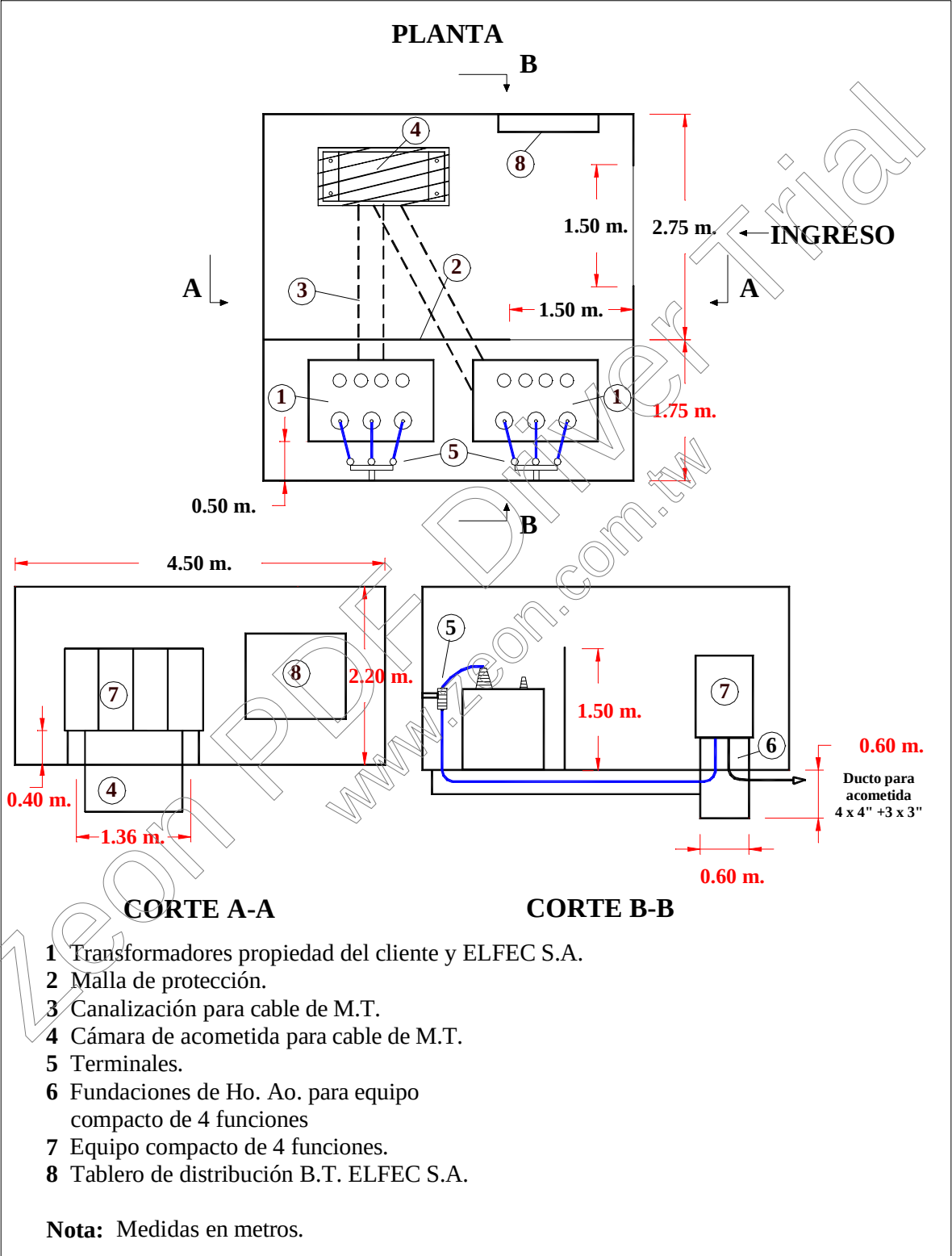
Esquema 2.28
Transformador exclusivo
(Sistema de aterramiento)



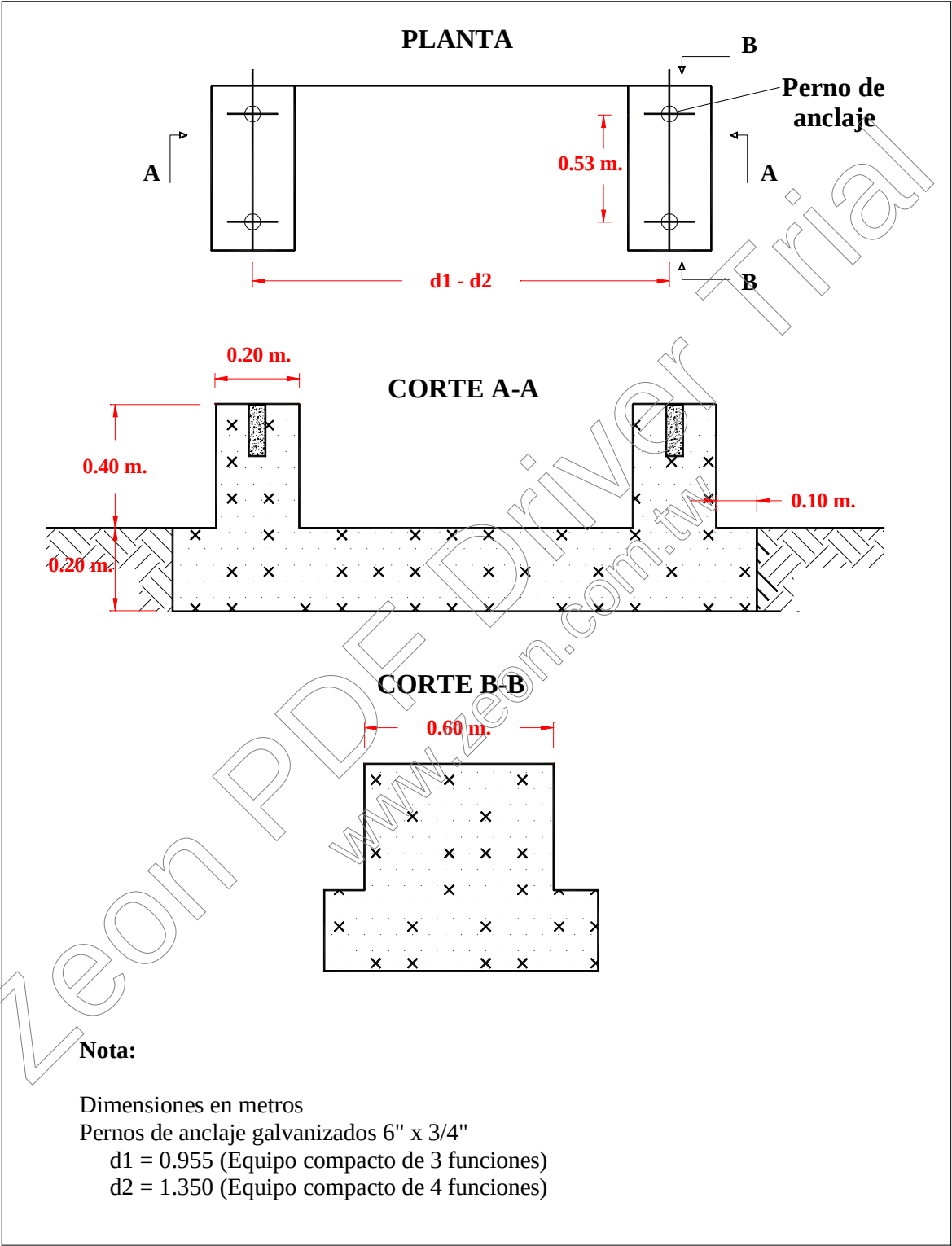
Esquema 2.29
Esquema indicativo de disposiciones de equipos
transformador del cliente y equipo compacto de 3 funciones



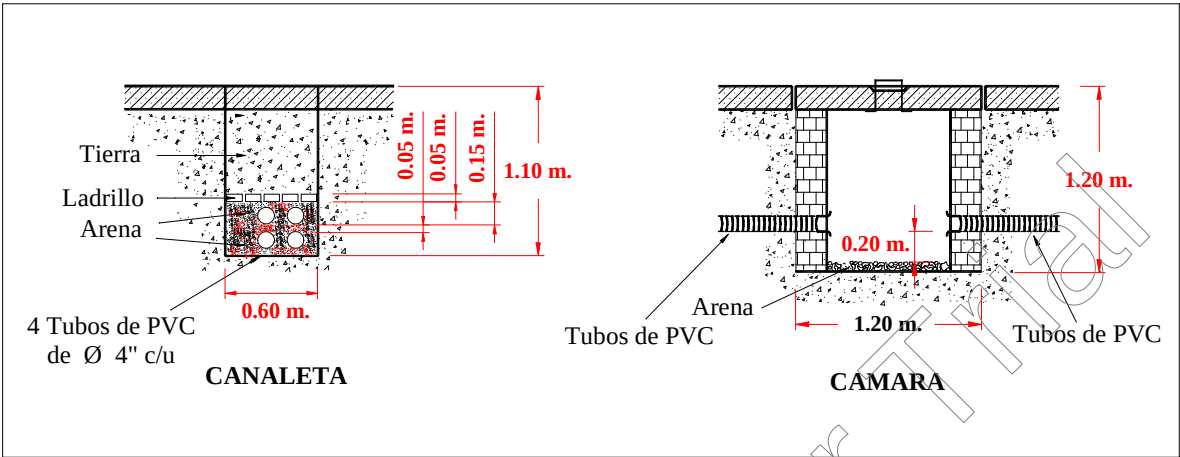
Esquema 2.30
Esquema indicativo de disposiciones de equipos
dos transformadores y equipo compacto de 4 funciones



Esquema 2.31
Detalle de la estructura de anclaje para equipo compacto



Esquema 2.32
Detalle de canaletas y cámaras para cables subterráneos



Ejemplo 2.1

Determinar el conductor de acometida y la canalización de una edificación que tiene una Demanda máxima de 25000 W, siendo el sistema 220 V.
De la tabla 2.1 para una $D_{Máx} = 25 \text{ kW}$:
Número de hilos = 3
Conductor número 4 (16 mm^2)
Diámetro interno de la canalización = 1 1/2”.

Ejemplo 2.2

Determinar el conductor de acometida y la canalización de una edificación que tiene una Demanda máxima de 25000 W, siendo el sistema 380/220 V.
De la tabla 2.2 para una $D_{Máx} = 25 \text{ kW}$:
Número de hilos = 4
Conductor de fase número 8 (10 mm^2)
Conductor neutro número 10 (6 mm^2)
Diámetro interno de la canalización = 1”.

Ejemplo 2.3

Determinar el conductor de acometida y la canalización de una edificación que tiene una Demanda máxima de 25000 W, siendo el sistema 380/220 V.
De la tabla 2.4 para una $D_{Máx} = 25 \text{ kW}$:
Número de fases = 3
Número de hilos = 4
Medidor de 20 A.
Interruptor termomagnético de 50 A.
Conductor número 10 (6 mm^2).
Diámetro de la jabalina 5/8”.
Longitud de la jabalina 32”
Diámetro interno de la canalización = 1 1/2”.

CAPITULO 3

TABLEROS DE LAS INSTALACIONES INTERIORES

CAPITULO 3

TABLEROS DE LAS INSTALACIONES INTERIORES

3.1 GENERALIDADES

El tablero es un recinto que rodea o aloja un equipo eléctrico, con el fin de protegerlo contra las condiciones externas y prevenir a las personas de contacto accidental con partes vivas (energizadas).

Las instalaciones interiores estarán protegidas y controladas según los casos por tableros de distribución y auxiliares.

Estos tableros deberán tener como mínimo las siguientes características:

- Los tableros deberán ser de material incombustible y no higroscópico, en caso de plancha metálica su espesor debe ser suficiente para asegurar su rigidez con un mínimo de 1mm.
- Los tableros metálicos deberán tener base aisladora para el montaje de los diferentes dispositivos.
- La plancha metálica deberá tener conexión a tierra.
- Los tableros metálicos deben protegerse con dos capas de pintura, una antioxida y otra de acabado.

3.2 TABLEROS DE DISTRIBUCION Y AUXILIARES

Son cajas que alojan los elementos de distribución y protección de los alimentadores y/o circuitos derivados de una instalación.

Estos tableros serán ubicados de acuerdo a las necesidades de carga de cada instalación.

Las dimensiones estarán en función de los alimentadores y/o circuitos que se alojan en ella.

3.3 DESCRIPCION DE LOS GRADOS DE PROTECCION PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE TABLEROS

Los grados de protección de cubiertas de equipos y tableros respecto a la protección que ofrecen contra el ingreso de sólidos y contactos con partes vivas o en movimiento y el ingreso de líquidos, se indican en el Capítulo 17 para instalaciones normales y en el Capítulo 21 para instalaciones en locales con riesgo de incendio o explosión.

3.4 CAPACIDAD DE TRANSPORTE DE BARRAS DE COBRE PARA SU UTILIZACION EN TABLEROS

La capacidad de conducción de corriente para barras de cobre separación de las mismas y la ubicación de los aisladores de soporte, se muestra en las Tablas 3.1 y 3.2, Esquema 3.1, Gráficos 3.1 y Esquemas 2.10 a 2.15.

Tabla 3.1
Capacidad de transporte de barras de cobre para su utilización en tableros

Ancho x espesor mm	Sección mm²	Peso kg/m	Capacidad admisible para barras rectangulares de cobre, temperatura de barras 65° C																Valores estáticos Para una barra					
			Carga continua en A																x - -x ë P		y - -y ë P			
			Corriente alterna 40 a 60 Hz								Corriente continua													
			Pintadas				Desnudas				Pintadas				Desnudas				W _x cm³	J _x cm⁴	W _y cm³	J _y cm⁴		
			N° de pletinas				N° de pletinas				N° de pletinas				N° de pletinas									
			1 Ĉ	2 Ĉ Ĉ	3 Ĉ Ĉ Ĉ	4 Ĉ Ĉ Ĉ Ĉ	1 Ĉ	2 Ĉ Ĉ	3 Ĉ Ĉ Ĉ	4 Ĉ Ĉ Ĉ Ĉ	1 Ĉ	2 Ĉ Ĉ	3 Ĉ Ĉ Ĉ	4 Ĉ Ĉ Ĉ Ĉ	1 Ĉ	2 Ĉ Ĉ	3 Ĉ Ĉ Ĉ	4 Ĉ Ĉ Ĉ Ĉ						
12 x 2	24	0.21	125	225				110	200				130	230			120	210			0.048	0.0288	0.008	0.0008
15 x 2	30	0.27	155	270				140	240				160	280			145	255			0.075	0.0562	0.010	0.0010
15 x 3	45	0.40	185	330				170	300				195	335			175	305			0.112	0.084	0.022	0.0030
20 x 2	40	0.36	205	350				185	315				210	370			190	330			0.133	0.133	0.0133	0.0013
20 x 3	60	0.53	245	425				220	380				250	435			225	395			0.200	0.200	0.030	0.0045
20 x 5	100	0.89	325	550				290	495				330	570			300	515			0.333	0.333	0.083	0.0208
25 x 3	75	0.67	300	510				270	460				300	530			275	485			0.312	0.390	0.037	0.005
25 x 5	125	1.11	385	670				350	600				400	680			360	620			0.521	0.651	0.104	0.026
30 x 3	90	0.80	350	600				315	540				360	630			325	570			0.450	0.675	0.045	0.007
30 x 5	150	1.34	450	780				400	700				475	800			425	725			0.750	1.125	0.125	0.031
40 x 3	120	1.07	460	780				420	710				470	820			425	740			0.800	1.600	0.060	0.009
40 x 5	200	1.78	600	1000				520	900				600	1030			550	935			1.333	2.666	0.166	0.042
40 x 10	400	3.56	835	1500	2060	2800	750	1350	1850	2500	870	1550	2180		800	1395	1950			2.666	5.333	0.666	0.333	
50 x 5	250	2.23	700	1200	1750	2310	630	1100	1550	2100	740	1270	1870		660	1150	1700			2.080	5.200	0.208	0.052	
50 x 10	500	4.45	1025	1800	2450	3330	920	1620	2200	3000	1070	1900	2700		1000	1700	2400			4.160	10.400	0.833	0.416	
60 x 5	300	2.67	825	1400	1980	2650	750	1300	1800	2400	870	1500	2200	2700	780	1400	1900	2500			3.000	9.000	0.250	0.063
60 x 10	600	5.34	1200	2100	2800	3800	1100	1860	2500	3400	1250	2200	3100	3900	1100	2000	2800	3500			6.000	18.000	1.000	0.500
80 x 5	400	3.56	1060	1800	2450	3300	950	1650	2200	2900	1150	2000	2800	3500	1000	1800	2500	3200			5.333	21.330	0.333	0.0833
80 x 10	800	7.12	1540	2600	3450	4600	1400	2300	3100	4200	1650	2800	4000	5100	1450	2600	3600	4500			10.660	42.600	1.333	0.666
100 x 5	500	4.45	1310	2200	2950	3800	1200	2000	2600	3400	1400	2500	3400	4300	1250	2250	3000	3900			8.333	41.660	0.4166	0.104
100 x 10	1000	8.90	1880	3100	4000	5400	1700	2700	3600	4800	2000	3600	4900	6200	1700	3200	4400	5600			16.660	83.300	1.666	0.833
40 x 3	120	1.07	460	780			420	710			470	820			425	740					0.800	1.600	0.060	0.009
40 x 5	200	1.78	600	1000			520	900			600	1030			550	935					1.333	2.666	0.166	0.042
40 x 10	400	3.56	835	1500	2060	2800	750	1350	1850	2500	870	1550	2180		800	1395	1950			2.666	5.333	0.666	0.333	
50 x 5	250	2.23	700	1200	1750	2310	630	1100	1550	2100	740	1270	1870		660	1150	1700			2.080	5.200	0.208	0.052	
50 x 10	500	4.45	1025	1800	2450	3330	920	1620	2200	3000	1070	1900	2700		1000	1700	2400			4.160	10.400	0.833	0.416	
60 x 5	300	2.67	825	1400	1980	2650	750	1300	1800	2400	870	1500	2200	2700	780	1400	1900	2500			3.000	9.000	0.250	0.063
60 x 10	600	5.34	1200	2100	2800	3800	1100	1860	2500	3400	1250	2200	3100	3900	1100	2000	2800	3500			6.000	18.000	1.000	0.500
80 x 5	400	3.56	1060	1800	2450	3300	950	1650	2200	2900	1150	2000	2800	3500	1000	1800	2500	3200			5.333	21.330	0.333	0.0833
80 x 10	800	7.12	1540	2600	3450	4600	1400	2300	3100	4200	1650	2800	4000	5100	1450	2600	3600	4500			10.660	42.600	1.333	0.666
100 x 5	500	4.45	1310	2200	2950	3800	1200	2000	2600	3400	1400	2500	3400	4300	1250	2250	3000	3900			8.333	41.660	0.4166	0.104

100 x 10									3600													
	1000	8.90	1880	3100	4000	5400	1700	2700		4800	2000	3600	4900	6200	1700	3200	4400	5600	16.660	83.300	1.666	0.833

Tabla 3.2

Capacidad admisible para barras rectangulares de cobre, temperatura de barra de 65° C

N° de pletinas	Altura de la pletina (mm)	Espacio intermedio entre pletinas (mm)	Factor para pletinas	
			Pintadas	Desnudas
1	50 a 200	5 a 10	0.90	0.85
2	50 a 200	5 a 10	0.85	0.80
3	50 a 80	5 a 10	0.85	0.80
	100 a 120	5 a 10	0.80	0.75
4	160	5 a 10	0.75	0.70
	200	5 a 10	0.70	0.65

Nota:

- 1) Los datos de la Tabla 3.1 se refieren a una temperatura ambiente de 35° C, a la que se añade un calentamiento medio de 30° C, lo que representa una temperatura de la barra de 65° C.
- 2) Para adaptación a otra temperatura ambiente o a otra temperatura de barras, los valores de la Tabla 3.1 deben multiplicarse por un factor K expresado en el Gráfico 3.1.
- 3) Para corrientes mayores a 10 kA, los valores de la Tabla 3.1 deben afectarse por un factor de 0.8 para disminuir las pérdidas por resistencia.
- 4) Para longitudes mayores a 3 metros, los valores de la Tabla 3.1 deben afectarse por un factor de 0.85.
- 5) Los datos de la Tabla 3.1 se refieren a las barras montadas en posición vertical. Si éstas barras se montan horizontalmente, para longitudes superiores a 2 metros deben multiplicarse los valores de la tabla por los factores expresados en la Tabla 3.2.

Esquema 3.1

Separación entre barras de cobre

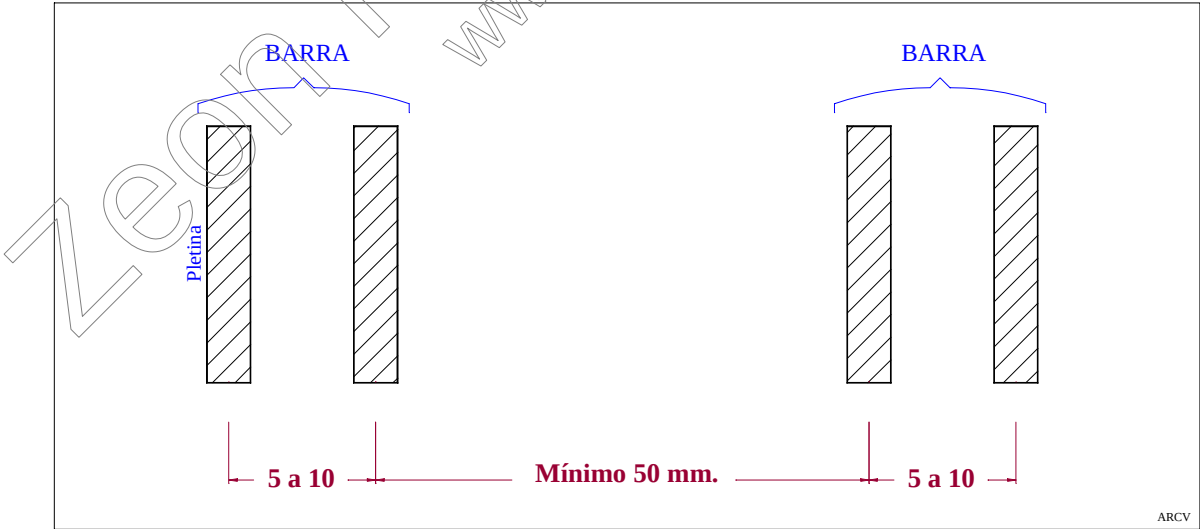
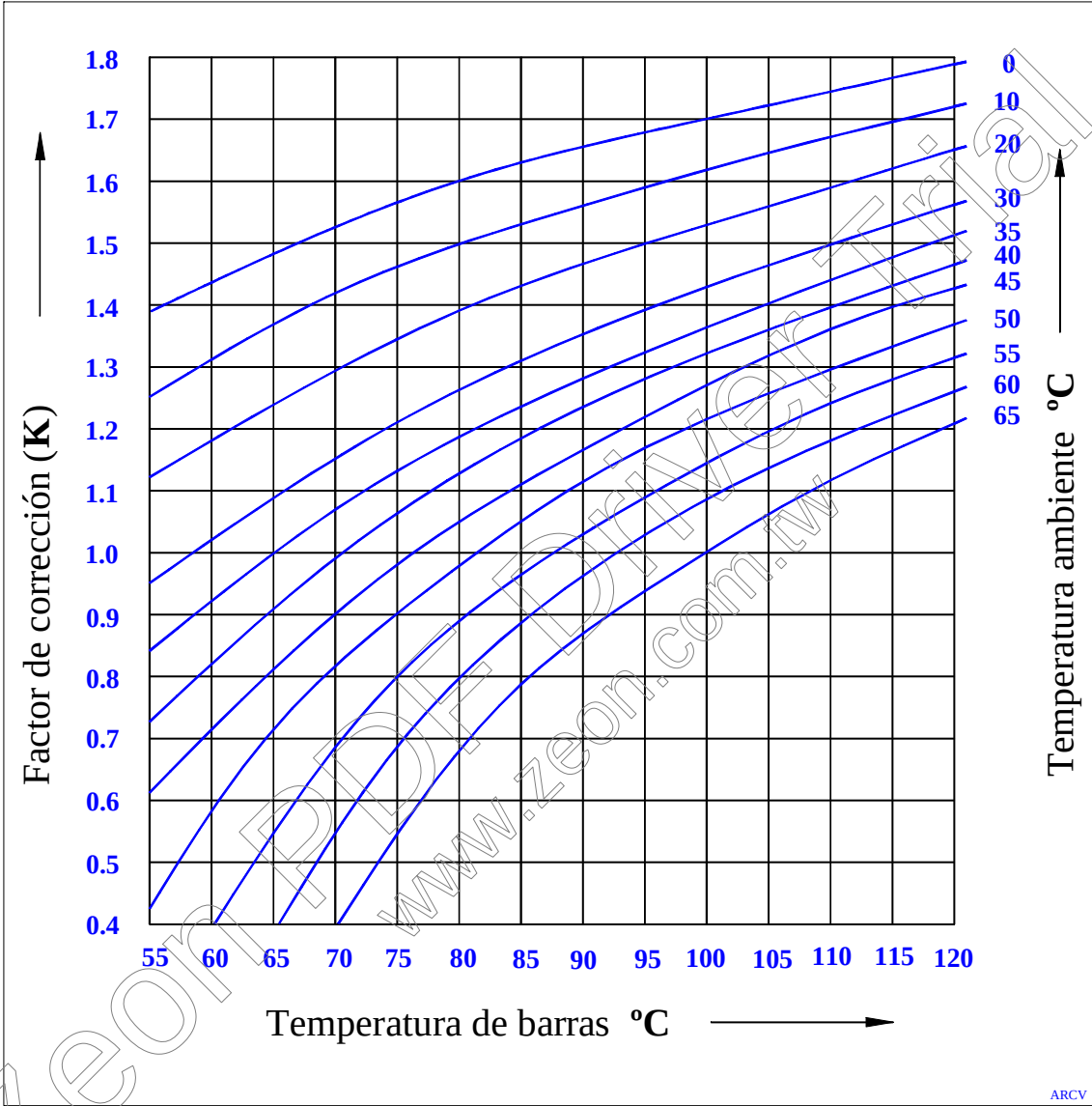


Gráfico 3.1
Ajuste por temperatura ambiente y de barras



CAPITULO 4

CONDUCTORES

CAPITULO 4

CONDUCTORES

4.1 CONSIDERACIONES GENERALES

El cable no es un elemento independiente, pero forman parte de un sistema eléctrico, a cuyas características debe adaptarse.

La selección del cable involucra básicamente tres etapas:

- a) Definir, entre las posibles alternativas, aquellos que a principio se presentan como las más indicadas.
- b) Dimensionamiento del cable con respecto a cada alternativa escogida.
- c) El análisis de los resultados, para la definición final de mejor alternativa entre las consideradas.

4.2 DEFINICION DE LAS ALTERNATIVAS

La definición de las alternativas a ser analizadas, debe ser hecha a partir de una serie de condiciones que son establecidas por el proyectista mediante consideraciones operacionales y económicas:

4.2.1 Tipo y proyecto del sistema

El tipo de sistema (transmisión, distribución, iluminación pública, etc.) como su proyecto (radial, radial selectivo, reticulado, etc.), pueden ser determinantes en la elección del tipo de cable.

4.2.2 Tensión y potencia

Los varios tipos de cables presentan fajas limitadas de tensión y potencia en las que puede operar.

4.2.3 Longitud del circuito

Particularmente en baja tensión, la longitud del circuito debe ser considerada principalmente para que esté en el margen del valor aceptable de caída de tensión.

4.2.4 Tipo de carga

Las cargas inductivas, capacitivas o puramente resistivas, pueden exigir cables con los detalles de construcción diferente.

4.2.5 Condiciones ambientales

Los cables deben ser dotados de protección mecánicas, conveniente con las condiciones ambientales del lugar de instalación del circuito.

4.2.6 Trayecto

Los eventuales desniveles o curvas a lo largo del trayecto del cable, son importantes en la opción de los materiales de aislamiento y protecciones.

4.2.7 Confiabilidad deseada

El tipo de aislamiento deberá presentar confiabilidad compatible, con la deseada para los sistemas a corto, medio y largo plazo.

4.3 CONSIDERACIONES PARA EL DIMENSIONAMIENTO

El dimensionamiento de cables referente a cada alternativa consiste en calcular la sección y el espesor aislante necesario. La sección depende del material conductor, de la corriente a transportar y del tipo de la instalación. El material dieléctrico, la sección del conductor y la tensión eficaz determina el espesor aislante.

4.4 ANALISIS DE LOS RESULTADOS

El análisis de los resultados, consiste en comparar el costo de cada alternativa en base de las restricciones del presupuesto del proyecto. En el caso de inviabilidad, será necesario redefinir las condiciones iniciales del proyecto implicando en escoger nuevas alternativas y reinicio del proceso.

El diagrama de flujo para proceder ilustra el proceso iterativo de opción del cable (ver Esquema 4.1).

4.5 CONSTRUCCION

Examinando a continuación los diversos componentes de los cables de energía en el mismo orden de fabricación, o sea, de conductor a capa externa.

4.5.1 Conductor

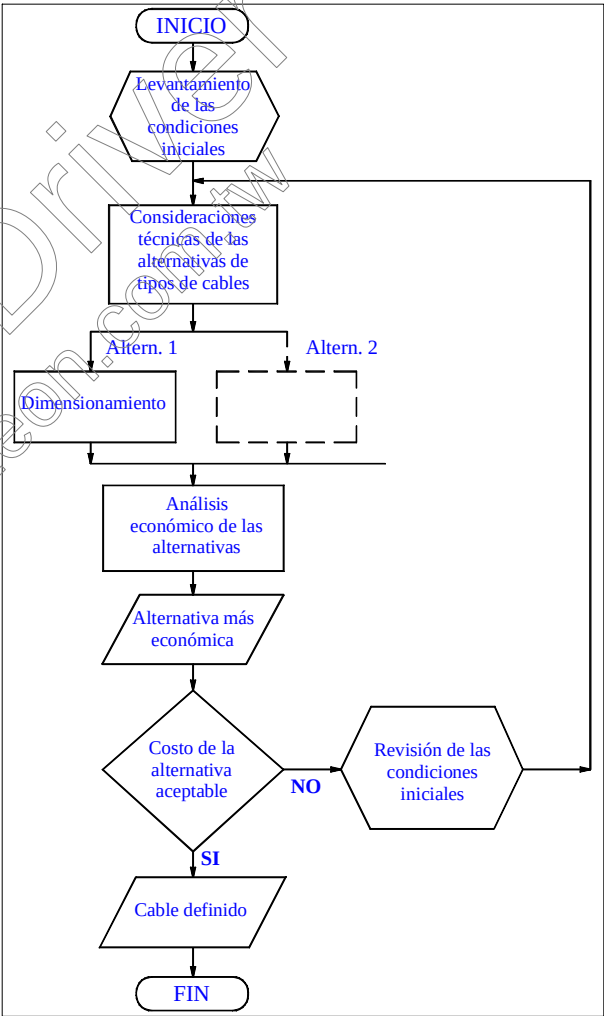
Dos aspectos deben ser analizados: Materiales a ser utilizados y la forma geométrica del conductor.

4.5.1.1 Materiales

Los materiales utilizados actualmente en la fabricación de conductores de cables eléctricos son de cobre y/o aluminio

El cobre, que es un material tradicional, debe ser electrolítico, o sea refinado por electrólisis, de pureza mínima 99.9% (considerando la plata como cobre), recosido, de conductibilidad 100% IACS (International Annealed Copper Standard). Solamente en aplicaciones especiales, se pone necesaria la utilización de cobre duro y semiduro.

Esquema 4.1
Diagrama de flujo



El aluminio, normalmente se obtiene por laminación continua, viene siendo ampliamente empleado como conductor eléctrico, en virtud principalmente de la facilidad de trabajarlo, menor peso específico y conveniencia económica.

El aluminio puro utilizado en conductores aislados, es normalmente de temperatura medio dura y de conductibilidad 61% IACS.

Para una comparación entre ambos materiales, relacionaremos las secciones necesarias de cada una para el transporte de una misma corriente.

Esta condición equivale aproximadamente a igualar las resistencias ohmicas, o sea:

$$R_{cu} = \frac{\rho_{cu} L}{S_{cu}} = \frac{\rho_{al} L}{S_{al}}$$

Como la conductibilidad del aluminio es 61% de la del cobre, podemos escribir, en base a la relación $\rho_{al} S_{cu} = \rho_{cu} S_{al}$

$$\frac{S_{al}}{S_{cu}} = \frac{\rho_{al}}{\rho_{cu}} = \frac{100}{61} = 1.64$$

y concluir

$$\frac{\phi_{al}}{\phi_{cu}} = \sqrt{1.64} = 1.28$$

por otro lado

$$\frac{\gamma_{cu}}{\gamma_{al}} = \frac{8.9}{2.7} = 3.29$$

que permite concluir

$$\frac{M_{cu}}{M_{al}} = \frac{3.29}{1.64} \approx 2$$

Donde:

R = Resistencia ohmica del conductor (Ω/km)

ρ = Resistividad del material conductor ($\Omega \text{ cm}$)

S = Sección del conductor (mm^2)

ϕ = Diámetro del conductor (mm^2)

γ = Peso específico (kg/cm^3)

M = Masa (kg)

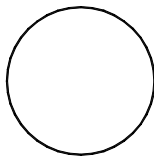
O sea, para el transporte, el aluminio pesará cerca de la mitad que del cobre para un mismo trabajo eléctrico y el conductor de aluminio tendrá un diámetro 28% mayor que el del cobre.

La mayor limitación al uso de aluminio como conductor eléctrico viene siendo la fabricación de accesorios por la rápida oxidación del metal cuando en contacto con el aire y el deterioro de sus propiedades mecánicas como la resistencia a la abrasión (desgaste por fricción). Con el desarrollo de nuevas técnicas de trabajo y líneas de accesorios especiales estos problemas están hoy resueltos y los cables de aluminio han encontrado amplia aplicación.

4.5.1.2 Forma (Tipos de construcción)

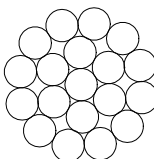
Varias alternativas de construcción de conductores de cobre o aluminio son posibles:

a) Redondo sólido:



Solución ideal desde el punto de vista económico; su limitación está en el aspecto dimensional y la flexibilidad, siendo utilizado, por tanto apenas en secciones menores (hasta 6 AWG = 4.11 mm). Su uso en el ámbito de cables de energía está limitado a hilos para construcciones, o en aplicaciones especiales.

b) Redondo normal:



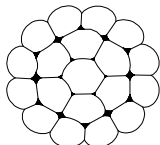
(o conductores de formación concéntrica; o de formación regular)
Ampliamente utilizados en cables de energía monopolares o multipolares, con cualquier tipo de aislamiento.
Presenta mejor flexibilidad. Constituye de un hilo longitudinal, en torno del cual son colocadas, en forma de espiral una o más coronas de hilos del mismo diámetro del hilo central.

Las formaciones normalizadas de las coronas son:

7 hilos	1 + 6
19 hilos	1 + 6 + 12
37 hilos	1 + 6 + 12 + 18
61 hilos	1 + 6 + 12 + 18 + 24

y así sucesivamente, observando que cada corona posee un número de hilos igual al número de hilos de la capa o corona inferior más seis.

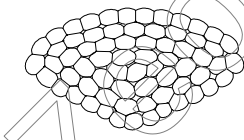
c) Redondo compacto:



La construcción es semejante al tipo de corona redondo normal, se puede después del enrollado, aplicar un proceso de compactación a través del paso del conductor por un perfil que reduce su diámetro original con deformación de los hilos elementales.

La ventaja se traduce en la reducción del diámetro externo, eliminación de los espacios vacíos en el interior del conductor y superficie externa más uniforme (menor área externa), y su desventaja que tiene menor flexibilidad.

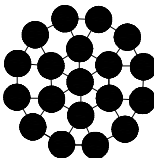
d) Sectorial compacto:



Es fabricado análogamente al redondo compacto, siendo que la forma del perfil sectorial es obtenido a través del paso de un conductor redondo normal por juego de matrices, dimensionadas para atribuir al conductor el formato sectorial adecuado, con deformación de los hilos elementales.

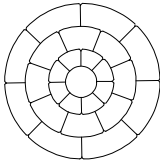
Utilizar los cables multipolares (tripolares y cuádrupolares) trae la ventaja de reducción del diámetro externo del cable y consecuente economía de materiales de relleno y protección.

e) Flexibles y extra flexibles:



Utilizadas en cables alimentadores de máquinas móviles (excavadoras, dragas, puentes rodantes, etc.) o aparatos portátiles (máquinas de soldar, aparatos electrodomésticos, etc.). Se obtienen a través de encordonamiento de gran número de hilos de diámetro reducido.

f) Conci:



Es usado únicamente en cables OF. Se trata de un conductor anular cuyo núcleo es hueco, formando un canal para el aceite impregnante. Es formado por una o varias coronas anulares, que a su vez son formadas por sectores anulares (hilos Conci) encordonados helicoidalmente.

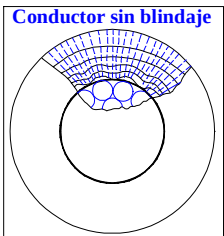
Existen otros tipos de construcción, adoptadas para cables de uso específico, por ejemplo:

Conductor segmentado (o conductor Millikan) es un conductor dividido en tres o cuatro sectores de círculo, separados entre sí, por una pared aislante relativamente delgada. Su principal aplicación se encuentra en cables monopolares de secciones superiores a 500 mm², donde, por acción de corrientes elevadas, es sensible al efecto pelicular de las corrientes de Foucault.

Conductor anular, es un conductor redondo, en forma de corona circular, formado por hilos encordonados al rededor de un núcleo central de cuerda textil. Es usado para secciones superiores a 1000 MCM (506 mm²), en las cuales el efecto superficial es considerable (caso de cables para altas frecuencias requeridas). Son también usados en cables de alta tensión con sección de cobre muy pequeña, con el objetivo de aumentar el diámetro del conductor y reducir el gradiente de potencial en las proximidades del mismo.

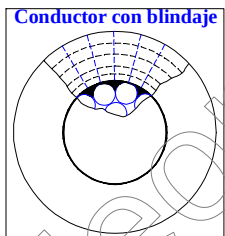
4.6 BLINDAJE SOBRE EL CONDUCTOR (interna)

Esquema 4.2



Vemos un conductor encordonado recubierto apenas por una capa aislante. Con ésta construcción simple el campo eléctrico debido a la energización, asume una forma distorsionada, acompañando las irregularidades de superficie del conductor, provocando concentración de esfuerzos eléctricos en determinados puntos. En estas condiciones, las sollicitaciones eléctricas concentradas pueden exceder los límites permisibles por el aislamiento, ocasionando una depreciación en la vida del cable. Además de eso, en el caso de cables con aislamiento sólido, la existencia de aire entre el conductor y la aislación puede dar origen a ionización, con consecuencias dañinas para el material aislante.

Esquema 4.3



Con la interposición de una capa semiconductora, el campo eléctrico se torna uniforme y los problemas son minimizados o totalmente eliminados.

Para un perfecto desempeño de ésta función, el blindaje interno, constituida por una capa semiconductora, debe estar en íntimo contacto con la superficie interna del aislamiento.

En el caso de cables secos (aislamiento extrujado) esto es alcanzado mediante extrucción simultánea de semiconductora y de capa aislante.

En el caso del aislamiento estratificado, el blindaje está constituido por dos cintas de papel semiconductor aplicadas helicoidalmente.

4.7 AISLAMIENTO

Los materiales normalmente utilizados como aislamiento de los cables de energía son:

Tabla 4 3
Materiales de aislamiento

Sólidos extrujados	Termoplásticos	PVC (cloruro de polivinilo)
		PET (polietileno)
	Termofijos	XLPE (polietileno reticulado)
		EPR (goma etileno propileno)
Estratificados	Papel impregnado con resina	
	Papel impregnado con aceite líquido sobre presión	

Nuestro objetivo aquí, es comparar las principales propiedades físicas y eléctricas de estos materiales.

A lo largo del capítulo hablaremos frecuentemente del parámetro "gradiente". Juzgamos oportuno recordar el significado de tal parámetro:

Llámesse "gradiente de potencial" (o "fuerza eléctrica"), que se mide normalmente en kV/mm, a la relación entre: la diferencia de potencial, o tensión, aplicada a una capa elemental de dieléctrico y al espesor de esta capa.

Se sabe que el gradiente no es uniforme en toda la espesura del dieléctrico, siendo más elevado en las proximidades del conductor y más bajo en la superficie externa del aislamiento.

Se habla también de "gradiente medio" que se entiende como la relación entre la tensión de fase-tierra y la espesura total del aislante.

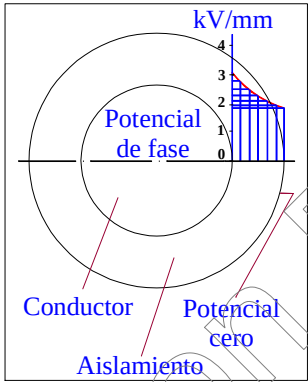
La expresión matemática que expresa el gradiente máximo es:

$$G = \frac{0.502 E_{ff}}{d_i \log \frac{D_e}{d_i}} \text{ (kV/mm)} \quad , \quad G = \frac{0.869 E_o}{d_i \log \frac{D_e}{d_i}}$$

Donde:

- G = Gradiente máximo (kV/mm)
- E_{ff} = Tensión fase-fase (kV)
- E_o = Tensión fase-tierra (kV)
- d_i = Diámetro antes del aislamiento (mm)
- D_e = Diámetro hasta el aislamiento (mm)

Esquema 4.4



Hablamos también de "gradiente máximo" que corresponde al gradiente en la superficie de contacto entre el conductor y el aislamiento y de "gradiente mínimo" en correspondencia al contacto entre la superficie externa del aislamiento y tierra (o el blindaje externo que es aterrado).

El gradiente de perforación del dieléctrico, o su rigidez dieléctrica, son los parámetros más importantes para escoger el material aislante. Es necesario resaltar, entretanto, que la rigidez varía de sección a lo largo de la longitud de los cables, presentando una dispersión considerable en torno de un valor medio.

Esta dispersión será aleatoria y proporcional al número de vacíos o impurezas localizadas en el seno del aislamiento, que se constituye en sedes de ionización.

Por medio de pruebas de tensión, observamos que la dispersión de valores de rigidez es mucho menor en los dieléctricos estratificados que los dieléctricos sólidos. Esto se explica por el hecho que el método de aplicación del aislamiento estratificado e impregnación subsecuente, evita la presencia de vacíos localizados en el aislamiento, en cuanto que el proceso de preparación y aplicación de dieléctricos sólidos torna casi imposible garantizar totalmente la ausencia de estos vacíos.

Entretanto, la dispersión de rigidez de los dieléctricos sólidos puede ser sensiblemente mejorada, mediante un rígido control de las materias primas, de un equipamiento adecuado y de impureza de los locales de preparación y aplicación de las masas aislantes.

4.7.1 Aislantes sólidos (extrujados)

Los aislantes sólidos se dividen en 2 grandes familias: termoplásticos (pierden en cualidades con el aumento de temperatura) y termofijos (mantienen sus características con el aumento de temperatura).

Químicamente los termoplásticos son polímeros de cadena lineal y los termofijos son polímeros tridimensionales obtenidos por vulcanización.

Para orientar a escala de aislamientos adecuado, damos a seguir comparaciones de las características más importantes de estos materiales:

Tabla 4.4
Constante de aislamiento

Aislante	Resistencia del conductor M t ·km	Temperatura °C
PVC	370	20
PET	12000	20
XLPE	4800	20
EPR	4400	20

Tabla 4.5
Temperatura admisible de aislación

Aislante	De operación en régimen continuo °C	De sobrecarga °C	De cortocircuito °C
PVC	70	100	150
PET	75	90	150
XLPE	90	130	250
EPR	90	130	250

Es una propiedad física importante, pues se constituye en un factor limitante de capacidad de corriente (ampacidad) del cable.

4.7.1.2 Resistencia de ionización

La resistencia de ionización, es medida por el tiempo necesario al aparecimiento de fisuras en las muestras del material aislante colocadas en célula especial de pruebas donde son sometidas a descargas parciales con ionizaciones intensas.

PVC.....	200 horas
PET.....	12 horas
XLPE.....	12 horas
EPR.....	160 horas

4.7.1.3 Rigidez dieléctrica

La espesura del aislante puede ser calculada a partir del gradiente de proyecto del material, definido con cierto margen de seguridad a partir de su rigidez dieléctrica.

Tabla 4.6
Rigidez dieléctrica

Aislante	Rigidez (kV/mm)		Gradiente del proyecto (kV/mm)	
	C.A	Impulso	C.A	Impulso
PVC	25	50	25	40
PET	40	40	25	40
XLPE	-50	-65	4	40
EPR	-50	-60	4	40

4.7.1.4 Pérdidas dieléctricas

Las pérdidas que ocurren en el dieléctrico debido a la tensión aplicada pueden ser calculadas por la siguiente expresión:

$$P = Z \cdot 2 \pi \cdot f \cdot C \cdot E^2 \cdot \text{tg} \delta \quad \text{ó} \quad P = Z \cdot K \cdot \epsilon \cdot \text{tg} \delta$$

Donde:
P = Pérdidas en (W)
f = Frecuencia en (Hz)
E = Tensión de fase-tierra (V)
C = Capacidad (F)
tgδ = Factor de pérdidas
ε = Constante dieléctrica

Tabla 4.7

Aislante	ε	Tgδ	ε tgδ
PVC	5.0	0.06	0.30
PET	2.3	0.0002	0.00046
XLPE	2.3	0.0003	0.00069
EPR	2.6	0.007	0.0182

En la práctica, hasta 15 kV, el aislante seco más usado es PVC, a pesar de sus características eléctricas apenas regulares, porque es más económico y bastante durable (presenta excelente resistencia de ionización).

El polietileno común, con excelente constante de aislamiento, alta rigidez dieléctrica y factor de pérdidas bajísimo, está limitado por su baja resistencia de ionización y sus pobres características físicas (es prácticamente fluido a 110 °C).

El polietileno reticulado XLPE, obtenido por reticulación molecular del polietileno común, presenta las excelentes propiedades del polietileno común una alta temperatura admisible y buenas propiedades mecánicas, pero es poco flexible y tiene baja resistencia a la ionización, es utilizado hasta 850 kV con plena garantía de confiabilidad. Este aislante es el que tiene mayor desarrollo tecnológico.

Estos conductores (de segunda generación) han superado el fenómeno nocivo de “treeing” (arborescencia que se forma en el material aislante provocando descargas parciales y consecuente deterioración del mismo).

El EPR (goma etileno propileno) es un aislante de desarrollo más reciente y presenta; alta temperatura admisible, resistencia a ionización mucho mayor que el polietileno reticulado, gradiente del proyecto del mismo valor que éste y excelente flexibilidad.

El EPR presenta baja dispersión de rigidez dieléctrica es prácticamente exento del fenómeno de “treeing”. El conjunto de estas características hace con que el EPR sea un buen aislante.

4.7.2 Aislantes estratificados

El papel impregnado con masa, es tradicionalmente utilizado en cables de energía para baja y media tensión. Este material viene siendo utilizado hace muchas décadas en todo el mundo, comprobando una vida útil excepcionalmente larga. La continua evolución tecnológica de papel impregnado ha mejorado aún más sus características, produciendo nuevas generaciones de cables de excelente cualidad, alta confiabilidad y que son, esencialmente, cables modernos.

El papel impregnado con aceite, sobre presión es el único aislamiento actualmente disponible para utilización con plena confiabilidad en extra alta tensión aunque en muchos casos ha sido ya reemplazado por el polietileno reticulado XLPE.

Los aislamientos estratificados, por su constitución característica, presentan una dispersión extremadamente baja de su rigidez dieléctrica. Este hecho hace que el papel impregnado sea por excelencia el más confiable entre todos los materiales aislantes normalmente utilizados, o en otras palabras, el que presenta menores probabilidades de fallas.

Para orientación del proyectista, presentamos a continuación las principales propiedades de estos materiales:

Tabla 4.8
Temperatura admisible

	De operación en régimen continuo °C	De sobrecarga °C	De cortocircuito °C
Papel impregnado con masa	80	100	200
	95	115	
Papel impregnado en aceite líquido	85	105	250

4.7.2.1 Resistencia de ionización

Como los eventuales vacíos existentes en el seno de los aislantes estratificados no permanecen localizados, las condiciones reales de utilización del fenómeno de ionización prácticamente inexisten.

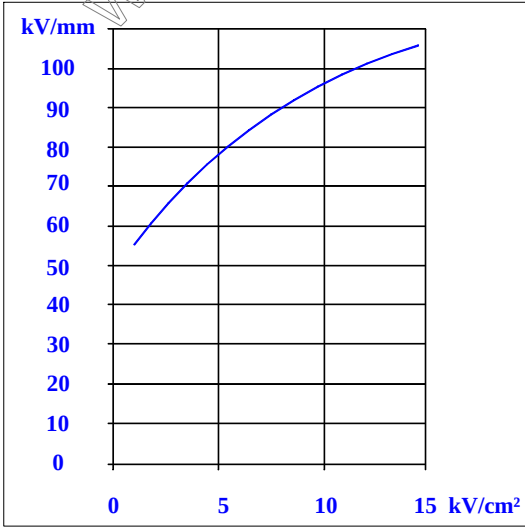
4.7.2.2 Rigidez dieléctrica

La rigidez dieléctrica de los cables OF puede ser aumentada con el aumento de presión de aceite impregnante, conforme ilustra el Gráfico 4.1.

Tabla 4.9
Rigidez dieléctrica

	Rigidez (kV/mm)		Gradiente del proyecto (kV/mm)	
	C.A	Impulso	C.A	Impulso
Papel impregnado con masa	30	75	4	40
Papel impregnado en aceite líquido	50	120	10	90
			25	100

Gráfico 4.1
Rigidez dieléctrica



4.7.2.3 Pérdidas dieléctricas

Análogamente los aislantes sólidos, las pérdidas dieléctricas pueden ser calculadas por la relación siguiente:

$P = Z \cdot K \cdot \epsilon \cdot \text{tg}\phi$ (watts)

Tabla 4.10
Pérdidas dieléctricas

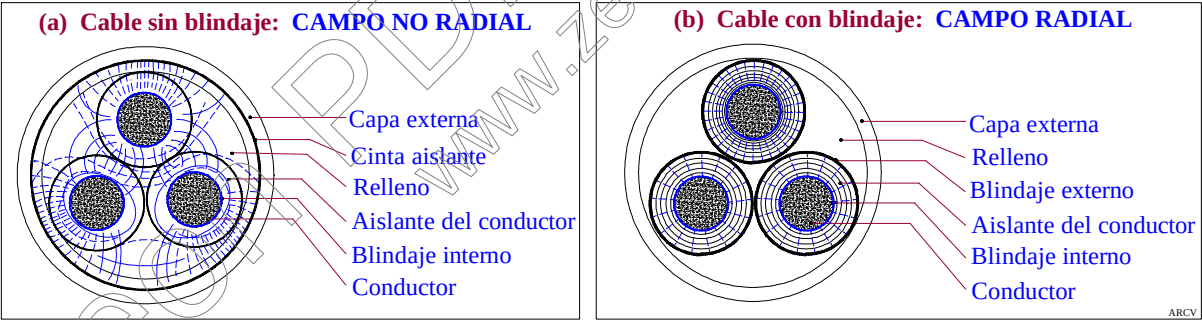
	ϵ	$\text{tg}\phi$	$\epsilon \text{ tg}\phi$
Papel impregnado con masa	3.7	0.014	0.0518
Papel impregnado en aceite líquido	3.3	0.0018	0.0059
	3.5	0.004	0.014

4.8 BLINDAJE SOBRE LOS AISLAMIENTOS (externa)

Consiste en una capa de material semiconductor en la mayoría de los casos, también de una capa de material conductor aplicado sobre la superficie del aislamiento. Su principal finalidad es confinar el campo eléctrico dentro de los cables aislados.

Como de puede ver en el Esquema 4.5-a, el cables sin blindaje, que denominamos “campo no radial” presenta distribución irregular del campo eléctrico, en cuanto al cable blindado, denominado “campo radial” (ver Esquema 4.5-b), el campo eléctrico se distribuye de forma equilibrada y radialmente en relación al conductor. La construcción de un campo radial es preferible, principalmente para tensiones más elevadas, puesto que garantiza solicitaciones eléctricas uniformes en cada capa aislante (conjunto de puntos de aislamiento equidistantes del conductor).

Esquema 4.5
Blindaje sobre los aislamientos



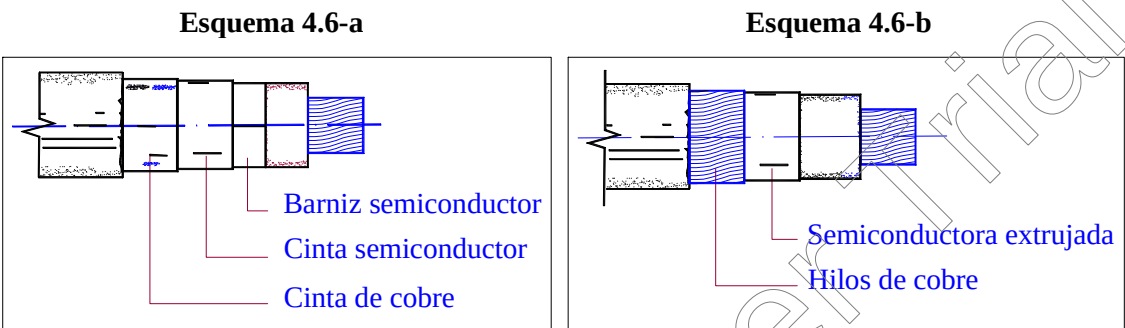
De la misma forma que el blindaje interno, el externo debe ser construido de manera a eliminar cualquier posibilidad de vacíos entre ella y la superficie externa del aislamiento. Esto es obtenido usando las siguientes técnicas:

4.8.1 Cables secos

- a) Extrucción simultánea de la capa semiconductor y el aislamiento.
- b) Aplicación de capa continua de barniz semiconductor seguido de cinta textil semiconductor.

En los cables secos, la capa conductora es constituida de cintas o hilos de cobre, y proporciona un camino de baja impedancia para la conducción de las corrientes inducidas en caso de cortocircuito. Cuando se desea una capacidad de conducción de corriente bien definida, la construcción más indicada es la de hilos, cuya resistencia ohmica es prácticamente constante a lo largo de la vida del cable, lo que no ocurre con las cintas, cuya resistencia ohmica depende esencialmente de la condición de contacto superficial en el trayecto mismo.

Indicamos el blindaje de hilos como es más recomendable para cables de energía aislados con dieléctricos sólidos.



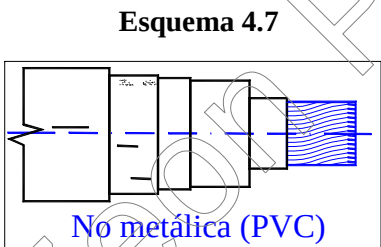
4.8.2 Cables en papel

Aplicación de papel semiconductor. En estos cables en papel, el elemento de baja impedancia es constituido por la capa metálica (plomo o aluminio) que los recubre.

4.9 PROTECCIONES

Se distinguen dos tipos: No metálicas y metálicas

4.9.1 Protecciones no metálicas



Los cables de energía son normalmente protegidos con una capa no metálica. Estas capas externas son normalmente hechas con PVC. Polietileno o Neoprene y su selección se basa en la resistencia a acciones de naturaleza mecánica o química. La mayoría de los casos, la capa de los cables con aislamiento seco y de PVC, son material más económico y con resistencia suficiente para el uso corriente. El polietileno (pigmentado con negro para tornarlo resistente a la luz solar) es utilizado para instalaciones en ambientes con alto contenido de ácidos, bases o solventes orgánicos.

En cables de uso móvil, que requieren buena flexibilidad y grande resistencia a abrasión (desgaste por fricción) la capa usual es el neoprene.

Los cables aislados en papel, requieren una capa metálica de tipo continuo para asegurar la estanqueidad del núcleo.

Se cubre tradicionalmente con una capa de plomo y más recientemente el aluminio. Estos materiales son protegidos contra corrosión por una cobertura no metálica (PVC o Polietileno).

Tabla 4.11
Características mecánicas

Aislante	Carga de ruptura (kg/mm ²)	Elongamiento a la ruptura %	Resistencia a la abrasión	Resistencia a golpes	Flexibilidad
PVC	1.41	150	Bien	Bien	Bien
PET	0.98	350	Bien	Bien	Regular
XLPE	1.26	250	Excelente	Excelente	Pasable
NEOPRENE	0.49	250	Excelente	Excelente	Excelente

Tabla 4.12
Resistencia a los agentes químicos

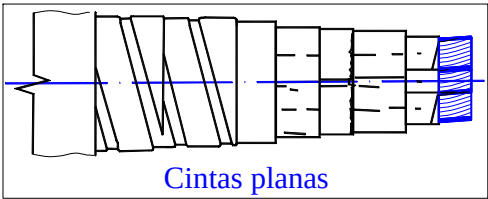
Aislante	Ácidos			Orgánicos		
	Sulfúrico 3 – 30 %	Nítrico 10%	Clorhídrico 10 %	Tetracloreto de carbono	Oleos	Gasolina
PVC	Regular	Regular	Regular	Bien	Regular	Bien
PET	Excelente	Bien	Excelente	Bien	Bien	Bien
XLPE	Excelente	Bien	Excelente	Bien	Bien	Bien
NEOPRENE	Excelente	Regular	Mediocre	Mediocre	Bien	Regular

4.9 2 Protecciones metálicas

Las protecciones metálicas adicionales son empleadas en las instalaciones sujetas a daños mecánicos. Los tipos más usados son:

Armazón de cintas planas de acero, aplicadas helicoidalmente (ver Esquema 4.8-a).

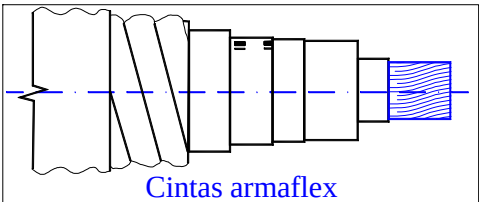
Esquema 4.8-a



Armazón de cintas de acero o aluminio, aplicada transversalmente, corrugada e intertrabada (interlocked).

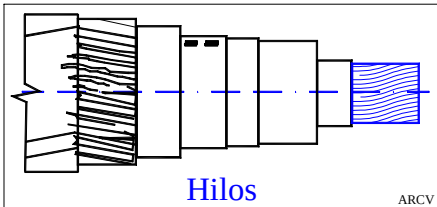
El tipo más moderno, que además de garantizar mayor resistencia a los esfuerzos radiales que el tipo tradicional a cintas planas, confiere una buena flexibilidad al cable, permitiendo inclusive dispensar el uso de conductores flexibles (ver Esquema 4.8-b).

Esquema 4.8-b



Armazón de cinta de acero impregnadas, en casos en que se desea atribuir al cable resistencia a los esfuerzos de tracción (cables submarinos, por ejemplo) Ver Esquema 4.8-c.

Esquema 4.8-c



4.10 DIMENSIONAMIENTO DE LOS AISLAMIENTOS

Conforme referido anteriormente, el dimensionamiento consiste en el cálculo de la sección y de la espesura del aislante necesario.

4.10.1 Cálculo de la sección

Hecho por un proceso iterativo, ya que no se dispone de instrumentos teóricos para el cálculo directo de secciones, y solo para verificación de capacidad de corriente de un cable de construcción definida. El dimensionamiento por tanto se inicia para una sección estimada.

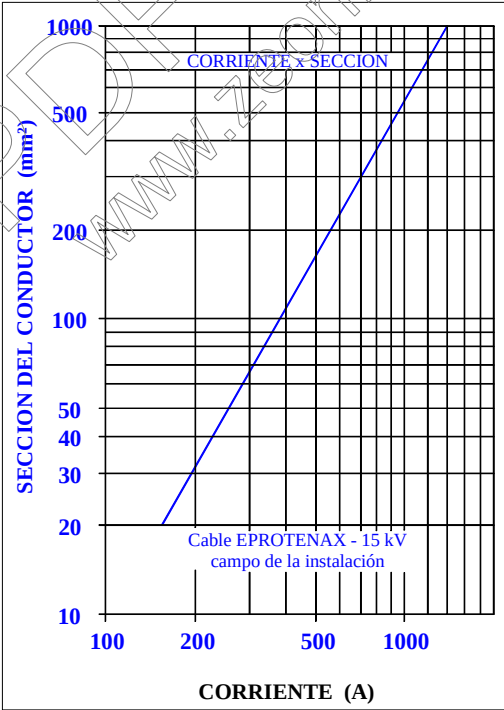
4.10.2 Espesura del aislante

Es determinada, a partir de sección del conductor, de gradiente de proyecto (característico del material aislante) y de tensión efectiva del sistema.

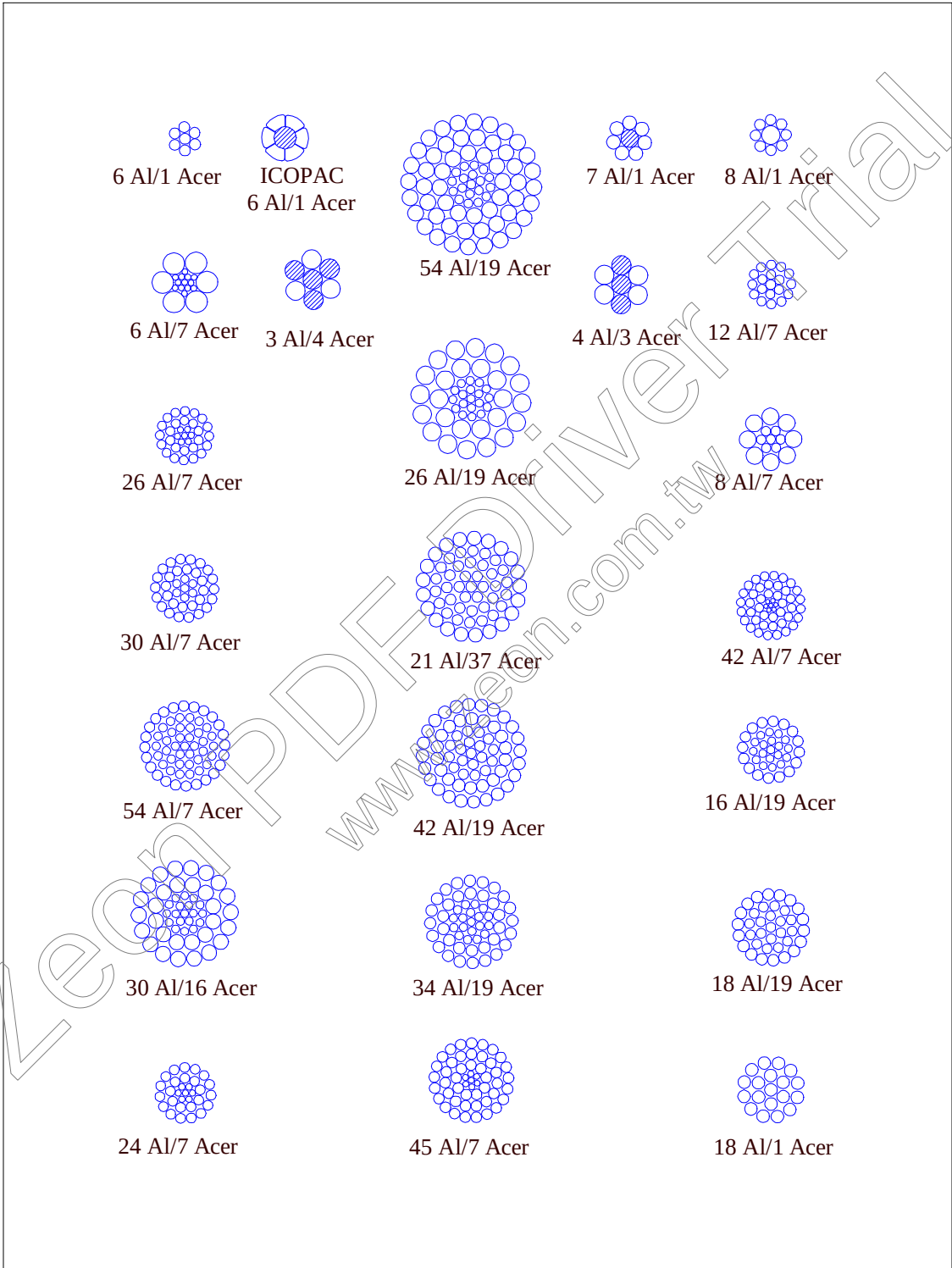
4.10.3 Estimación de la sección

Para esta estimación, el proyectista dispone, además de su experiencia acumulada, de tablas y gráficos de capacidad de corriente para los productos más comunes en instalaciones usuales. Damos a continuación, a título de orientación, un gráfico de valores de capacidad de corriente en función de la sección del conductor, para cables aislados en goma etileno propileno (EPR) (ver Gráfico 4.2).

Gráfico 4.2
Estimación de la sección



Esquema 4.9
Conductores con alma de acero
ACSR



CAPITULO 5

ALIMENTADORES PRINCIPALES

CAPITULO 5

ALIMENTADORES PRINCIPALES

5.1 DEFINICION

Un alimentador principal, es aquel que transporta energía eléctrica desde las cajas de medición, hasta los tableros de distribución de los circuitos derivados.

También se denominan alimentadores de energía eléctrica, a los conductores que conectan tableros principales con tableros secundarios.

5.2 CALCULO DE ALIMENTADORES PARA ABASTECER CARGAS DE ILUMINACION Y TOMACORRIENTES

Consiste en la selección del material conductor y el aislante, así como a la determinación de la corriente (carga) que transportará el conductor alimentador y a la caída de tensión permisible en el mismo.

El dimensionamiento de los conductores, se efectúa de acuerdo a la tensión nominal y a los siguientes criterios:

- a) Capacidad térmica de conducción
- b) Máxima caída de tensión permitida
- c) Máxima corriente de cortocircuito

♦ Tensión nominal

Es la que define el aislamiento. Se deberá cumplir en todo momento que su tensión nominal sea superior, o a lo sumo igual, a la tensión de servicio existente en la instalación ($U_n \geq U_s$).

Los conductores para las instalaciones eléctricas de baja tensión son diseñados para tensiones de servicio de 1.1 kV. En caso de tener que constatar el estado de elementos existentes, el nivel de aislamiento a alcanzar no deberá ser inferior a los 1000 Ω por cada Voltio de tensión aplicada por el instrumento de medición.

♦ Cálculo térmico

Será el que determine en principio la sección del conductor. El valor eficaz de la intensidad de la corriente nominal del circuito no tendrá que ocasionar un incremento de temperatura superior a la especificada para cada tipo de cable

Para instalaciones con transformador propio, debe considerarse necesariamente la máxima corriente de cortocircuito.

- Para longitudes menores a 40 mts., el cálculo se realiza iniciándose por: **a)** Capacidad térmica, y luego se verifica de acuerdo con los criterios **b)** Caída de tensión y **c)** Máxima corriente de cortocircuito
- Para longitudes mayores a 40 mts., es mejor iniciar el cálculo con el criterio **b)** Máxima caída de tensión y luego verificar de acuerdo con los criterios **a)** Capacidad térmica de conducción y **c)** Máxima corriente de cortocircuito.

Prevalece como sección definitiva seleccionada, el mayor valor resultante de uno de los criterios.

5.2.1 Capacidad térmica de conducción

La magnitud de la carga que transporte un conductor alimentador, estará en función de:

- Las demandas máximas previstas,
- Los factores de demanda,
- De la diversidad si corresponde,
- y de los diferentes tipos de instalación ya mencionadas en el capítulo 1

Las fórmulas a utilizarse para tal fin, serán las siguientes:

Alimentadores **monofásicos** de 2 conductores: $I = \frac{P}{V \cdot \cos \phi}$

Alimentadores **trifásicos** de 3 conductores: $I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \phi}$

Donde:

- P = Demanda máxima en (W)
- V = Tensión de alimentación en (V)
- Cos ϕ = Factor de potencia considerado
- I = intensidad de corriente en (A)

Con este valor de la intensidad de corriente, calculada para la selección del conductor ajustado por los factores de corrección:

- Temperatura ambiente
- Por la manera de instalación de los conductores y el número de conductores agrupados
- Por el tipo de aislante y temperatura máxima admitida por el aislante.

Se elegirán inicialmente los conductores del alimentador, en base a las Tablas 5.1 a 5.13.

El tamaño mínimo del conductor, así determinado no toma en cuenta la caída de tensión admisible por lo que deberá comprobarse la caída de tensión y la máxima corriente de cortocircuito que soporta.

5.2.2 Máxima caída de tensión permitida

La verificación de la caída de tensión, considera la diferencia de tensión entre los extremos del conductor, calculada en base a la corriente absorbida por todos los elementos conectados al mismo y susceptibles de funcionar simultáneamente.

En toda la longitud de los conductores alimentadores de energía eléctrica para cargas (circuitos) de iluminación, tomacorrientes y fuerza, la magnitud de la caída de tensión no deberá exceder de 5%:

- 2% para alimentadores
- 3% para circuitos derivados

Si en algún caso, no se requiere alimentadores, la caída de tensión de los circuitos derivados pueden tomarse como el 5 % del total de la caída de tensión.

Las caídas de tensión en conductores que alimentan cargas eléctricas, pueden ser obtenidas usando las siguientes expresiones:

La nomenclatura a utilizarse es:

- W = potencia en vatios
- I = Corriente en amperios por conductor
- Vn = Tensión nominal de línea (entre fases)
- Vf = Tensión entre fase y neutro
- Cos ϕ = Factor de potencia
- r = Resistencia del conductor en ohmios / metro
- R = Resistencia del conductor en ohmios

- x = Reactancia del conductor en ohmios / metro
 X = Reactancia del conductor en ohmios
 ρ = Resistividad ohmios mm^2/m
 L = Longitud del conductor en metros
 S = Sección del conductor en mm^2
 ΔV_n = Caída de tensión entre fases en voltios
 ΔV_f = Caída de tensión de fase a neutro en voltios
 $\Delta V\%$ = Caída de tensión en porcentaje

a) Considerando solamente la resistencia

- Para alimentador **monofásico** de 2 hilos.
- La caída de tensión por resistencia en ida y vuelta es:

$$\Delta V_f = 2 \cdot R \cdot I \quad (\text{V})$$

- La caída de tensión porcentual será:

$$\Delta V\% = \frac{2 \cdot R \cdot I}{V_f} \cdot 100$$

El valor de R (ohmio/metro) para los conductores de cobre está en las Tablas 5.14, 5.15 y 5.16 en función del tipo de aislamiento y la sección de los mismos.

Sin embargo, si no se conoce el valor de la resistencia se procede de la siguiente manera:

La resistencia del conductor es:

$$R = \frac{\rho \cdot L}{S} \quad (\Omega)$$

De donde:

$$\Delta V_f = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot I}{S} \quad (\text{V})$$

$$\Delta V\% = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot I}{S \cdot V_f} \cdot 100 \quad (\text{V})$$

El valor de ρ se puede considerar para el:

$$\text{Cobre} \quad \rho_{\text{Cu}} = \frac{1}{57} \quad \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$$

$$\text{Aluminio} \quad \rho_{\text{Al}} = \frac{1}{36} \quad \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$$

- Para alimentador **trifásico** de 3 hilos.
- La caída de tensión entre fases será:

$$\Delta V_n = \sqrt{3} \cdot R \cdot I$$

$$aV_n = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I}{S} \quad (V)$$

- La caída de tensión porcentual será:

$$aV\% \geq \frac{aV_n}{V_n} \times 100$$

$$aV\% \geq \frac{\sqrt{3} \cdot R \cdot I}{V_n} \times 100$$

$$aV\% \geq \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I}{S \cdot V_n} \times 100 \quad (V)$$

- Para alimentadores **trifásicos** de 4 hilos.

- La caída de tensión entre fases será:

$$aV_n = \sqrt{3} \cdot R \cdot I \quad (V)$$

$$aV_n = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I}{S} \quad (V)$$

- La caída de tensión porcentual será:

$$aV\% \geq \frac{aV_n}{V_n} \times 100 \quad (V)$$

$$aV\% \geq \frac{\sqrt{3} \cdot R \cdot I}{V_n} \times 100 \quad (V)$$

$$aV\% \geq \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I}{S \cdot V_n} \times 100 \quad (V)$$

- La caída de tensión respecto al neutro será:

$$aV_f = R \cdot I \quad (V)$$

$$aV_f = \frac{L \cdot I}{S} \quad (V)$$

- La caída de tensión porcentual:

$$aV\% \geq \frac{R \cdot I}{V_f} \times 100 \quad (V)$$

$$aV\% \geq \frac{L \cdot I}{S \cdot V_f} \times 100 \quad (V)$$

b) Considerando resistencia y reactancia

- Para alimentadores **monofásicos** de 2 conductores:

$$\Delta V \% = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot R \cdot \cos \varphi + X \cdot I \cdot \sin \varphi}{V_n} \cdot 100 \quad (V)$$

- Para alimentadores **trifásicos** de 3 conductores:

$$\Delta V \% = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot R \cdot \cos \varphi + X \cdot I \cdot \sin \varphi}{V_n} \cdot 100 \quad (V)$$

en casos en los cuales se alimentan cargas de factor de potencia próximos a la unidad, el término $X \cdot I \cdot \sin \varphi$ puede ser omitido.

c) Mediante la utilización de tablas

Las caídas de tensión podrán determinarse, también a partir de la utilización de Tablas 5.17 y 5.18

5.2.3 Máxima corriente de cortocircuito

Se realiza para determinar la máxima sollicitación térmica a que se ve expuesto un conductor durante la evolución de corriente de breve duración o cortocircuitos. Existirá, entonces, una sección mínima S que será función del valor de la potencia de cortocircuito en el punto de alimentación, el tipo de conductor evaluado y su protección automática asociada. En esta verificación se deberá cumplir con: $S \geq S_c$ siendo S_c la sección calculada térmicamente y verificada por caída de tensión. El cálculo de esta sección mínima está dado por:

$$S \geq \frac{I_{cc} \cdot \sqrt{t}}{K}$$

Siendo:

- S = Sección mínima del conductor en mm^2 que soporta el cortocircuito.
- I_{cc} = Valor eficaz de la corriente de cortocircuito en Amperes.
- t = Tiempo de actuación de la protección o tiempo de eliminación de defecto en segundos.
- K = Constante propio del conductor, que contempla las temperaturas máximas del servicio y la alcanzada al finalizar el cortocircuito previstas por las normas:

- $K = 114$ conductores de cobre aislados en PVC.
- $K = 74$ conductores de aluminio aislados en PVC.
- $K = 142$ conductores de cobre tipo XLPE y EPR.
- $K = 93$ conductores de aluminio tipo XLPE y EPR.

Si la S que verifica el cortocircuito es menor que la S_c , se adopta esta última.

En caso contrario, se deberá incrementar la sección del cable y volver a realizar la verificación hasta que se compruebe $S \leq S_c$. Otra posibilidad, ventajosa en muchos casos, es poner en valor el tiempo de disparo de los relés de cortocircuito de los interruptores automáticos.

También se puede calcular la máxima corriente de cortocircuito que soporta un conductor, con la siguiente relación:

$$I_{cc} \geq \frac{0.34 \cdot S}{\sqrt{t}} \log \frac{234 + T_f}{234 + T_i} \quad (A)$$

- Donde:
- S = Sección del conductor en (mm²)
 - t = Tiempo de actuación de la protección o tiempo de eliminación de defecto en segundos.
 - Tf = Temperatura máxima admisible del conductor en régimen de cortocircuito (°C)
 - Ti = Temperatura máxima admisible del conductor en régimen normal de operación (°C)
 - Icc = Máxima corriente de cortocircuito, en (kA)

La Tabla 5.19 muestra los valores normalizados de Tf y Ti

5.3 CALCULO DE CONDUCTORES ALIMENTADORES PARA ABASTECER CARGAS DE FUERZA O DE MOTORES

Consiste en un procedimiento similar al expuesto para el diseño de los alimentadores de cargas de iluminación y tomacorriente, que difiere de éste básicamente en la forma utilizada para determinar la carga y en el porcentaje de caída de tensión permisible.

5.3.1 Capacidad térmica de conducción

Los conductores del alimentador de varios motores, deberán tener una capacidad de corriente no inferior al **125%** de la corriente a plena carga del motor más grande, más la suma de las corrientes a plena carga de los demás motores suplidos por el alimentador. Dependiendo del tipo industrial se aceptarán factores de demanda.

Si los conductores alimentadores de varios motores, suministran energía a cargas combinadas de motores e iluminación, o bien a cargas de motores y tomacorrientes, la capacidad total del alimentador debe incluir la suma de ambas cargas calculadas cada una, de acuerdo a su procedimiento correspondiente indicado en los incisos anteriores.

5.3.2 Caída de tensión permisible

En toda la longitud de los conductores alimentadores de energía para cargas de fuerza, o de motores, la magnitud de la caída de tensión no deberá exceder de **5%**:

- 2% para alimentadores
- 3% para circuitos derivados

Tabla 5.1
Tabla comparativa escala AWG / CM x serie métrica IEC

AWG/CM		IEC (mm ²)	AWG/CM		IEC (mm ²)
Nº	(mm ²)		Nº	(mm ²)	
40	0.0050	0.0072	9	6.65	10
39	0.0062		8	8.35	
38	0.0082	0.012	7	10.52	16
37	0.010		6	13.27	
36	0.013	0.018	5	16.77	25
35	0.016		4	21	
34	0.020	0.029	3	27	35
33	0.025		2	34	
32	0.032	0.046	1	42	50
31	0.040		1/0	53	
30	0.051	0.073	2/0	67	70
29	0.065		3/0	85	
28	0.080	0.12	4/0	107	95
27	0.102		250000	127	
26	0.128	0.18	300000	152	150
25	0.163		350000	177.3	
24	0.20	0.3	400000	202.7	185
23	0.26		500000	253.4	
22	0.32	0.5	600000	304.0	300
21	0.41		700000	354.7	
20	0.52	0.75	750000	380.0	400
19	0.65		800000	405.4	
18	0.82	1.5	900000	455.0	500
17	1.04		1000000	505.7	
16	1.31	2.5	1250000	633.4	630
15	1.65		1500000	760.1	
14	2.09	4	1750000	886.7	800
13	2.63		2000000	1013.0	
12	3.30	6	2500000	1266.2	1000
10	4.15				
11	5.27				

Nota:
Muestra la comparación, entre las secciones normalizadas de la Norma Americana AWG y la Norma internacional IEC.

Tabla 5.2
Formas de montar (o instalar)

DESCRIPCION	ESQUEMA	DESCRIPCION	ESQUEMA
1.- Conductores aislados dentro de tubos protectores en montaje superficial.		8.- Conductores uni o multipolares fijados en paredes.	
2.- Conductores aislados dentro de tubos protectores embutidos en pared o pisos.		9.- Conductores uni o multipolares en canaleta (abierta ó ventilada).	
3.- Conductores aislados dentro de tubos protectores en canaleta (abierta o ventilada).		10.- Conductores uni o multipolares en bandejas.	
4.- Conductores uni o multipolares en conductos.		11.- Conductores uni o multipolares suspendidos en cable mensajero.	
5.- Conductores aislados en canaletas (abiertas o cerradas).		12.- Conductores aislados instalados sobre aisladores.	
6.- Conductores aislados en molduras o rodones.		13.- Conductores aislados en líneas aéreas.	
7.- Conductores uni o multipolares en espacios de construcción o fosos (Shaft).			

Tabla 5.3-a
Capacidad de conducción de corriente para conductores aislados con PVC 70° C
a temperatura ambiente de 30° C para formas de instalar de 1 a 7 de la Tabla 5.2

Sección nominal (mm ²)	Capacidad de conducción de corriente en (A)	
	Conductores de cobre	
	2 Cond. agrupados	3 Cond. agrupados
1.0	13.5	12
1.5	17.5	15.5
2.5	24	21
4	32	28
6	41	36
10	57	50
16	76	68
25	101	89
35	125	111
50	151	134
70	192	171
95	232	207
120	269	239
150	309	272
185	353	310
240	415	364
300	473	419
400	566	502
500	651	578

Tabla 5.3-b
Capacidad de conducción de corriente para conductores aislados con PVC 70° C
a temperatura ambiente de 30° C para formas de instalar de 8 a 13 de la Tabla 5.2

Sección nominal (mm ²)	Capacidad de conducción de corriente en (A)	
	Conductores de cobre	
	2 Cond. Agrupados	3 Cond. agrupados
1.0	15	13.5
1.5	19.5	17.5
2.5	26	24
4	35	32
6	46	41
10	63	57
16	85	76
25	112	101
35	138	125
50	168	151
70	213	192
95	258	232
120	299	269
150	344	309
185	392	353
240	461	415
300	526	473
400	631	566
500	725	651

Tabla 5.4-a
Capacidad de conducción de corriente para conductores aislados con goma etileno propileno (EPR) o polietileno reticulado (XLPE) a temperatura ambiente de 30° C para formas de instalar de 1 a 7 de la Tabla 5.2

Sección nominal (mm ²)	Capacidad de conducción de corriente en (A)	
	Conductores de cobre	
	2 Cond. agrupados	3 Cond. agrupados
1.0	18	16
1.5	23	20
2.5	31	27
4	42	36
6	54	48
10	74	66
16	100	88
25	132	116
35	163	144
50	198	175
70	252	222
95	305	268
120	353	311
150	400	353
185	456	402
240	536	474
300	617	545
400	738	652
500	848	750

Tabla 5.4-b
Capacidad de conducción de corriente para conductores aislados con goma etileno propileno (EPR) o polietileno reticulado (XLPE) a temperatura ambiente de 30° C para formas de instalar de 8 a 13 de la Tabla 5.2

Sección nominal (mm ²)	Capacidad de conducción de corriente en (A)	
	Conductores de cobre	
	2 Cond. agrupados	3 Cond. Agrupados
1.0	20	18
1.5	25	23
2.5	34	31
4	47	42
6	60	54
10	83	74
16	111	100
25	148	132
35	182	163
50	220	198
70	281	252
95	340	305
120	394	353
150	452	406
185	516	462
240	607	543
300	694	620
400	831	742
500	955	852

Tabla 5.5
Factores de corrección por agrupamiento, de más de 3 conductores aislados no multipolares, o de más de un cable multipolar estos factores de corrección se aplicarán a las capacidades de conducción de corriente de Tablas 5.3-a-b y 5.4-a-b

Tipo de conductor y condiciones de instalación	Capa única sin espaciamiento entre conductores					Varias capas sin espaciamiento entre conductores de una misma capa, o entre capas, o cualquier otro agrupamiento en varios planos												
	Número de conductores agrupados					Número de conductores agrupados												
Cond. aislados no multip. y dentro de tubos protectores, ductos o canaletas. Factor a aplicar a los valores para 2 conductores agrupados de la tabla 5.3-a ó 5.4-a.	4	6	9	12	12	4	6	8	10	12	16	20	24	28	32	36	40	
Cond. aislados no multip. sobre bandejas o..... - Disposición horizontal. Factor a aplicar a los valores para 2 conductores agrupados de la tabla 5.3-b ó 5.4-b.	0.82	0.76	0.70	0.67	0.65	0.80	0.69	0.62	0.59	0.55	0.51	0.48	0.43	0.41	0.39	0.38	0.36	
- Disposición vertical. Factor a aplicar a los valores para 2 conductores agrupados de la tabla 5.3-b ó 5.4-b.	0.80	0.72	0.66	0.63	0.60													
Cond. multip. en tubos protectores o canaletas. Factor a aplicar a los valores de la tabla 5.3-a ó 5.4-a para 2 ó 3 cond. agrupados conforme al caso	Número de conductores agrupados					Número de conductores agrupados												
	2	3	4	6	9	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	
Cond. multip. fijados a paredes sobre bandejas o..... - Disposición horizontal. Factor a aplicar a los valores de la tabla 5.3-b ó 5.4-b para 2 ó 3 cond. agrupados conforme al caso.	0.85	0.78	0.75	0.72	0.70	0.80	0.70	0.65	0.60	0.57	0.52	0.48	0.45	0.43	0.41	0.39	0.38	
- Disposición vertical. Factor a aplicar a los valores de la tabla 5.3-b ó 5.4-b para 2 ó 3 cond. agrupados conforme al caso.	0.80	0.73	0.70	0.68	0.66													

Tabla 5.6
Factores de corrección por temperatura ambiente diferentes de 30° C a ser aplicadas a las capacidades de conducción de corriente de Tabla 5.3-a, 5.3-b, 5.4-a y 5.4-b

Temperatura ambiente en °C	Tipo de aislamiento	
	PVC / 70 °C	EPR O XLPE
10	1.22	1.15
15	1.17	1.12
20	1.12	1.08
25	1.07	1.04
35	0.93	0.98
40	0.87	0.96
45	0.79	0.94
50	0.71	0.92
55	0.61	0.87
60	0.50	0.84
65		0.82
70		0.80
75		0.72
80		0.61

Tabla 5.7
Capacidad de conducción de corriente de conductores directamente enterrados
Capacidad de conducción de corriente (A)

Sección (mm²)	Tipo de instalación						
	A	B	C	D	E	F	G
1.5	24	28		30	30		35
2.5	32	37		42	41	154	48
4	41	48		53	53	186	61
6	52	60		67	67	223	77
10	71	82		92	91	275	105
16	90	104		115	115	330	133
25	114	132	133	147	146	378	168
35	138	159	161	177	176	421	203
50	166	191	193	212	212	475	244
70	204	236	238	262	261	550	302
95	245	283	286	314	313	624	361
120	280	323	327	359	358	718	413
150	313	362	365	401	400	811	462
185	353	408	412	452	451	915	520
240	409	472	477	524	522	1030	602
300			540			1160	
400			622				
500			703				
630			795				
800			895				
1000			1005				

- Nota:** Los tipos de instalaciones de A a G corresponden a:
- Tipo A.- Cables de 4 conductores aislados en PVC / 70 °C
 - Tipo B.- Cables de 4 conductores aislados en XLPE o EPR
 - Tipo C.- 3 cables unipolares aislados en PVC / 70 °C dispuestos en triángulo
 - Tipo D.- Cables de 3 conductores aislados en XLPE o EPR
 - Tipo E.- Cables de 2 conductores aislados en PVC / 70 °C
 - Tipo F.- 3 cables unipolares aislados en XLPE o EPR dispuestos en triángulo
 - Tipo G.- Cables de 2 conductores aislados en XLPE

Tabla 5.8
Factores de corrección para los conductores
enterrados en función de la resistividad térmica del suelo

Resistividad térmica de terreno °C cm/ vatio	Factor de corrección	Naturaleza del terreno
40	1.25	Terreno anegado
50	1.21	Terreno muy húmedo
70	1.13	Terreno húmedo
85	1.05	Terreno normal
100	1.00	Terreno seco
120	0.94	
150	0.86	Terreno muy seco
200	0.76	
250	0.70	
300	0.65	

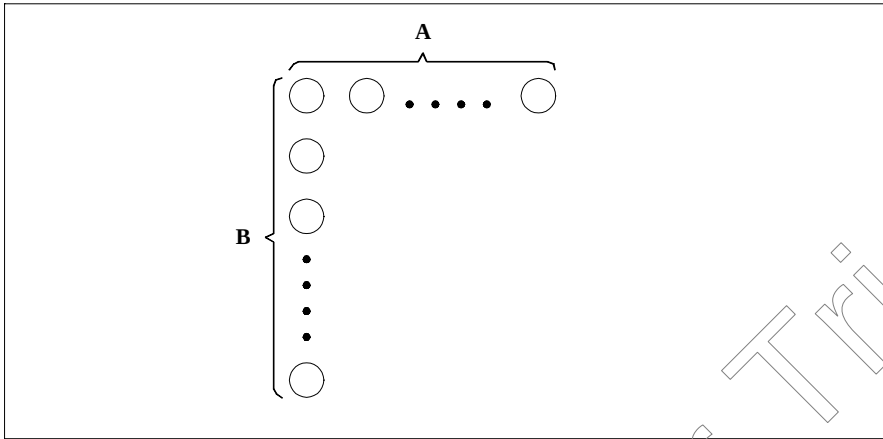
Tabla 5.9
Factores de corrección por agrupamiento para tubos protectores
al aire libre en función de su disposición (f_a)

Número de tubos protectores dispuestos verticalmente (B)	Número de tubos protectores dispuestos horizontalmente (A)					
	1	2	3	4	5	6
1	1.00	0.94	0.91	0.88	0.87	0.86
2	0.92	0.87	0.84	0.81	0.80	0.79
3	0.85	0.81	0.78	0.76	0.75	0.74
4	0.82	0.78	0.74	0.73	0.72	0.72
5	0.80	0.76	0.72	0.71	0.70	0.70
6	0.79	0.75	0.71	0.70	0.69	0.68

Tabla 5.10
Factores de corrección por agrupamiento para tubos protectores
enterrados o embutidos en función de su disposición (f_a)

Número de tubos protectores dispuestos verticalmente (B)	Número de tubos protectores dispuestos horizontalmente (A)					
	1	2	3	4	5	6
1	1.00	0.87	0.77	0.72	0.68	0.65
2	0.85	0.71	0.62	0.57	0.53	0.50
3	0.77	0.62	0.53	0.48	0.45	0.42
4	0.72	0.57	0.48	0.44	0.40	0.38
5	0.68	0.53	0.45	0.40	0.37	0.35
6	0.65	0.50	0.42	0.38	0.35	0.32

Esquema 5.1
Disposición de tubos protectores



A – Número de tubos protectores dispuestos horizontalmente
B – Número de tubos protectores dispuestos verticalmente

Tabla 5.11-a
Capacidad de conducción de corrientes de conductores aislados con PVC / 60° C a temperatura ambiente de 30° C para formas de instalar de 1 a 7 de la Tabla 5.2

Sección nominal (mm ²)	Referencia AWG o MCM	Cobre hasta 3 conductores instalados (A)
2.1	14	15
3.3	12	20
5.3	10	30
8.4	8	40
13	6	55
21	4	70
27	3	80
34	2	95
42	1	110
53	1/0	125
67	2/0	145
85	3/0	165
107	4/0	195
127	250	215
152	300	240
177	350	260
203	400	280
253	500	320
304	600	355
355	700	385
380	750	400
405	800	410
456	900	435
507	1000	455

Tabla 5.11-b
Capacidad de conducción de corrientes de conductores aislados
con PVC / 60° C a temperatura ambiente de 30° C
para formas de instalar de 8 a 13 de la Tabla 5.2

Sección nominal (mm²)	Referencia AWG o MCM	Cobre hasta 3 conductores instalados (A)
2.1	14	20
3.3	12	25
5.3	10	40
8.4	8	55
13	6	80
21	4	105
27	3	120
34	2	140
42	1	165
53	1/0	195
67	2/0	225
85	3/0	260
107	4/0	300
127	250	340
152	300	375
177	350	420
203	400	455
253	500	515
304	600	575
355	700	630
380	750	655
405	800	680
456	900	730
507	1000	780

Tabla 5.12
Factores de corrección por temperatura ambiente
diferentes de 30° a ser aplicados a capacidades
de conducción de corriente de las Tablas 5.11-a y 5.11-b

Temperatura ambiente ° C	factor de corrección
40	0.82
50	0.58

Tabla 5.13
Factores de corrección a aplicar a los valores de la Tabla 5.11-a
cuando hubiera agrupamientos de más de 3 conductores sin espaciamento,
o más de 3 conductores instalados en cable multipolar

Número de conductores instalados	Factor de corrección
4 a 6	0.80
7 a 24	0.70
25 a 42	0.60
mas de 42	0.50

Tabla 5.14

Resistencias y reactancias de cables de cobre aislados con goma etileno propileno (EPR) de 0.6 / 1 kV

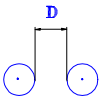
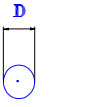
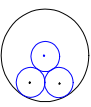
Sección (mm ²)	Configuración					
	Cable de 1 conductor				Cable de 3 conductores	
						
	R _{CA} (90 °C) (t / km)	X _L (t / km)	R _{CA} (90 °C) (t / km)	X _L (t / km)	R _{CA} (90 °C) (t / km)	X _L (t / km)
1.5	15.6	0.240	15.6	0.170	15.6	0.139
2.5	9.64	0.226	9.64	0.156	9.64	0.128
4	5.99	0.218	5.99	0.148	5.99	0.120
6	3.97	0.211	3.97	0.142	3.97	0.116
10	2.35	0.201	2.35	0.132	2.35	0.109
16	1.84	0.192	1.84	0.123	1.48	0.103
25	0.936	0.189	0.936	0.120	0.936	0.100
35	0.675	0.184	0.675	0.114	0.676	0.0986
50	0.499	0.180	0.500	0.110	0.500	0.0951
70	0.344	0.174	0.345	0.105	0.345	0.0918
95	0.250	0.173	0.250	0.104	0.251	0.0914
120	0.197	0.170	0.198	0.100	0.198	0.0887
150	0.162	0.169	0.163	0.0992	0.164	0.0879
185	0.129	0.168	0.131	0.0981	0.132	0.0878
240	0.0988	0.167	0.101	0.0973	0.102	0.0875
300	0.0794	0.166	0.0822	0.0965	0.0832	0.0872
400	0.0631	0.165	0.0666	0.0955	0.0678	0.0866
500	0.0503	0.164	0.0546	0.0942		

Tabla 5.15

Resistencias y reactancias de cables de cobre aislados con polietileno reticulado (XLPE) de 0.6 / 1 kV

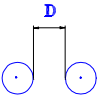
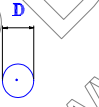
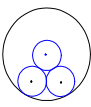
Sección (mm ²)	Configuración					
	Cable de 1 conductor				Cable de 3 conductores	
						
	R _{CA} (90 °C) (t / km)	X _L (t / km)	R _{CA} (90 °C) (t / km)	X _L (t / km)	R _{CA} (90 °C) (t / km)	X _L (t / km)
1.5	15.40	0.240	15.40	0.170	15.40	0.139
2.5	9.45	0.226	9.45	0.156	9.45	0.128
4	5.88	0.218	5.88	0.148	5.88	0.120
6	3.93	0.211	3.93	0.142	3.93	0.116
10	2.33	0.201	2.33	0.132	2.33	0.109
16	1.47	0.192	1.47	0.123	1.47	0.103
25	0.927	0.189	0.927	0.120	0.927	0.100
35	0.668	0.184	0.668	0.114	0.669	0.0986
50	0.493	0.180	0.494	0.110	0.494	0.0957
70	0.342	0.174	0.343	0.106	0.343	0.0918
95	0.247	0.173	0.247	0.104	0.248	0.0914
120	0.196	0.170	0.197	0.100	0.197	0.0887
150	0.159	0.169	0.160	0.0992	0.161	0.0881
185	0.127	0.168	0.129	0.0981	0.130	0.0878
240	0.0977	0.167	0.100	0.0973	0.101	0.0875
300	0.0786	0.166	0.0814	0.0965	0.0834	0.0872
400	0.0625	0.165	0.0660	0.0955	0.0671	0.0866
500	0.0499	0.164	0.0542	0.0942		

Tabla 5.16
Resistencias y reactancias de cables de cobre aislados con cloruro de polivinilo (PVC) de 0.6 / 1 kV

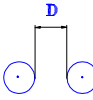
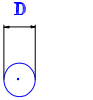
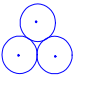
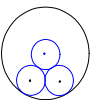
Sección (mm ²)	Configuración					
	Cable de 1 conductor				Cable de 3 conductores	
						
	R _{CA} (70 °C) (t / km)	X _L (t /km)	R _{CA} (70 °C) (t /km)	X _L (t /km)	R _{CA} (70 °C) (t /km)	X _L (t /km)
1.5	14.5	0.234	14.5	0.164	14.5	0.130
2.5	8.87	0.220	8.87	0.151	8.87	0.121
4	5.52	0.218	5.52	0.148	5.52	0.120
6	3.69	0.211	3.69	0.142	3.69	0.116
10	2.19	0.201	2.19	0.132	2.19	0.109
16	1.38	0.192	1.38	0.123	1.38	0.103
25	0.870	0.189	0.870	0.120	0.870	0.102
35	0.627	0.184	0.627	0.114	0.628	0.0986
50	0.463	0.180	0.464	0.110	0.464	0.0951
70	0.321	0.174	0.322	0.105	0.322	0.0918
95	0.232	0.173	0.233	0.104	0.233	0.0914
120	0.184	0.170	0.185	0.101	0.186	0.0889
150	0.149	0.169	0.150	0.100	0.151	0.0888
185	0.120	0.168	0.122	0.0992	0.123	0.0887
240	0.0919	0.167	0.0943	0.0973	0.0952	0.0875
300	0.0741	0.166	0.0770	0.0965	0.0781	0.0872
400	0.0589	0.165	0.0629	0.0955	0.0638	0.0866
500	0.0472	0.164	0.0517	0.0942		

Tabla 5.17
Caída de tensión en V/A·km para conductores de cobre aislados

$$K Z \frac{aV \cdot V L}{I \cdot A Z \cdot L \cdot km Z}$$

Sección nominal (mm ²)	Forma de montar 1, 2, 3, 5 y 6 de la tabla adyacente			Forma de montar 12 y 13 de la tabla adyacente	
	Sistema monofásico	Sistema trifásico	Electroductos magnéticos	Sistema monofásico	Sistema trifásico
1	34.00	29.00	34.00	34.00	29.50
1.5	23.00	20.00	23.00	23.00	19.86
2.5	14.00	12.00	14.00	14.00	12.33
4	8.70	7.50	8.70	9.00	7.82
6	5.80	5.10	5.80	6.18	5.35
10	3.50	3.00	3.50	3.84	3.33
16	3.31	1.96	3.31	2.57	2.22
25	1.52	1.28	1.52	1.76	1.52
35	1.12	0.96	1.12	1.36	1.18
50	0.82	0.73	0.82	1.09	0.95
70	0.63	0.54	0.63	0.86	0.74
95	0.49	0.42	0.49	0.70	0.62
120	0.41	0.35	0.42	0.62	0.54
150	0.36	0.31	0.37	0.56	0.48
185	0.32	0.27	0.33	0.50	0.44
240	0.26	0.23	0.28	0.45	0.39
300	0.23	0.20	0.24	0.40	0.35
400	0.20	0.18	0.22	0.37	0.32
500	0.19	0.16	0.21	0.34	0.29

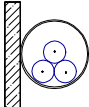
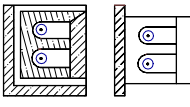
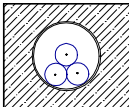
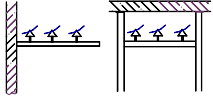
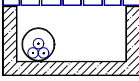
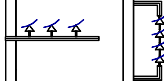
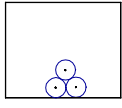








Tabla 5.18
Porcentaje de caída de tensión, referida a líneas de cobre sin inducción
L = longitud de la línea en metros, P = potencia transportada en kilovatios

PòL	Sistema	Sección de cobre en mm ²												
		2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	180
10	2×220	0.30												
	3×220	0.15	0.18	0.12										
	3×380	0.05												
20	2×220	0.59	0.30	0.25										
	3×220	0.30	0.18	0.12	0.14									
	3×380	0.10												
30	2×220	0.89	0.55	0.37										
	3×220	0.44	0.28	0.19	0.22	0.14								
	3×380	0.15												
40	2×220	1.18	0.60	0.50										
	3×220	0.59	0.36	0.25	0.29	0.18								
	3×380	0.20	0.12		0.14									
50	2×220	0.48	0.92	0.62	0.36									
	3×220	0.74	0.46	0.31	0.18	0.23	0.15							
	3×380	0.25												
60	2×220	1.78	1.10	0.74										
	3×220	0.88	0.52	0.37	0.43	0.28	0.18							
	3×380	0.30	0.19	0.18	0.22	0.14								
70	2×220	2.07	1.29	0.87										
	3×220	1.04	0.64	0.43	0.50	0.32	0.21	0.15						
	3×380	0.35	0.22	0.15	0.25	0.16								
80	2×220	2.37	1.47	0.99										
	3×220	1.18	0.74	0.50	0.58	0.37	0.24	0.18						
	3×380	0.40	0.25	0.17	0.29	0.18								
90	2×220	2.66	1.66	1.12	0.65									
	3×220	1.33	0.83	0.56	0.32	0.41	0.27	0.19						
	3×380	0.45	0.28	0.40	0.32	0.21								
100	2×220	2.26	1.84	1.24	0.72									
	3×220	1.48	0.92	0.62	0.36	0.46	0.30	0.21	0.19					
	3×380	0.50	0.31	0.21	0.23	0.15								
120	2×220	3.54	2.22	1.46	0.88									
	3×220	1.77	1.11	0.73	0.44	0.54	0.34	0.31	0.17					
	3×380	0.60	0.37	0.25	0.14	0.27	0.17							
140	2×220	4.14	2.58	0.72	1.06									
	3×220	2.07	1.29	0.86	0.53	0.64	0.42	0.30	0.20	0.15				
	3×380	0.70	0.49	0.29	0.17	0.32	0.21	0.15						
160	2×220	2.80	2.94	1.94	1.18									
	3×220	2.40	1.47	0.97	0.59	0.74	0.48	0.34	0.23					
	3×380	0.80	0.50	0.34	0.49	0.37	0.24	0.17						
180	2×220	5.30	3.32	2.22	1.32	0.84								
	3×220	2.65	3.66	1.11	0.66	0.42	0.54	0.38	0.26	0.28	0.15			
	3×380	0.90	0.58	0.38	0.22	0.14	0.27	0.19						
200	2×220	5.88	3.68	2.44	0.44	0.92								
	3×220	2.94	1.84	2.22	0.72	0.46	0.58	0.40	0.28	0.22	0.16			
	3×380	1.00	0.62	0.46	0.24	0.46	0.29	0.20	0.14					
220	2×220	6.52	4.04	2.72	0.58	1.02								
	3×220	3.26	2.02	1.36	0.79	0.51	0.66	0.46	0.32	0.24	0.18			
	3×380	1.40	0.65	0.45	0.26	0.19	0.33	0.23	0.16					
240	2×220	7.08	4.44	2.82	1.76	1.08								
	3×220	3.34	2.22	1.46	0.88	0.54	0.68	0.50	0.34	0.26	0.20	0.15		
	3×380	1.20	0.74	0.60	0.29	0.19	0.34	0.25	0.17					

(Continuación tabla 5.18)

PòL	Sistema	Sección de cobre en mm²												
		2.5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	180
260	2×220	7.68	4.80	3.22	1.86	1.20	0.78	0.54	0.38	0.28	0.21	0.17		
	3×220	3.84	2.40	1.61	0.93	0.60	0.39	0.27	0.19					
	3×380	1.50	0.81	0.55	0.31	0.20								
280	2×220	8.28	5.16	3.48	2.02	1.28	0.84	0.58	0.40	0.30	0.23	0.18		
	3×220	4.14	2.58	1.74	1.01	0.64	0.42	0.29	0.20	0.15				
	3×380	1.40	0.87	0.59	0.34	0.22								
300	2×220	8.88	5.52	3.72	2.16	1.38	0.90	0.62	0.44	0.32	0.26	0.19		
	3×220	4.44	2.76	1.86	1.08	0.69	0.45	0.31	0.22	0.16				
	3×380	1.50	0.93	0.63	0.36	0.23	0.16							
320	2×220	9.47	5.89	3.97	2.30	1.47	0.96	0.67	0.48	0.34	0.27	0.20		
	3×220	4.74	2.94	1.98	1.15	0.74	0.48	0.33	0.23	0.17				
	3×380	1.60	0.99	0.67	0.38	0.25	0.16							
380	2×220	11.25	6.99	4.71	2.74	1.75	1.14	0.80	0.57	0.41	0.32	0.20		
	3×220	5.62	3.50	2.36	1.37	0.87	0.57	0.40	0.29	0.21	0.15			
	3×380	1.90	1.18	0.80	0.46	0.29	0.19							
400	2×220	11.84	7.36	4.96	2.88	1.84	1.20	0.84	0.60	0.43	0.33	0.21	0.15	
	3×220	5.92	3.68	2.48	1.44	0.92	0.60	0.42	0.30	0.22	0.16			
	3×380	2.00	1.21	0.84	0.49	0.31	0.20							
450	2×220	13.32	8.28	5.58	3.24	2.07	1.35	0.95	0.68	0.48	0.38	0.24	0.16	
	3×220	6.67	4.14	2.79	1.62	1.03	0.68	0.47	0.34	0.25	0.18			
	3×380	2.25	1.10	0.91	0.55	0.35	0.28	0.18						
500	2×220		9.20	6.20	3.60	2.30	1.50	1.05	0.75	0.55	0.40	0.32	0.27	0.18
	3×220	7.40	4.60	3.10	1.80	1.15	0.75	0.53	0.38	0.27	0.20	0.16		
	3×380	2.50	1.55	1.05	0.61	0.39	0.25	0.18						
550	2×220			6.82	3.96	2.53	1.65	1.16	0.83	0.61	0.44	0.35	0.29	0.20
	3×220	8.14	5.06	3.41	1.98	1.27	0.83	0.58	0.41	0.30	0.22	0.18		
	3×380	2.75	0.74	1.16	0.67	0.49	0.28	0.20						
600	2×220			7.44	4.32	2.76	1.80	1.26	0.90	0.66	0.48	0.38	0.32	0.22
	3×220	8.89	5.52	3.72	2.16	1.38	0.90	0.63	0.45	0.33	0.24	0.19	0.16	
	3×380	3.00	1.86	1.26	0.73	0.47	0.30	0.21	0.15					
700	2×220			8.68	5.04	3.20	2.10	1.47	1.05	0.76	0.56	0.44	0.37	0.26
	3×220		6.44	4.34	2.52	1.61	1.05	0.74	0.53	0.38	0.28	0.22	0.19	
	3×380	3.5	2.17	1.47	0.85	0.64	0.35	0.25	0.18					
800	2×220			9.92	5.76	3.68	2.40	1.66	1.20	0.88	0.64	0.51	0.42	0.29
	3×220		7.36	4.96	2.88	1.84	1.20	0.84	0.60	0.44	0.32	0.25	0.21	0.15
	3×380	4.00	2.48	1.68	0.98	0.62	0.41	0.28	0.20	0.15				
900	2×220			6.48	4.14	2.70	1.89	1.35	1.05	0.99	0.72	0.57	0.48	0.33
	3×220		8.28	5.58	3.24	2.07	1.35	0.95	0.68	0.50	0.36	0.29	0.24	0.17
	3×380	4.5	2.79	1.89	1.10	0.70	0.46	0.32	0.29	0.17				
1000	2×220			7.20	4.60	3.00	2.10	1.50	1.10	1.10	0.80	0.63	0.53	0.37
	3×220		9.20	6.20	3.60	2.30	1.50	1.05	0.75	0.59	0.40	0.32	0.27	0.19
	3×380	5.00	9.10	2.10	1.22	0.77	0.51	0.35	0.25	0.19				

Tabla 5.19
Valores normalizados de Tf y Ti

Tipo de aislamiento	Tf (°C)	Ti (°C)
Cloruro de polivinilo (PVC)	160	70
Polietileno reticulado (XLPE)	250	90
Goma etileno propileno (EPR)	250	90

Adicionalmente, para determinar las características de cortocircuito de los conductores se podrán utilizar los Gráficos 5.1 y 5.2

Gráfico 5.1
Corriente máxima de cortocircuito cables de cobre aislados con PVC de 0.6 /1 kV

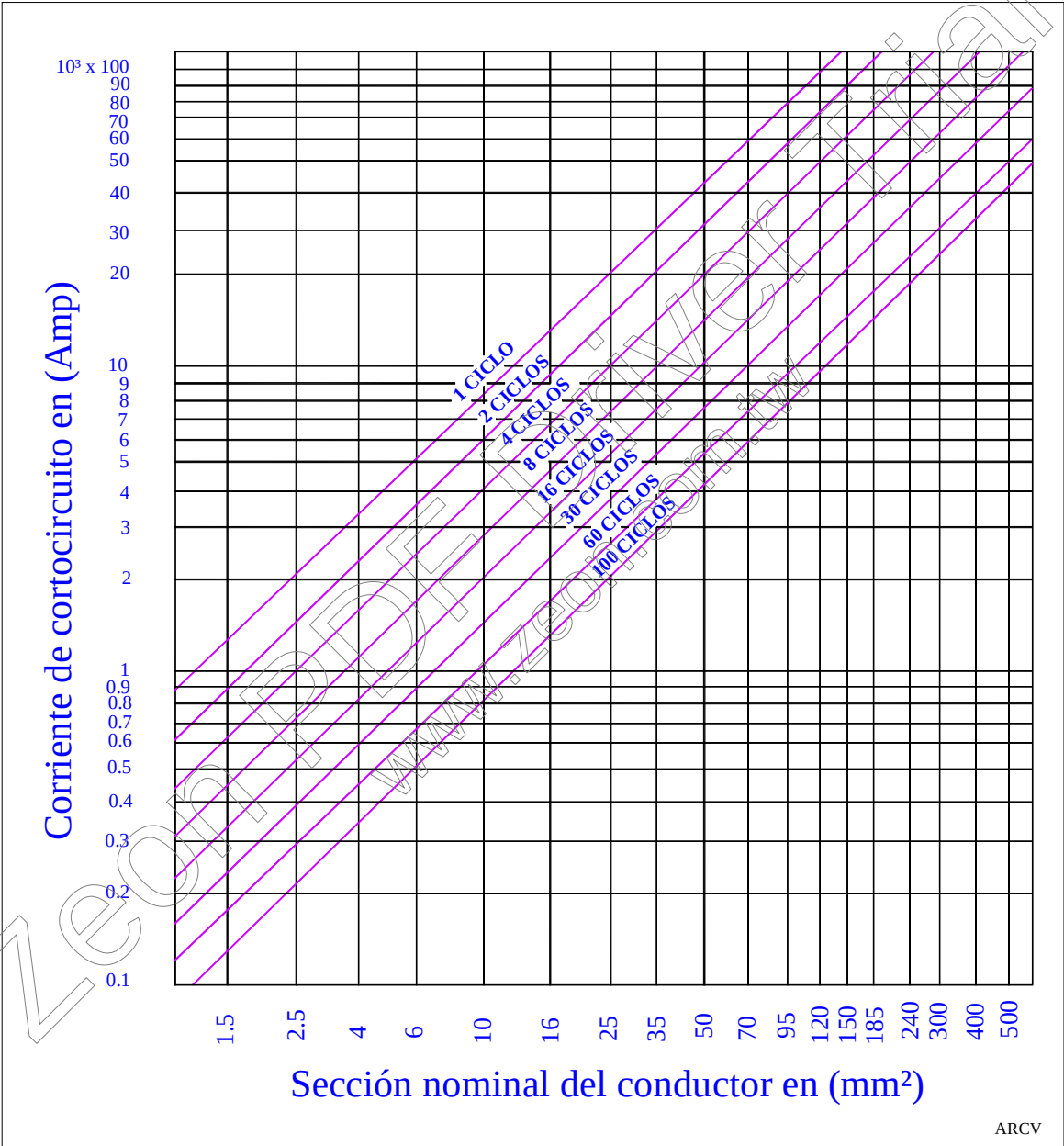
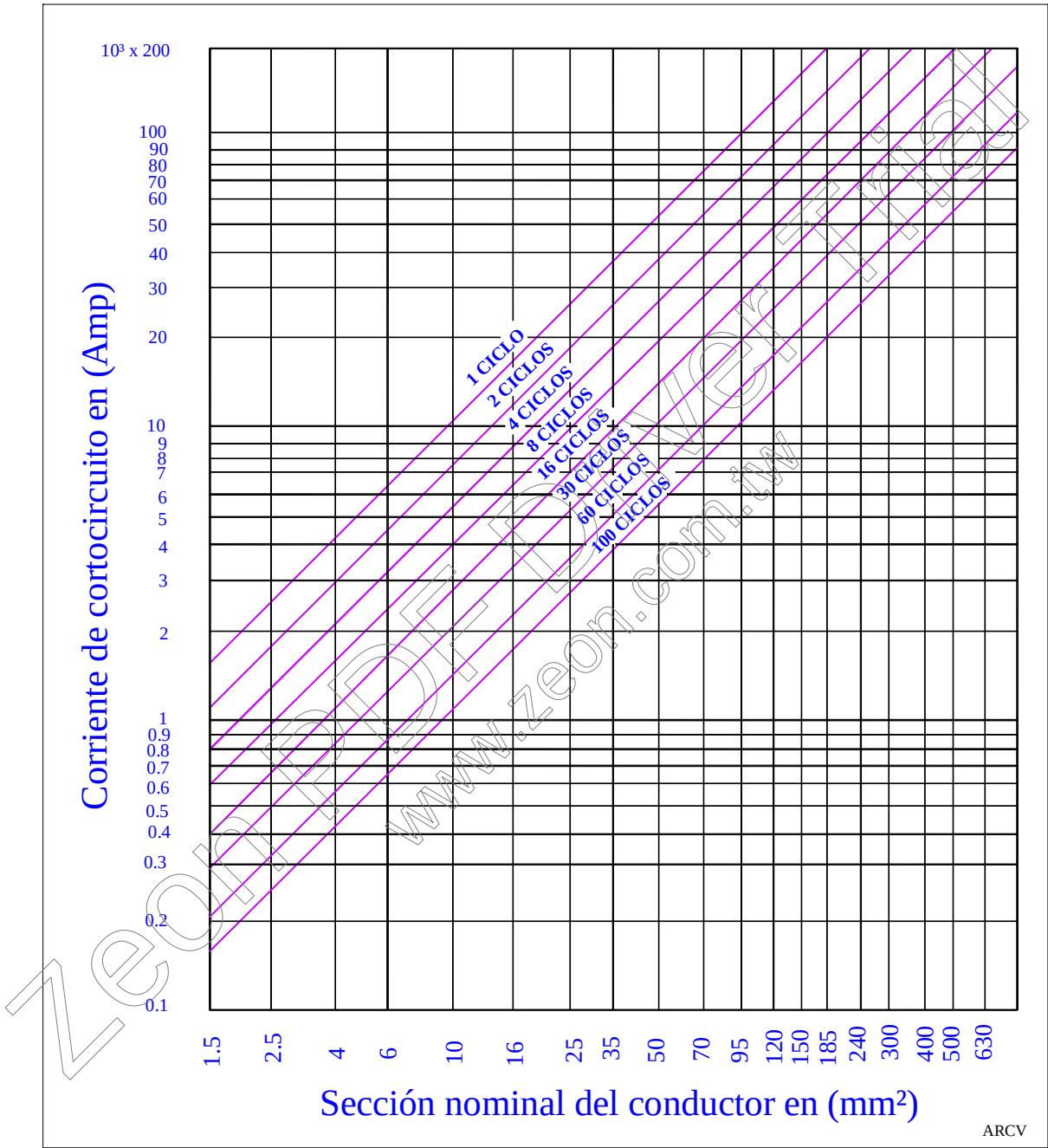


Gráfico 5.2
Corriente máxima de cortocircuito cables de cobre aislados con XLPE y EPR de 0.6 / 1 kV



Ejemplo 5.1

Cálculo de la caída de tensión

Tenemos:

Carga = 15 A Monofásico

Longitud del circuito = 0.1 km.

Conductor = 4 mm²

Con S = 4 mm² y para un sistema monofásico de la forma de montar de 1 – 6 de la Tabla 5.17, obtenemos K = 8.70 [V]/[A]·[km].

Luego para determinar la caída de tensión en voltios se realiza de la siguiente manera:

$$\Delta V [V] = K \cdot \frac{[V]}{[A] \cdot [km]} I [A] \cdot L [km]$$

$$\Delta V = 8.70 \times 15 \times 0.1 = 13.05 (V)$$

Ejemplo 5.2

Tenemos una instalación:

Longitud = 120 m.

Sistema trifásico 380 V.

Demanda máxima = 25 kW

Forma de montar 1 – 6

Aislamiento del conductor = EPR

Caída de tensión = 5 %

Temperatura = 20 °C

Dimensionar la sección del conductor.

Como la longitud es mayor a 40 metros, es conveniente iniciar el cálculo con el criterio de caída de tensión y verificar la sección obtenida con el criterio de capacidad de conducción.

El 5% de 380 voltios, es 19 voltios

$$\text{Luego: } I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \phi} = \frac{25000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.9} = 42.204 \text{ Amp.}$$

Aplicando la relación de la Tabla 5.17 tenemos:

$\Delta V = K \cdot I \cdot L$, despejando tenemos:

$$K = \frac{\Delta V}{I \cdot L} = \frac{19}{42.2 \cdot 0.12} = 3.75$$

Con K = 3.75 $\cong$ 3 (porque si colocamos K = 5.1 que es el inmediato superior, entonces tendríamos una sección menor) y sistema trifásico de la forma de instalar de 1 – 6 de la Tabla 5.17, obtenemos la S = 10 mm²

Luego para verificar la sección con el criterio de la capacidad de conducción de corriente, seleccionamos el Factor de Corrección por Agrupamiento de la Tabla 5.9 con 4 tubos dispuestos verticalmente y 1 tubo dispuesto horizontalmente, entonces tenemos el f_a = 0.82

Luego de la Tabla 5.6, Factor de Corrección por Temperatura, con 20° C y aislamiento EPR, seleccionamos el factor de corrección f_c = 1.08

$$\text{Luego la corriente equivalente debe ser: } I \leq \frac{I}{f_a \cdot f_c} \text{ (Amp.)}$$

$$I' = \frac{42.2}{0.82 \times 1.08} = 47.65 \text{ Amp.}$$

Según la Tabla 5.4-a, un conductor de 10 mm², 3 conductores agrupados aislados con EPR, tiene una capacidad de conducción de I = 66 A., que es mayor a la requerida (I' = 47.65 A).

Por lo tanto, la sección definida por caída de tensión es la correcta.

Ejemplo 5.3

Tenemos:

Potencia = 60 kW.

Tensión = 380 V.

Longitud = 30 m.

Forma de montar 1 – 7

Aislamiento del conductor = EPR

Caída de tensión = 2 % (Alimentador)

Como la longitud es menor a 40 metros, es conveniente iniciar el cálculo con el criterio de capacidad de conducción de corriente.

La intensidad de corriente será:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \phi} = \frac{60000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.9} = 101.4 \text{ Amp.}$$

De la Tabla 5.4-a, el conductor correspondiente, para la aislación EPR, forma de montar de 1 – 7 y 3 conductores agrupados, es de 25 mm²

Verificando por caída de tensión

El 2% de 380 voltios, es 7.6 voltios

De la Tabla 5.17 con S = 25 mm² y sistema trifásico de la forma de montar de 1 - 6, obtenemos K = 1.28

$\Delta V = K \cdot I \cdot L$ (V)

$\Delta V = 1.28 \times 101.4 \times 0.03 = 3.89$ (V)

$\Delta V = 3.89 < 7.6$ V (2% de 380 V)

Entonces la sección determinada por capacidad de conducción S = 25 mm² es la sección correcta.

Ejemplo 5.4

Tenemos:

Potencia = 15 kW.

Tensión = 380 V.

Longitud = 40 m.

Caída de tensión = 3 % (Circuito derivado)

Aislamiento = PVC

Temperatura = 40° C

Forma de montar 8 – 13

El 3 % de 380 voltios, es 11.4 voltios

Empezamos con capacidad de conducción

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \phi} = \frac{15000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.9} = 25.3 \text{ Amp.}$$

De la Tabla 5.9 el factor de corrección por agrupamiento, para 4 tubos dispuestos verticalmente y 1 tubo dispuesto horizontalmente, es $f_a = 0.82$

De la Tabla 5.6 factor de corrección por temperatura f_c , para 40° C y aislamiento PVC, es $f_c = 0.87$

Luego la corriente equivalente es: $I' = Z \frac{I}{f_a \cdot f_c}$ (Amp.)

$$I' = \frac{25.3}{0.82 \times 0.87} = 35.46 \text{ Amp.}$$

De la Tabla 5.3-b, con la corriente $I' = 35.46 \cong 41$ Amp. y 3 conductores agrupados, se encuentra que la sección del conductor necesaria es de 6 mm²

Verificando por el criterio de caída de tensión tenemos:

$$\Delta V = K \cdot I \cdot L \text{ (V)}$$

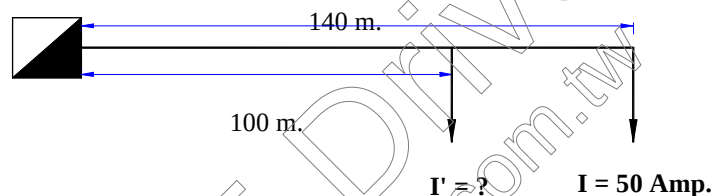
Luego de la tabla 5.17 con $S = 6 \text{ mm}^2$, forma de montar 12 y 13, $K = 5.35$

$$\Delta V = 5.35 \times 25.3 \times 0.04 \text{ (V)}$$

Entonces $\Delta V = 5.41 < 11.4 \text{ V}$ (3 % de 380 V).

Por lo tanto la sección $S = 6 \text{ mm}^2$ determinado por el primer criterio es la correcta.

Ejemplo 5.5



Se tiene:

Carga instalada = 50 Amp.

Longitud = 140 m.

Sección 16 mm²

Caída de tensión = 5 %

Forma de montar 1 – 6

Cual es la máxima carga que se podrá conectar a 100 metros del tablero?

Como la longitud es mayor a 40 metros, es conveniente iniciar el cálculo con el criterio de caída de tensión.

El 5 % de 380 voltios, es 19 voltios

$$\Delta V = K \cdot I \cdot L \text{ (V)}$$

1.- Para el tramo 40 m final determinan la caída de tensión

De la Tabla 5.17 con $S = 16 \text{ mm}^2$, montaje 1 – 6, obtenemos $K = 1.96$

$$\Delta V = 1.96 \times 50 \times 0.04 = 3.92 \text{ (V)}$$

$\Delta V = 3.92 \text{ V}$, lo cual es el 1.03 % de 380 V.

2.- Entonces en los 100 metros puede caer la diferencia.

$$\Delta V_{\text{total}} = 5 - 1.03 = 3.97 \%$$

Luego el 3.97 % de 380 voltios, es 19.09 voltios

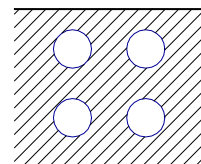
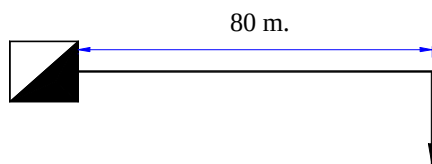
$$\Delta V = K \cdot I_{\text{total}} \cdot L \text{ (V)}, \text{ donde: } I_{\text{total}} = I' + I$$

$$19.09 = 1.96 \cdot (I' + 50) \times 0.100$$

despejando tenemos:

$$I' = \frac{19.09}{1.96 \times 0.100} - 50 = 47.39 \text{ Amp.}$$

$$I' = 47.39 \text{ Amp.}$$

Ejemplo 5.6

Forma de montaje

Se tiene:

Longitud = 80 m.

Sección = 25 mm²

Aislamiento = EPR

Tensión 380 V. trifásico

Temperatura = 40° C

Caída de tensión = 3 %

Que carga se puede instalar?

Como la longitud es mayor a 40 metros, es conveniente iniciar el cálculo con el criterio de caída de tensión.

El 3 % de 380 voltios, es 11.4 voltios

Aplicando la relación de la Tabla 5.17, tenemos:

$$\Delta V = K \cdot I \cdot L \text{ (V)}$$

Despejando:

$$I = \frac{\Delta V}{K \cdot L}$$

De la Tabla 5.17 con S = 25 mm², forma de montar 1 – 6, obtenemos K = 1.28

Entonces:

$$I = \frac{11.4}{1.28 \times 0.08} = 111.3 \text{ Amp.}$$

Haciendo el cálculo por capacidad de conducción

De la tabla 5.4-a con S = 25 mm² y 3 conductores agrupados, se obtiene I = 116 Amp.

Luego de la Tabla 5.10 (tubos protectores enterrados o embutidos) para 2 tubos dispuestos verticalmente y 2 tubos dispuesto horizontalmente, f_a = 0.71

De la Tabla 5.6 para 40° C y aislamiento EPR, resulta que el factor de corrección por temperatura es: f_C = 0.96

Luego se tiene

$$I' = I \cdot f_a \cdot f_C$$

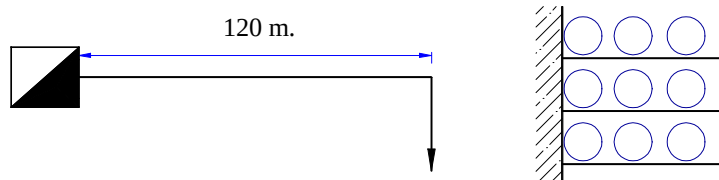
$$I' = 116 \times 0.71 \times 0.96 = 79.1 \text{ Amp.}$$

De donde resulta que el conductor está limitado por la forma de montar, agrupamiento y temperatura a sólo una capacidad de conducir de 79.1 Amp. con la cual la carga a instalar resulta ser:

$$P = \sqrt{3} \cdot I' \cdot V \cdot \cos \phi$$

$$P = \sqrt{3} \times 79.1 \times 380 \times 0.9 = 46.8 \text{ kW}$$

De donde se puede cargar al conductor solo con P = 46.8 kW

Ejemplo 5.7

Se tiene:

Potencia = 40 kW

Longitud = 120 m.

Aislamiento = XLPE

Tensión 380 V. trifásico

Temperatura = 20° C

Caída de tensión = 3 %

Cuál es la sección de conductor necesaria?

Por caída de tensión:

El 3 % de 380 voltios, es 11.4 voltios

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \phi} = \frac{40000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.9} = 67.5 \text{ Amp. (corriente real)}$$

Aplicando la relación de la Tabla 5.17 tenemos:

$\Delta V = K \cdot I \cdot L$, despejando tenemos:

$$K = \frac{\Delta V}{I \cdot L} = \frac{11.4}{67.5 \times 0.12} = 1.4$$

Luego de la Tabla 5.17 trifásico con $K = 1.4 \cong 1.52$ y forma de montar 12 y 13, obtenido la sección del conductor = 25 mm²

Por capacidad de conducción:

Para calcular la capacidad de conducción de corriente, se entra al factor de corrección por agrupamiento de la Tabla 5.9 con 3 tubos dispuestos verticalmente y 3 tubos dispuestos horizontalmente, entonces tenemos el factor de agrupamiento $f_a = 0.78$

Luego de la Tabla 5.6 factor de corrección por temperatura, con 20° C y aislamiento XLPE, el factor de corrección es: $f_c = 1.08$

$$\text{Luego tengo } I \leq \frac{I}{f_a \cdot f_c} \text{ (Amp.)}$$

$$I' = \frac{67.5}{1.08 \times 0.78} = 80.15 \text{ Amp.}$$

De la Tabla 5.4-a, con la corriente $I = 80.15 \cong 88 \text{ Amp.}$ y 3 conductores agrupados tenemos la sección del conductor que es $S = 16 \text{ mm}^2$, entonces comparando ambas secciones se elige el de mayor diámetro que sería $S = 25 \text{ mm}^2$ determinado por el criterio de caída de tensión.

CAPITULO 6

CIRCUITOS DERIVADOS

Zeon PDF Driver
www.zeon.com

CAPITULO 6

CIRCUITOS DERIVADOS

6.1 GENERALIDADES

Los Circuitos Derivados, son los circuitos que arrancan en un tablero de distribución y alimentan las cargas de la instalación, pudiendo abastecer un solo artefacto eléctrico o varios, según las circunstancias.

Los conductores de los Circuitos Derivados deberán ser de cobre. Los conductores de sección superior al N° 6 AWG, (16 mm²) se utilizarán en forma de cable (cordones).

Las intensidades máximas admisibles para servicio continuo para conductores aislados, serán los señalados en las Tablas 5.1 a 5.12 de éste texto.

Las instalaciones se subdividirán de forma que las perturbaciones originadas por averías que pueden producirse en un punto de ellas, afecten solamente a ciertas partes de la instalación, como por ejemplo, a un sector del edificio, a un piso, a un local, etc., además esta subdivisión se establece de forma que permita localizar las averías, así como controlar los aislamientos de la instalación por sectores.

Para que se mantenga el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores que forman parte de una instalación, se procura que aquella quede repartida entre sus fases.

6.2 CLASIFICACION

Los Circuitos Derivados se clasifican de acuerdo a su aplicación de la siguiente manera:

- Circuitos de iluminación
- Circuitos de tomacorrientes
- Circuitos de fuerza

6.2.1 Circuitos de iluminación

Son aquellos circuitos destinados a la alimentación exclusiva de cargas de alumbrado. La potencia máxima instalada en este tipo de circuitos no deberá exceder de **2000** vatios.

El número de circuitos de iluminación de una instalación eléctrica, se debe determinar de acuerdo a la potencia total instalada, calculada en función de los niveles de iluminación requeridos para iluminar adecuadamente los diferentes ambientes, y de la potencia máxima por circuito de 2000 vatios.

La sección mínima de los conductores en los circuitos de iluminación no deberá ser en ningún caso inferior al N° 14 AWG de cobre (2.5 mm²).

En toda la longitud del circuito, la magnitud de la caída de tensión no deberá exceder del **3 %**. La verificación se realizará de la misma manera que para un alimentador principal.

6.2.2 Circuitos de tomacorrientes

Son los circuitos destinados a la alimentación de artefactos electrodomésticos y aparatos eléctricos de pequeña potencia.

La demanda máxima prevista en este tipo de circuitos no deberá exceder de **3000** vatios

Para efectos de diseño se debe considerar en general una potencia de **200** vatios por cada punto de tomacorriente independientemente del número de salidas de cada punto de toma, pudiendo adoptar valores mayores dependiendo del tipo de instalación.

El número de circuitos de tomacorrientes de una instalación, dependerá de la demanda máxima prevista, calculada según el punto anterior y de lo mencionado en el segundo párrafo.

La sección mínima de los conductores de estos circuitos no deberá ser menor que la correspondiente al N° 12 AWG de cobre (4 mm^2).

En toda la longitud del circuito, la magnitud de la caída de tensión no deberá exceder del **3 %** de la tensión nominal de alimentación.

Para aparatos eléctricos con potencias iguales o superiores a **2000** vatios, se destinarán circuitos independientes de acuerdo a lo especificado en el siguiente inciso.

6.2.3 Circuitos de fuerza

Son los circuitos destinados a la alimentación de cargas individuales iguales o mayores a **2000** vatios.

6.2.3.1 Clasificación.

Los circuitos derivados que se utilizan para alimentar las cargas de fuerza, se clasifican en dos grupos:

- a) Circuitos que alimentan equipos de uso doméstico, tales como: cocinas eléctricas, calentadores eléctricos (calefones, duchas, estufas), secadores de ropa, etc.
 - Estas cargas deben alimentarse con circuitos derivados individuales.
 - Los conductores que alimentan una carga individual, deberán tener una capacidad de conducción permanente no menor del **125 %** de la corriente nominal de la carga.
 - En toda la longitud del circuito, la magnitud de la caída de tensión no deberá exceder de **3 %**.
 - En el lugar de ubicación de las cargas individuales, se debe disponer necesariamente de un elemento de maniobra para operaciones de cierre y apertura con carga.
 - Por ejemplo, para duchas eléctricas adoptar **5400 W** por equipo, en caso de cocinas eléctricas destinados a viviendas unifamiliares, se debe adoptar el valor de **5500 W** por equipo. En general la potencia que debe adoptarse, está en función del equipo a instalar.
- b) Circuitos que alimentan motores eléctricos de más de 2 HP, tales como: equipos de soldadura eléctrica, rectificadores de ascensores, de grúas, montacargas, compresoras con motores, etc. Se aceptan dos tipos de circuitos de fuerza, que alimentan las cargas mencionadas anteriormente.

É Tipo I

En el que cada carga es alimentada mediante un circuito individual desde el tablero de distribución, donde se encuentra el elemento de protección del circuito.

Este tipo de instalación se utilizará sin limitaciones por ser el más recomendado.

É Tipo II

Es posible utilizar un solo circuito derivado para alimentar dos o más cargas de cualquier capacidad, solo si, cada una de ellas tiene colocado un dispositivo de maniobra, de protección y contra sobre corriente, coordinando en forma adecuada con la protección principal del circuito.

Cualquiera sea la configuración de circuitos que se adopte, el dimensionamiento de conductores será tal que cumpla al menos los siguientes requisitos:

- Los conductores que alimentan una carga individual, deberán tener una capacidad de conducción permanente no menor de **125%** de la corriente nominal de la carga. Para operaciones intermitentes el porcentaje mencionado cambiará como sigue:

Funcionamiento máximo de 5 minutos con intervalos mínimos de 5 minutos	= 110 % (mínimo)
Funcionamiento máximo de 15 minutos con intervalos mínimos de 5 minutos	= 120 % (mínimo)
Funcionamiento mayor a 15 minutos	= 125 % (mínimo)

- Los conductores de motores de más de 3 HP, no deben alimentarse con conductores inferiores al N° 12 AWG de cobre (4 mm²).
- Los conductores que alimenten dos o más cargas, tendrán una capacidad de conducción permanente no menor del 125 % de la corriente nominal de la carga mayor del grupo, más la suma de las corrientes nominales de las demás cargas del grupo.
- Todo motor, deberá llevar incorporado o previsto un dispositivo que haga abrir el circuito, cuando circule por éste una corriente del 125 % de la corriente nominal de la carga.
- La caída de tensión, que exista a lo largo de los circuitos que alimenten cargas de fuerza no deberá exceder del 3 % de la tensión nominal de alimentación

No se admitirá arranque directo a plena tensión, de motores asíncronos de jaula de ardilla mayores a 5 HP conectados a la red de baja tensión en 220 voltios y 7.5 HP en 380 voltios.

Este tipo II de circuito de fuerza es para motores no industriales (ejemplo bombas de agua).

6.3 FACTOR DE POTENCIA

Se consideran requerimientos de energía reactiva, para los siguientes tipos de usuarios:

- a) Talleres de mecánica, carpintería, soldadura, mantenimiento mecánico o automotriz con más de 30 kW de demanda máxima prevista.
- b) Edificios, galerías y complejos comerciales con transformador propio.
- c) Instalaciones industriales en general.

Para toda instalación comprendida en a, b y c se debe considerar necesariamente el efecto del factor de potencia, investigándolo o calculándolo, a fin de prever un factor de potencia según las siguientes exigencias:

- Los valores medios mensuales del factor de potencia deberán ser como mínimo 0.9.
- Para la determinación del factor de potencia medio de cada mes, se deberá instalar un medidor de energía reactiva, además del medidor de energía activa.
- En instalaciones de tipo industrial independientemente de la potencia instalada, se exigirá la corrección del factor de potencia, cuando sea necesario.

Queda por cuenta del Proyectista la determinación del lugar de instalación, ubicación en el sistema eléctrico, número de unidades, tensión nominal forma de operación, maniobra y protección de los equipos de compensación de potencia reactiva.

CAPITULO 7

ACCESORIOS PARA CANALIZACION ELECTRICA

Zeon PDF Driver
www.zeon.com

CAPITULO 7

ACCESORIOS PARA CANALIZACION ELECTRICA

7.1 GENERALIDADES

Los accesorios para canalizaciones eléctricas, son elementos cuya función es interconectar las canalizaciones entre sí, o con los elementos que contienen a los dispositivos de control, protección o salidas para receptores (tomacorrientes).

Estos accesorios son:

- Cajas de conexión
- Conectores
- Condulets

7.2 CAJAS DE CONEXION

Las cajas de conexión, se utilizan en instalaciones en las que se conectan aparatos de consumo, interruptores o se realizan empalmes de conductores. Estos pueden ser de forma cuadrada, rectangular y octogonal, de dimensiones suficientes para alojar en su interior un determinado número de conductores y sus respectivos accesorios de conexión. Estas cajas deben ser de material incombustible, en ningún caso se aceptarán cajas de madera o de plástico combustible.

Estas cajas llevan perforaciones troqueladas parcialmente, de tal forma que sólo se abren las necesarias con un golpe suave.

Los aislamientos de los conductores, como las conexiones de los mismos no deben ocupar más del **60%** del volumen que sobra de la caja, después de haber instalado en ella los diferentes dispositivos.

Se deberá dotar de una tapa adecuada a cada una de las cajas de salida instalada, cuando por alguna razón se retire una tubería de una determinada caja, deberá sellarse la perforación dejada.

Las cajas de salida para instalaciones empotradas, deben tener una profundidad no menor de 35 mm., exceptuando los casos donde la construcción del local no permita instalarlas, en tal caso, la profundidad puede reducirse a 25 mm.

7.2.1 Cajas para puntos de luz

Son normales, octogonales y las dimensiones mínimas deberán ser 85 x 85 x 38 mm., determinándose la dimensión de 85 mm. como el diámetro existente entre dos caras paralelas del octógono.

Estas cajas de fondo fijo usadas para techo, deben ser galvanizadas en chapa de hierro, los destapadores (knock outs) que llevan, deben tener diámetros de 12,7 mm. que pueden ser ensanchados a 19 mm., no se pueden usar ductos mayores en este tipo de cajas.

7.2.2 Cajas para interruptores y tomacorrientes

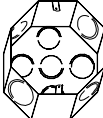
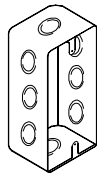
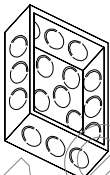
Deben ser rectangulares, y de chapa de hierro galvanizado y llevan perforaciones troqueladas laterales (knock outs) laterales y de fondo, las dimensiones mínimas deberán ser de 98 x 55 x 38 mm. o sus equivalentes en pulgadas.

Para casos de tomacorrientes de piso, se utilizarán cajas en chapas de hierro fundido o aluminio y que tengan tornillos calantes para permitir nivelar la caja con el piso. Estas cajas deben llevar tapas metálicas lisas con perforaciones rebatibles que permitan acceso al tomacorriente y que sellen el mismo cuando no sea utilizado, para no permitir ingreso de basuras o acumulación de polvo y ceras.

7.2.3 Cajas para cableado, inspección o derivación

Estas cajas tienen diversas dimensiones y están destinadas a facilitar el tendido de conductores o inspección del circuito, además, de acuerdo a norma deben utilizarse estas cajas obligadamente entre 2 curvas de 90 grados o más de 15 mts. sin curvas. En la Tabla 7.1 se presentan las medidas más comunes de cajas metálicas.

Tabla 7.1
Dimensiones de cajas de conexión y número máximo de conductores permisibles

Tipo de caja	Dimensiones			Capacidad. (mm ²)	Número máximo de conductores instalados en cajas											
	Alto	Ancho	Prof.		AWG	mm ²	AWG	mm ²	AWG	mm ²	AWG	mm ²	AWG	mm ²	AWG	mm ²
					18	1	16	1.5	14	2.5	12	4	10	6	8	10
Juntura	85	85	38	203.30	8	7	6	5	5	4	2					
	100	100	38	380.30	15	13	11	10	9	7	4					
	70	80	38	212.80	8	7	6	5	5	4	2					
	95	100	55	361.00	14	12	11	9	8	7	4					
	95	100	55	522.50	21	18	15	14	12	10	6					
	120	120	55	792.00	32	27	24	21	19	16	9					
Interruptores	98	55	38	201.82	8	7	6	5	5	4	2					
	100	85	55	167.50	19	16	14	12	11	9	5					
	150	85	55	701.25	28	24	21	19	17	14	8					
	200	85	55	935.00	38	32	28	25	22	19	11					
	250	85	55	1168.75	47	40	35	31	28	23	14					
	300	85	55	1402.50	57	48	42	38	34	28	17					
	350	85	55	1636.25	66	57	49	44	39	33	19					
	400	85	55	1870.00	76	65	57	50	45	38	22					
	450	85	55	2103.75	86	73	64	57	51	42	25					
Derivaciones	114	228	76	1975.39	80	68	60	53	48	40	24					
	150	300	76	3420.00	139	119	104	92	83	69	41					
	150	150	100	2225.00	90	77	67	60	54	45	27					
	200	200	100	4000.00	162	139	122	108	97	81	48					
	250	250	76	4750.00	193	165	144	128	115	96	57					

7.2.4 Cajas para tableros de distribución

Son cajas metálicas de diferentes dimensiones, adecuadas para contener fusibles, palancas fusibles e interruptores automáticos que protegen la carga, están construidas en chapa de hierro o de fundición.

7.2.5 Cajas para salidas telefónicas y TV

Se deben utilizar las mismas indicadas en 7.2.2.

Son cajas metálicas de diferentes dimensiones según el caso, y sirven para interconectar la red telefónica interna y la red externa.

7.2.6 Localización de las salidas

Las cajas se colocarán a las siguientes alturas sobre el nivel del piso:

- a) Para interruptores a: 1.20 - 1.25 mts.
- b) Para tomacorrientes en cocinas a: 1.20 mts.
- c) Para tomacorrientes, (teléfono, TV) a: 0.30 mts.
- d) Para timbres o apliques a: 2.0 mts.
- e) Para tomas de fuerza a: 1.50 mts.

7.2.7 Dimensiones comerciales

Las dimensiones comerciales de cajas para canalizaciones se hallan en la Tabla 7.1

7.3 CONECTORES

Son elementos metálicos que permiten la conexión física entre tubos y cajas mediante la acción mecánica de tornillos, roscas y presión. Están contruidos generalmente en chapa de hierro y aleaciones de aluminio.

7.3.1 Boquillas

Este accesorio se utiliza para la conexión entre los tubos y las cajas, permitiendo que el tubo quede firmemente conectado a la pared utilizada de la caja. La boquilla deberá tener un diámetro superior al del tubo conectado, con una tolerancia máxima de 3 mm.

7.3.2 Coplas

Este accesorio se utiliza para la conexión entre tubos, permitiendo la unión de todas las circunferencias sin alteraciones u obstrucciones que puedan causar la destrucción o daño de los aislamientos de los conductores. Se debe observar la misma tolerancia indicada en 7.2.1.

7.3.3 Conectores especiales

De acuerdo al tipo de instalación, los conectores a utilizar deberán estar normalizados para cada caso.

- A continuación tenemos algunos ejemplos:
- Para hormigón armado: Tipo rawlight
 - Para explosión: Tipo antivibratorio, rosca NPT
 - Para juntas de dilatación: Tipo flexible

7.3.4 Codos

Permite la conexión de tabulaciones instaladas con un ángulo a 90 grados, accesorio que puede ser omitido con el uso de dobladuras de tubo resguardando la tolerancia en la disminución del diámetro a lo largo de la curva efectuada.

7.4 CONDULETS

Los condulets son cajas y codos fundidos a presión, fabricados de una aleación de metales, utilizados en instalaciones con tubo conduit rígido de tipo visible, que requieran la máxima seguridad. Los condulets tienen tapas que se fijan por medio de tornillos y pueden tener empaques para evitar la entrada de polvo o gases.

Los tipos principales de condulets son:

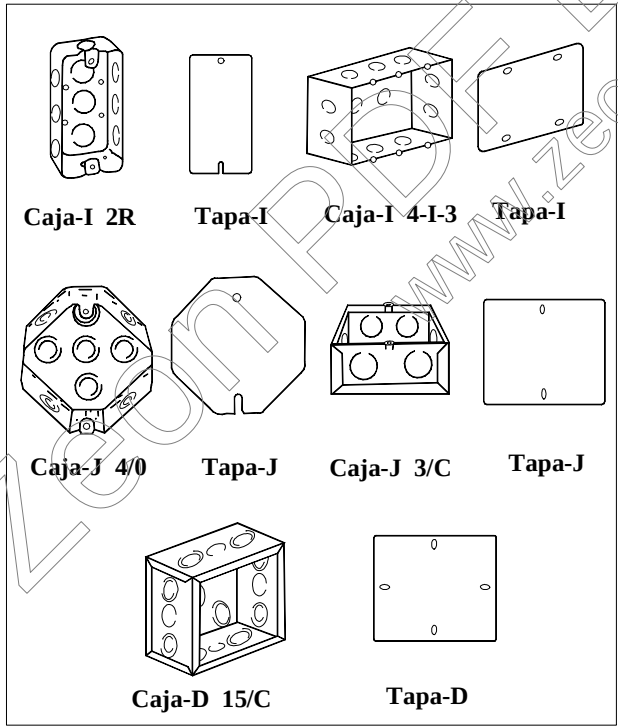
- a) Ordinario
- b) A prueba de polvo y vapor
- c) A prueba de explosión

Las formas de condulets son muy variadas a objeto de escoger según las necesidades de la instalación, que son complementadas con sus tapas que pueden ser:

- De paso:
 - De acoplamiento directo al tubo:
 - De contacto:
- Tapa ciega
 - Tapa con niple hembra
 - Tapa de contacto doble o sencillo

Ejemplos de accesorios para canalización de FEMCO:

Esquema 7.1
Tipo de cajas



Esquema 7.2
Tipo de tubos, codos o curvas
conectores, boquillas y abrazaderas

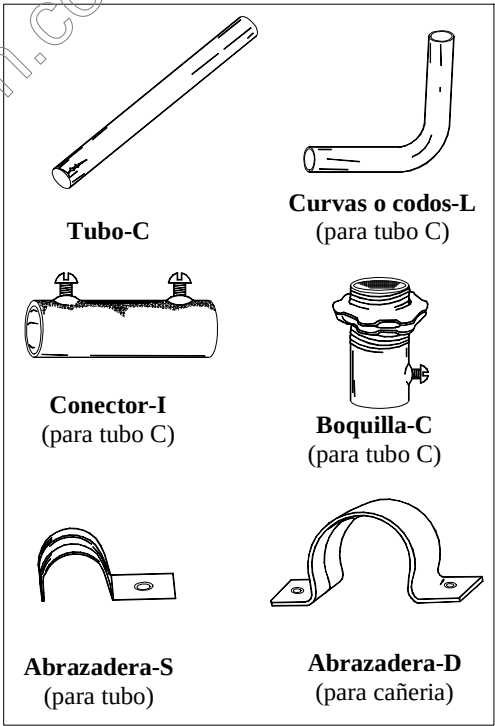


Tabla 7.2
Tipo y dimensiones de cajas, tubos, codos, conectores, boquillas, abrazaderas, molduras, cableductos y cablecanales

Modelo o tipo	Descripción	Dimensiones
Caja-I	2/R Rectangular semipesado (embutida cincado)	0.6 mm, 4x5.5x10 cm
Caja-I	2/R Rectangular pesado (embutida dorado)	0.75 mm, 4x5.5x10 cm
Caja-I	2/R Rectangular especial (p/ Lab. soldada cincado)	0.75 mm, 4x6.5x12 cm
Caja-I	2/R Rectangular extra pesado (soldada cincado)	1.5 mm, 4x6.5x10 cm
Tapa-I	P/ caja 2/R universal (cincado)	6.5x11 cm
Caja-I	4-I-2 Rectangular (soldada cincado)	0.6 mm, 5.5x8.5x10 cm
Tapa-I	P/ caja 4-I-2 (cincado)	9.5x11.5 cm
Caja-I	4-I-3 Rectangular (soldada cincado)	0.6 mm, 5.5x8.5x15 cm
Tapa-I	P/ caja 4-I-3 (cincado)	9.5x16.5 cm
Caja-I	4-I-4 Rectangular (soldada cincado)	0.6 mm, 5.5x8.5x20 cm
Tapa-I	P/ caja 4-I-4 (cincado)	9.5x21 cm
Caja-I	4-I-5 Rectangular (soldada cincado)	0.6 mm, 5.5x8.5x25 cm
Tapa-I	P/ caja 4-I-5 (cincado)	9.5x26.5 cm
Caja-I	4-I-6 Rectangular (soldada cincado)	0.6 mm, 5.5x8.5x30 cm
Tapa-I	P/ caja 4-I-6 (cincado)	9.5x31 cm
Caja-I	4-I-7 Rectangular (soldada cincado)	0.6 mm, 5.5x8.5x35 cm
Tapa-I	P/ caja 4-I-7 (cincado)	9.5x36 cm
Caja-I	4-I-8 Rectangular (soldada cincado)	0.6 mm, 5.5x8.5x40 cm
Tapa-I	P/ caja 4-I-8 (cincado)	9.5x41 cm
Caja-I	4-I-9 Rectangular (soldada cincado)	0.6 mm, 5.5x8.5x45 cm
Tapa-I	P/ caja 4-I-9 (cincado)	9.5x46 cm
Caja-J	3/0 octogonal (embutida cincado)	0.6 mm, 4x8.5x8.5 cm
Tapa-J	P/ caja 3/0 (cincado)	9.5x9.5 cm
Caja-J	4/0 octogonal semipesado (embutida cincado)	0.6 mm, 4x10x10 cm
Caja-J	4/0 octogonal pesado (embutida dorada)	0.75 mm, 4x10x10 cm
Tapa-J	P/ caja 4/0 universal (cincado)	10.5x10.5 cm
Caja-J	3/C cuadrada (soldada cincada)	4x7x8 cm
Tapa-J	P/ caja 3/C (cincado)	8.5x9.5 cm
Caja-J	4/C cuadrada (soldada cincada)	4x9.5x10 cm
Caja-J	4/CP cuadrada profunda (soldada cincada)	5.5x9.5x10 cm
Tapa-J	P/ caja 4/C, 4/CP (cincado)	10.5x11.5 cm
Caja-J	5/CP cuadrada profunda (soldada cincada)	5.5x12x12 cm
Tapa-J	P/ caja 5/CP (cincado)	13x13 cm
Caja-D	12/R rectangular (dorada)	1 mm, 7.5x11.5x23 cm
Tapa-D	P/ caja 12/R (cincado)	13.5x25 cm
Caja-D	15/R rectangular (dorada)	1.5 mm, 7.5x15x30 cm
Tapa-D	P/ caja 15/R (cincado)	17x33 cm
Caja-D	15/C cuadrada (dorada)	1 mm, 7.5x10x10 cm
Tapa-D	P/ caja 15/C (cincado)	17x17 cm
Caja-D	20/C cuadrada (dorada)	1.5 mm, 10x20x20 cm
Caja-D	20/CP cuadrada profunda (dorada)	15x20x20 cm
Tapa-D	P/ caja 20/CP (cincado)	22x22 cm
Caja-D	25/C cuadrada (dorada)	1.5 mm, 10x25x25 cm
Tapa-D	P/ caja 25/C (cincado)	27.5x27.5 cm
Caja-D	30/C cuadrada (dorada)	1.5 mm, 10x30x30 cm
Caja-D	30/CP cuadrada profunda (dorada)	15x30x30 cm
Tapa-D	P/ caja 30/C, 30/CP (cincado)	32.1x32.6 cm
Caja-D	45/CP cuadrada profunda (dorada)	15x45x45 cm
Tapa-D	P/ caja 45/CP (cincado)	47x47 cm
Caja-D	60/CP cuadrada profunda (dorada)	15x60x60 cm
Tapa-D	P/ caja 60/CP (c/ puerta y seguro 1/2 vuelta BEIGE)	63x63 cm

(Continuación a la tabla 7.2)

Modelo o tipo	Descripción	Dimensiones
Tubo-C	Conduit (cincado)	10 mm diámetro interior, pared 1 mm, 3 mts
Tubo-C	Conduit (cincado)	13 mm diámetro interior, pared 1 mm, 3 mts
Tubo-C	Conduit (cincado)	16 mm diámetro interior, pared 1 mm, 3 mts
Tubo-C	Conduit (cincado)	19 mm diámetro interior, pared 1 mm, 3 mts
Tubo-C	Conduit (cincado)	22 mm diámetro interior, pared 1 mm, 3 mts
Tubo-C	Conduit (cincado)	25 mm diámetro interior, pared 1 mm, 3 mts
Tubo-C	Conduit (cincado)	35 mm diámetro interior, pared 1 mm, 3 mts
Tubo-C	Conduit (cincado)	41 mm diámetro interior, pared 1 mm, 3 mts
Tubo-C	Conduit (cincado)	48 mm diámetro interior, pared 1 mm, 3 mts
Curva L	P/ tubo-C (cincado)	10 mm diámetro interior, pared 1 mm, 1.3x10x12 cm
Curva L	P/ tubo-C (cincado)	13 mm diámetro interior, pared 1 mm, 1.6x12.5x14 cm
Curva L	P/ tubo-C (cincado)	16 mm diámetro interior, pared 1 mm, 1.9x14x15 cm
Curva L	P/ tubo-C (cincado)	19 mm diámetro interior, pared 1 mm, 2.1x14.5x15.5 cm
Curva L	P/ tubo-C (cincado)	22 mm diámetro interior, pared 1 mm, 2.2x15x15 cm
Curva L	P/ tubo-C (cincado)	25 mm diámetro interior, pared 1 mm, 2.8x17x19 cm
Curva L	P/ tubo-C (cincado)	35 mm diámetro interior, pared 1 mm, 3.8x24x24 cm
Curva L	P/ tubo-C (cincado)	41 mm diámetro interior, pared 1 mm, 4.4x20x25.5 cm
Curva L	P/ tubo-C (cincado)	48 mm diámetro interior, pared 1 mm, 5.1x23.5x25 cm
Conector-T	P/ tubo-C (cincado)	10 mm diámetro interior, pared 1 mm, 1.6x4.5 cm
Conector-T	P/ tubo-C (cincado)	13 mm diámetro interior, pared 1 mm, 1.9x5 cm
Conector-T	P/ tubo-C (cincado)	16 mm diámetro interior, pared 1 mm, 2.2x5 cm
Conector-T	P/ tubo-C (cincado)	19 mm diámetro interior, pared 1 mm, 2.5x5.5 cm
Conector-T	P/ tubo-C (cincado)	22 mm diámetro interior, pared 1 mm, 3.2x5.5 cm
Conector-T	P/ tubo-C (cincado)	25 mm diámetro interior, pared 1 mm, 3.5x5.5 cm
Conector-T	P/ tubo-C (aluminio fundido)	35 mm diám. interior, 4.4 cm diám. exterior, H = 9 cm
Conector-T	P/ tubo-C (aluminio fundido)	41 mm diám. interior, 5.3 cm diám. exterior, H = 11.4 cm
Conector-T	P/ tubo-C (aluminio fundido)	48 mm diám. interior, 5.4 cm diám. exterior, H = 11.4 cm
Boquilla-C	P/ tubo-C (cincado)	10 mm diámetro interior, pared 1 mm, 1.6x3.5 cm
Boquilla-C	P/ tubo-C (cincado)	13 mm diámetro interior, pared 1 mm, 1.9x3.5 cm
Boquilla-C	P/ tubo-C (cincado)	16 mm diámetro interior, pared 1 mm, 2.1x3.5 cm
Boquilla-C	P/ tubo-C (cincado)	19 mm diámetro interior, pared 1 mm, 2.5x4.5 cm
Boquilla-C	P/ tubo-C (cincado)	22 mm diámetro interior, pared 1 mm, 2.8x5 cm
Boquilla-C	P/ tubo-C (cincado)	25 mm diámetro interior, pared 1 mm, 3.5x5 cm
Boquilla-C	P/ tubo-C (aluminio fundido)	35 mm diám. interior, 4.4 cm diám. exterior, H = 4.5 cm
Boquilla-C	P/ tubo-C (aluminio fundido)	41 mm diám. interior, 5.2 cm diám. exterior, H = 5.6 cm
Boquilla-C	P/ tubo-C (aluminio fundido)	48 mm diám. interior, 5.4 cm diám. exterior, H = 5.6 cm
Abrazadera S	P/ tubo-C (cincado)	10 mm, diámetro exterior 13 mm, 1 oreja 1.4x1.9x3.3 cm
Abrazadera S	P/ tubo-C (cincado)	13/16 mm, diámetro exterior 16/19 mm, 1 oreja 1.7x1.9x3.8 cm
Abrazadera S	P/ tubo-C (cincado)	19/22 mm, diámetro exterior 22/25 mm, 1 oreja 2x2.3x4.7 cm
Abrazadera S	P/ tubo-C (cincado)	25 mm, diámetro exterior 28 mm, cant.1 1/4”, 1 oreja 2x2.9x5.3 cm
Abrazadera S	P/ tubo-C (cincado)	35 mm, diámetro exterior 38 mm, 1 oreja 2x3.9x6.3 cm
Abrazadera D	P/ tubo-C (cincado)	41 mm, diámetro exterior 44 mm, 2 oreja 2x4.2x10.8 cm
Abrazadera D	P/ tubo-C (cincado)	48 mm, diám. exterior 51 mm, cant.1 1/2”, 2 oreja 2x4.9x1 cm
Abrazadera D	P/ cañería de 2” (cincado)	diámetro exterior 61 mm, 2 oreja 3x5.9x14.5 cm
Abrazadera D	P/ cañería de 2 1/2” (cincado)	diámetro exterior 77 mm, 2 oreja 3x7.5x16.1 cm

CAPITULO 8

SISTEMAS DE INSTALACION

Zeon PDF Driver
www.zeon.com.tw

CAPITULO 8

SISTEMAS DE INSTALACION

8.1 CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DE INSTALACION

Los principales sistemas de instalación de los conductores que puedan formar parte de una canalización fija son:

- Conductores aislados colocados sobre aisladores
- Conductores aislados en tubos protectores
- Conductores aislados instalados en zanjás
- Conductores aislados instalados en bandejas
- Conductores aislados tendidos en electroductos
- Conductores aislados enterrados
- Instalaciones preformadas

Las canalizaciones móviles y amovibles, pueden estar constituidas por:

- Conductores aislados sin fijación alguna
- Conductores aislados fijados por medio de ataduras aislantes.

8.2 CANALIZACIONES CON CONDUCTORES AISLADOS SOBRE AISLADORES

Estas instalaciones se utilizarán únicamente cuando los conductores no estén expuestos a deterioros por riesgo mecánico, debiendo situarse a una distancia del suelo no inferior a 2.5 metros.

Los conductores utilizados serán de tensión nominal de aislamiento no inferior a 600 voltios. Para su instalación se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

- Los conductores se tensarán en forma que el coeficiente de seguridad no sea inferior a 3, no considerando el aislamiento, a estos efectos, como elemento resistente.
- La distancia entre aisladores consecutivos, será tal que los conductores no puedan entrar en contacto entre sí, con las paredes, muros, techos o cualquier otro objeto próximo a ellos. Estas distancias serán, como máximo de: 2.0 metros para conductores de cobre colocados horizontalmente o verticalmente. Pueden admitirse, en caso necesario, distancias mayores de las indicadas cuando, sin inconveniente alguno, pueda aumentarse la flecha alcanzada por los conductores.
- La distancia entre conductores de polaridades diferentes será, como mínimo, de 1.5 centímetros en locales o emplazamientos secos, y de 3 centímetros en otros locales o emplazamientos.
- La distancia entre los conductores y las paredes, muros o cualquier otro objeto próximo, no será inferior a 1 centímetro en locales o emplazamientos secos y de 5 centímetros cuando se trate de otros locales o emplazamientos.
- Las derivaciones se efectuarán en la proximidad inmediata a uno de los soportes de la canalización y no originarán tracción mecánica sobre la misma.
- Todos los empalmes o derivaciones deberán aislarse. El aislamiento se efectuará disponiendo sobre las mismas varias capas de cinta aislante adecuadas al aislamiento de los conductores, y que ofrezcan en conjunto un espesor equivalente al de este aislamiento.

8.3 CANALIZACIONES CON CONDUCTORES AISLADOS EN TUBOS PROTECTORES

8.3.1 Clases de Tubos y Protectores

- En este tipo de instalaciones, se pueden usar las siguientes clases de tubos:
- a) Tubos metálicos rígidos blindados, normalmente de acero, de aleación de aluminio y magnesio, de zinc o de sus aleaciones. Estos tubos son estancos y no propagadores de la llama. Según su resistencia mecánica se clasifican en pesados, semipesados y livianos.
 - b) Tubos aislantes rígidos normales curvables en caliente, fabricados con un material aislante, generalmente policloruro de vinilo o polietileno. Estos tubos son estancos y no propagadores de la llama. Según su resistencia mecánica se clasifican en pesados y livianos.
 - c) Tubos aislantes flexibles normales, que pueden curvarse con las manos.
 - d) Tubos metálicos flexibles constituidos por una cubierta metálica con un fileteado especial para poder curvar el tubo con las manos. Pueden ser normales o estancos.

Los tubos deberán soportar, como mínimo, sin deformación alguna, 60 grados centígrados para los tubos aislantes constituidos por policloruro de vinilo o polietileno.

Este tipo de canalización podrá colocarse directamente sobre las paredes o techos, en montaje superficial, o bien empotrada en los mismos.

Los conductores utilizados, serán de tensión nominal no inferior a 600 voltios.

Los tubos se elegirán, en cada caso teniendo en cuenta las acciones a que han de estar sometidos, las condiciones de su puesta en obra y las características del local donde la instalación se efectúe.

Dentro de los tubos protectores sólo deben ser instalados cables aislados.

El diámetro externo de los tubos protectores debe ser igual o superior a 16 mm.

Los tubos protectores deben ser firmemente fijados a una distancia de máximo 1 metro de cada caja de derivación o dispositivo. Las distancias máximas, entre elementos de fijación se indica en las Tablas 8.1 y 8.2

Tabla 8.1
Distancia máxima entre elementos de fijación de tubos protectores rígidos metálicos

Tamaño del tubo protector (en pulgadas)	Distancia máxima entre elementos de fijación de tubos protectores metálicos (m)
1/2 - 3/4	3.00
1	3.70
1 1/4 - 1 1/2	4.30
2 - 2 1/2	4.80
mayor o igual a 3	6.00

Tabla 8.2
Distancia máxima entre elementos de fijación de tubos protectores rígidos aislados

Diámetro nominal del tubo protector (mm)	Distancia máxima entre elementos de fijación de tubos protectores aislados (m)
16 - 32	0.90
40 - 60	1.50
75 - 85	1.80

- Las dimensiones interiores de los tubos protectores y sus accesorios de acoplamiento, las longitudes entre puntos de jalado y el número de curvas, deben ser tales que los cables aislados destinados a ser protegidos puedan ser fácilmente colocados o retirados, después de la instalación de los tubos protectores. Para que esta exigencia sea atendida es necesario que:
- a) El área de la sección transversal interna de los tubos protectores ocupados por los cables aislados, esté de acuerdo con la Tabla 8.3.
 - b) La máxima longitud rectilínea permitida sin uso de cajas de derivación o inspección es de 15 metros, en tramos con cambio de dirección, este valor debe ser reducido en 3 metros por cada curva de 90 grados.

Tabla 8.3
Tasa máxima de ocupación de los tubos protectores por cables aislados

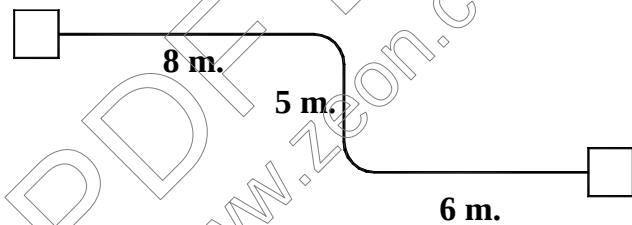
Número de cables aislados	Tasa máxima de ocupación	
	Cables sin cubierta de plomo	Cables con cubierta de plomo
1	0.53	0.55
2	0.31	0.30
3	0.40	0.40
4	0.40	0.38
mas de 4	0.40	0.35

Cuando un ramal de tubo protector pasa obligatoriamente a través de áreas inaccesibles, impidiendo así el empleo de cajas de derivación, esta distancia debe ser aumentada siempre que se proceda de la siguiente forma:

- Se calcula la distancia máxima permisible (tomándose en cuenta el número de curvas de 90 grados necesarias).
- Para cada 6 m., o fracción, de aumento en la distancia, se utiliza un tubo protector de diámetro o tamaño nominal inmediatamente superior al tubo protector que normalmente sería empleado para el número y tipo de los conductores.

En cada tramo de canalización entre dos cajas, entre extremidades o entre extremidades y caja, pueden ser previstas como máximo 2 curvas o codos de 90 grados o su equivalente pero como máximo de 180 grados. En ningún caso deben ser previstas curvas con deflexión mayor de 90 grados.

Ejemplos:



La longitud total es de 19 m, más 2 curvas de 90° equivalente cada una a 3 m, hacen en total:

de donde resulta:
luego

$$19 + 3 + 3 = 25$$
$$25 - 15 = 10$$
$$10/6 = 1.6 \cong 2$$

Si el tubo originalmente dimensionado es de 1” se debe incrementar dos medidas comerciales, es decir:

$$1/2", \textcircled{1"}, 1\ 1/2", \textcircled{2"}, 2\ 1/2", 3"$$

Se adopta un tubo de 2”.

Las curvas o codos, deben ser hechas de tal forma que no exista una reducción efectiva del diámetro interno del tubo. Además, el radio interno de cualquier curva o codo debe estar de acuerdo con las Tablas 8.4 y 8.5.

Tabla 8.4
Radio mínimo del lado interno de curvas
en tubos protectores rígidos metálicos

Tamaño nominal del tubo protector (en pulgadas)	Radio mínimo (cm)	
	Tubo protector con cables sin cubierta de plomo	Tubo protector con cables con cubierta de plomo
1/2	10	15
3/4	13	20
1	15	28
1 1/4	20	35
1 1/2	25	41
2	30	53
2 1/2	38	63
3	46	79
3 1/2	53	91
4	61	102
4 1/2	69	114
5	76	127
6	91	155

Tabla 8.5
Radio mínimo del lado interno de curvas
en tubos protectores rígidos aislantes

Diámetro nominal del tubo protector (mm)	Radio mínimo (cm)	
	Tubo protector con cables sin cubierta de plomo	Tubo protector con cables con cubierta de plomo
20	10	15
25	13	20
32	15	28
40	20	35
50	25	41
60	30	53
75	38	63
85	46	79

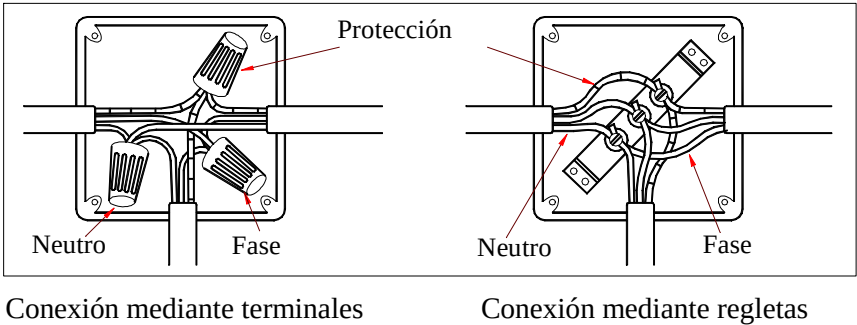
Deben ser empleadas cajas de derivación en:

- a) Todos los puntos de entrada o salida de los conductores de la canalización, excepto en los puntos de transición o pasaje de líneas abiertas para líneas en electroductos, las cuales en estos casos, deben ser rematados con terminales.
- b) Todos los puntos de empalme o derivación de conductores.
- c) Para dividir la canalización en trechos no mayores a 15 m.

Las cajas deben ser colocadas en lugares fácilmente accesibles y ser provistas de tapas. Las cajas que contienen interruptores tomas y similares, deben ser cerradas por las placas que completan la instalación de los dispositivos; las cajas de salida para alimentación de aparatos pueden ser selladas por las placas destinadas a fijación de los mismos aparatos.

Los conductores deben formar trechos continuos entre las cajas de derivación, los empalmes o derivaciones deben estar colocadas dentro de las cajas. Conductores empalmados cuyo aislamiento haya sido dañado o reemplazado con cinta aislante u otro material, no deben ser introducidos en los tubos protectores. Los conductores preferentemente deben unirse con bornes (terminales) o regletas de conexión de la sección que corresponda con la de los conductores a unir, y evitarse en lo posible el entorchado y aislamiento posterior ver Esquema 8.1.

Esquema 8.1
Conexión mediante terminal y regleta



Los tubos protectores embutidos en concreto armado, deben ser colocados de modo que evite su deformación durante el vaciado, debiendo ser selladas las cajas y bocas de los tubos protectores con piezas apropiadas para impedir la entrada de argamasa o concreto durante el vaciado.

Las juntas de tubos protectores embutidos, deben ser efectuadas con auxilio de accesorios estancos en relación a los materiales de construcción.

Los tubos protectores sólo deben ser cortados perpendicularmente a su eje. Debe ser retirada toda rebarba susceptible de dañar la aislación de los conductores.

Las juntas de dilatación, los electroductos rígidos deben ser seccionados, debiendo ser mantenidas las características necesarias a su utilización (por ejemplo, en caso de tubos protectores metálicos, la continuidad eléctrica debe ser siempre mantenida).

Cuando sea necesario, los tubos protectores rígidos aislantes deben ser provistos de juntas de expansión para compensar las variaciones térmicas.

Los conductores solamente deben ser colocados, después de estar completamente terminada la canalización de tubos protectores y concluido todos los servicios de construcción que los puedan dañar. El cableado sólo debe ser iniciado después de que el conducto esté perfectamente limpio.

Para facilitar el cableado de los conductores pueden ser utilizados:

- a) Guías de empujamiento que, sólo deben ser introducidas en el momento del cableado de los conductores y no durante la ejecución de los conductos.
- b) Talco, parafina u otros lubricantes que no perjudiquen la aislación de los cables.

8.3.2 Diámetro de los tubos y número de conductores por cada uno de ellos

En las Tablas 8.6 y 8.7 figuran los diámetros interiores nominales mínimos para los tubos protectores en función del número, clase y sección de los conductores que han de alojar, según el sistema de instalación y clase de los tubos.

8.3.3 Reunión de conductores en una cubierta de protección común

Para la instalación de circuitos en tubos o cubiertas de protección común, se tendrá en cuenta:

- a) Un tubo o cubierta protectora solo contendrá, en general conductores de un mismo y único circuito.
- b) Un tubo o cubierta protectora podrá contener conductores pertenecientes a circuitos diferentes si se cumplen simultáneamente las condiciones siguientes:
 - Todos los conductores estarán igualmente aislados para la máxima tensión de servicio.
 - Cada circuito estará protegido por separado contra las sobreintensidades.

Las prescripciones particulares para las instalaciones en locales de pública concurrencia, locales con riesgo de incendio o explosión y las de otros de características especiales, señalan para cada uno de ellos las limitaciones para este tipo de canalizaciones.

Estas instalaciones podrán ser proyectadas con conducto rígido de PVC, de hierro esmaltado o galvanizado.

Tabla 8.6
Número máximo de conductores aislados permisibles de instalar en un mismo tubo protector rígido metálico

Diámetro nominal externo	(")	5/8			3/4			1			1 1/4			1 1/2			2			2 1/2			3 1/4			3 1/2			4			5			6		
	(mm)	15			20			25			32			40			50			65			80			90			100			125			150		
Aislamiento		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C			
Sección (mm²)	AWG MCM	Número máximo de conductores																																			
2.0	14	8	3	6	15	5	10	24	8	17	43	15	30	58	21	41																					
3.3	12	6	2	4	11	4	8	19	7	13	32	12	23	44	17	32	74																				
5.2	10	3	2	3	6	3	5	10	6	9	18	10	16	25	14	21	41	24																			
8.3	8	2	1	2	3	3	4	6	4	6	10	8	11	14	11	16	24	18	26	34	26	37															
13.3	6	1	1	1	2	2	3	4	3	5	7	5	8	9	8	11	15	13	19	22	18	27	35	29	43												
21.1	4	1		1	1	1	2	3	2	3	5	3	6	7	5	6	12	8	14	17	12	20	26	19	31	35	25										
33.6	2				1	1	1	2	1	2	3	3	4	5	4	6	8	6	10	11	9	14	18	14	22	24	19	30									
53.4	1/0				1		1	1	1	2	2	2	3	3	3	5	6	5	8	9	8	12	14	13	19	19	17	26	24	22							
67.4	2/0						1	1	1	1	2	2	3	3	2	4	5	4	6	7	6	9	11	10	15	15	13	20	19	17	25						
85.0	3/0							1		1	1	1	2	2	2	3	4	3	5	5	5	7	8	8	11	12	11	15	15	14	20	24					
107.0	4/0									1	1	1	1	1	1	2	3	3	4	4	4	5	7	6	9	9	9	12	12	11	15	19	18				
127.0	250										1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	5	5	7	7	6	10	10	8	13	15	14	20			
152.0/177.0	300/350										1		1	1	1	1	2	1	2	3	2	4	4	4	6	6	5	8	8	7	11	13	11	17			
203.0	400												1	1	1	1	1	2	2	2	3	4	3	5	5	4	6	6	6	8	11	9	14				
253.0/304.0	500/600														1	1	1	1	2	1	2	3	2	4	4	3	5	5	5	6	8	7	11				
354.0/380.0	700/750															1		1	1	1	1	2	2	2	3	2	3	4	3	4	6	5	7				
405.0/456.0	800/900																1	1	1	1	1	2	1	2	2	2	3	3	3	3	5	4	6				
505.0	1000																		1		1	1	1	1	2	1	2	2	2	3	4	3	4				

A = Termoplástico 60° C (cloruro de polivinilo PVC)

B = Termoplástico 70° C con capa (polietileno termoplástico)

C = Termofijo 90° C (polietileno reticulado)

Tabla 8.7
Número máximo de conductores aislados permisibles de instalar en un mismo electroducto rígido de PVC

Diámetro nominal externo	(")	5/8			3/4			1			1 1/4			1 1/2			2			2 1/2			3			3 1/2		
	(mm)	15			20			25			32			40			50			60			75			85		
Aislamiento		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Sección (mm ²)	AWG MCM	Número máximo de conductores																										
2.0	14	5	2	3	9	3	6	10	5	15	25	9	17	42	15	30												
3.3	12	4	1	3	6	2	5	8	4	11	19	7	13	32	12	23	42	16	30	67	16	48						
5.2	10	2	1	2	3	2	3	5	3	6	10	6	9	18	10	16	23	13	20	37	22	32	61					
8.3	8	1	1	1	2	1	2	4	2	3	6	4	6	10	8	11	13	10	15	21	17	24	35	28				
13.3	6				1	1	1	3	2	2	4	3	5	7	5	8	9	7	11	14	12	17	23	19	29			
21.1	4				1		1	2	1	1	3	2	3	5	3	6	6	5	8	10	8	13	17	13	21	24		
33.6	2							1	1	1	2	1	2	3	3	4	4	3	5	7	6	9	12	10	15	17	14	
53.4	1/0							1		1	1	1	2	2	2	3	3	3	5	5	5	8	9	8	13	13	12	18
67.4	2/0							1			1	1	1	2	2	3	2	2	3	4	4	6	7	6	10	10	9	14
85.0	3/0										1		1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	6	5	8	8	7	11
107.0	4/0											1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	4	4	6	6	6	8	
127.0	250													1	1	1	1	1	1	2	2	3	3	3	5	5	4	7
152.0/177.0	300/350															1	1	1	1	2	1	2	3	2	4	4	4	6
203.0	400															1	1		1	1	1	2	2	2	3	3	3	4
253.0/304.0	500/600																			1	1	1	1	2	2	2	3	
354.0/380.0	700/750																			1	1	1	1	1	2	1	2	
405.0/456.0	800/900																					1	1	1	1	1	1	2
505.0	1000																						1	1	1	1	1	

A = Termoplástico 60° C (cloruro de polivinilo PVC)

B = Termoplástico 70° C con capa (polietileno termoplástico)

C = Termofijo 90° C (polietileno reticulado)

8.3.4 Prescripciones generales para el montaje de tubos

El tipo de tubo a utilizarse se elegirá de acuerdo a los requerimientos de la instalación.

8.3.4.1 Trazado de las canalizaciones y colocado de tubos

Para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrán en cuenta las prescripciones generales siguientes:

- a) El trazado de las canalizaciones, se hará siguiendo preferentemente líneas paralelas a las verticales y horizontales que limitan el local donde se efectúa la instalación ver Esquema 8.3.
- b) Los tubos se unirán entre sí, mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.

Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente, podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se desee una unión estanca.

- c) Para curvar tubos metálicos rígidos blindados con o sin aislamiento interior, se emplearán herramientas apropiadas al diámetro de los tubos. Se deberán desechar los tubos doblados que presenten pliegues o resquebrajaduras que comprometan la seguridad y la aislación de los conductores.
- d) Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos, después de colocados y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello las cajas de registro que se consideren convenientes.
- e) Las conexiones entre conductores, se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante o, si son metálicas, protegidas contra la corrosión. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas adecuadas.

Para que no pueda ser destruido el aislamiento de los conductores por su roce con los bordes libres de los tubos, los extremos de éstos, cuando sean metálicos y penetren en una caja de conexión o aparato, estarán provistos de boquillas con bordes redondeados o dispositivos equivalentes o bien convenientemente mecanizados y si se trata de tubos metálicos con aislamiento interior, este último sobresaldrá unos milímetros de su cubierta metálica.

- f) Cuando los tubos estén constituidos por materias susceptibles de oxidación y cuando hayan recibido durante el curso de su montaje algún trabajo de mecanización (atarrajado, curvado, etc.) se aplicará a las partes mecanizadas pinturas antioxidantes.

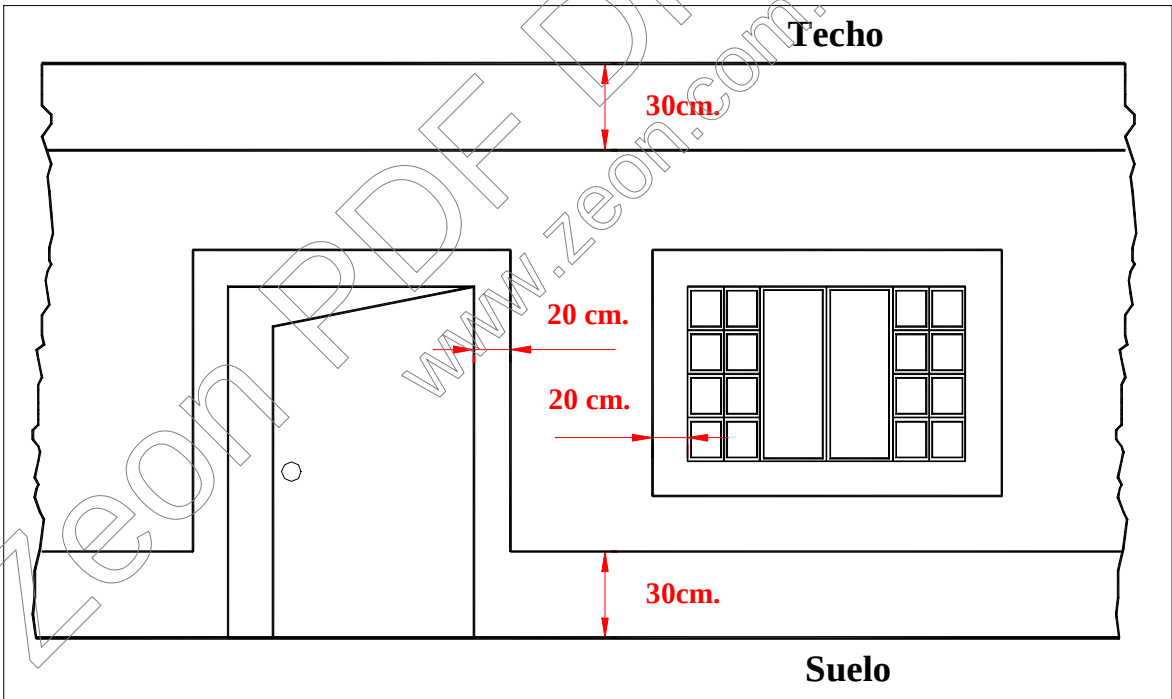
Igualmente, en el caso de utilizar tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta las posibilidades de que se produzcan condensaciones de agua en el interior de los mismos, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación y se preverá la evacuación del agua en los puntos más bajos de ellas e incluso, si fuera necesario, estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado como puede ser, por ejemplo, el empleo de una “T” cuando uno de los brazos no se emplea.

- g) Cuando los tubos metálicos deban ponerse a tierra, su continuidad eléctrica quedará convenientemente asegurada. En el caso de utilizar tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.
- h) No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de neutro.

- i) En los cruces de los tubos rígidos con las juntas de dilatación de un edificio deberán interrumpirse los tubos, quedando los extremos de los mismos separados entre sí unos 5 cm, para empalmarse posteriormente con un manguito deslizante que tenga una longitud mínima de 20 cm.
- j) Si los tubos van empotrados, se admite la instalación de tubos normales cuando su colocación en obra se efectuó, después de terminados los trabajos de construcción y enfoscado de paredes y techos, pudiendo aplicarse el enlucido posteriormente.
- k) Los tubos blindados podrán instalarse antes de terminar la construcción de la pared o techo que los han de alojar, siendo necesarios en estos casos fijar bien los tubos, de forma que no puedan desplazarse durante los trabajos posteriores de la construcción.
- l) Entre el forjado y revestimiento, no se pueden colocar tubos destinados a la instalación eléctrica de plantas inferiores.
- m) Para la instalación eléctrica de la propia planta se podrán disponer tubos, siempre que sean blindados, entre el forjado y el revestimiento.

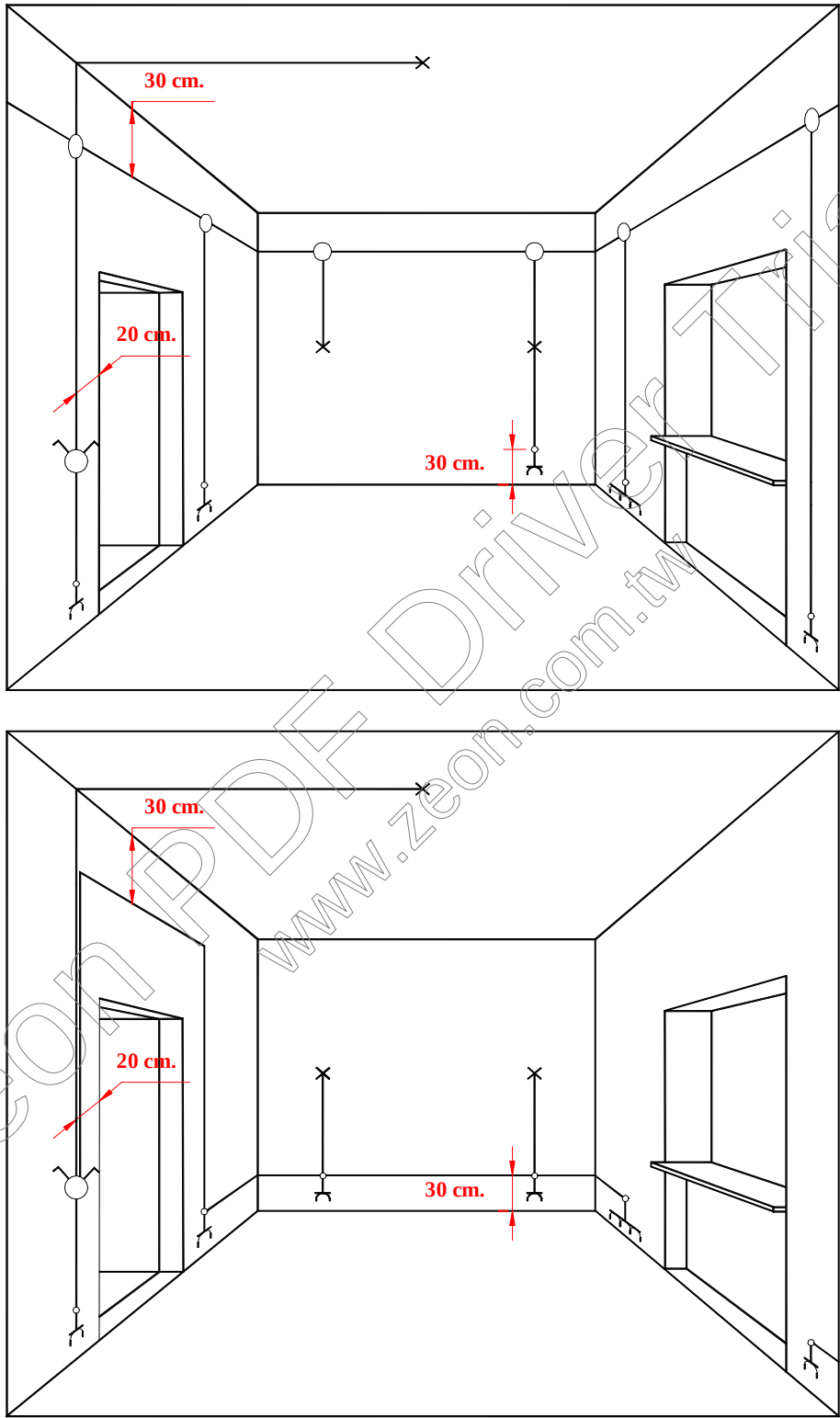
Es conveniente ubicar los tubos normales empotrados en paredes, de tal forma que los recorridos verticales estén a 30 cm, como máximo, del suelo o techo y a 20 cm, como máximo, en recorridos verticales de los ángulos o esquinas.

Esquema 8.2
Espacios para tubos protectores empotrados



La Tabla 8.8 recoge las condiciones para la instalación de tubos protectores en el interior de elementos de construcción.

Esquema 8.3
Tendido con cajas de derivación



8.3.4.2 Montaje superficial de los tubos

Cuando los tubos se coloquen en montaje superficial se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- a) Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte de los cambios de dirección y de los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.
- b) Los tubos se colocarán adaptándolos a la superficie sobre la que se instalan, curvándolos o usando los accesorios necesarios.
- c) En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo con respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 %.
- d) Es conveniente disponer los tubos normales, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2.50 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

8.3.4.3 Montaje empotrado

Cuando los tubos se coloquen empotrados, se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- a) La instalación de tubos normales, será admisible cuando su puesta en obra se efectúe después de terminados los trabajos de construcción y de calado de paredes y techos, pudiendo el enlucido de los mismos aplicarse posteriormente.
- b) Los tubos blindados podrán colocarse antes de terminar la construcción de la pared o techo que los ha de alojar, siendo necesario en este caso, fijar los tubos de forma que no puedan desplazarse durante los trabajos posteriores de la construcción.
En cualquier caso, el picado de las acanaladuras no pondrán en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de los calados serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 centímetro de espesor, como mínimo, del revestimiento de las paredes o techos. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0.5 centímetros.
- c) En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o cajas tipo “T” apropiados, pero en este último caso sólo se admitirán los provistos de tapas de registro.
- d) Las tapas de las cajas de registro y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Las cajas quedarán enrasadas con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo acabado.

Igualmente, en el caso de utilizar tubos normales empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 30 centímetros, como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 centímetros.

8.3.5 Instalaciones en ducto rígido de P.V.C.

Se aceptarán instalaciones en ducto rígido de P.V.C.:

- a) En paredes o cielos falsos, donde no haya riesgo de daño mecánico, humedad, ni peligro de incendios o explosiones.
- b) En ambientes corrosivos donde no sea aceptable la instalación de ductos metálicos. En estos casos los ductos de PVC deberán ser de pared gruesa, roscados y hermetizados. Esta misma exigencia es aplicable en instalaciones húmedas o sujetas a salpicaduras, chorros de agua, etc. donde por alguna razón no se puedan utilizar ductos metálicos roscados.

- c) En instalaciones en las que el Proyectista asegure la continuidad de puesta a tierra de elementos de la instalación por medios seguros y confiables.
- d) En instalaciones del tipo mencionado en 8.2 para partes de la instalación donde los conductores deben empotrarse para bajar de cielos falsos hacia los puntos de utilización o de maniobra.

Todos los accesorios de una instalación del tipo mencionado en 8.3.5 deberán ser de PVC o metálicos. No se aceptarán cajas de madera.

8.3.6 Instalaciones en ductos metálicos

Se exigirá la utilización de ductos metálicos del tipo liviano, semipesado o pesado, en las siguientes instalaciones en particular:

- a) Donde la instalación debe ser empotrada en paredes portantes, columnas, vigas, losas y otros componentes de hormigón de cualquier tipo y de cualquier construcción.
- b) Cuando la instalación en ducto debe ir enterrada en terreno húmedo y sujeto a daños mecánicos accidentales. En estos casos, además, la instalación debe ser proyectada con ductos galvanizados, roscados y herméticos. Si se adoptan medidas que aseguren la protección mecánica a toda la instalación enterrada, se podrá aceptar el uso de ductos de PVC de pared gruesa, de tipo roscado, hermético.
- c) Instalaciones de tipo industrial donde los ductos vayan expuestos, ya sean colgados o adosados a paredes, losas, vigas, estructuras, etc.
- d) En casos de ductos que deben empotrarse en hormigón, sólo se aceptaran materiales con tratamiento superficial que aseguren que no se oxide el ducto.
- e) Específicamente en proyectos de instalaciones eléctricas de lecherías, lavaderos, fábricas de conservas, garajes y estaciones de servicio, frigoríficos, áreas donde las paredes o pisos se laven frecuentemente, además de otros que se mencionen en otros capítulos de este texto (instalaciones de fuerza motriz de comunicaciones, de rayos X, en “lugares peligrosos”, etc).

8.3.7 Instalaciones en ducto flexible

Se aceptarán instalaciones en ducto flexible, en lugares en los que no se deba permitir que una instalación rígida reciba vibraciones, haciendo el ducto flexible de medio de aislación de vibraciones mecánicas.

Los ductos flexibles aceptados podrán ser de PVC, de acero galvanizado o de aluminio, siempre que cumplan con lo establecido, para ductos rígidos, en el párrafo 8.3.5 incluyendo que tanto los accesorios como el resto de la instalación sean del mismo material.

En lugares donde se exija la hermeticidad de la instalación flexible, contra polvos, agua, aceite, gases y líquidos en general, se deberá instalar ductos flexibles resistentes a estos elementos, generalmente provistos de una funda plástica de PVC, continua, sin costura y con los accesorios necesarios de instalación considerando, además condiciones específicas de vibración, temperaturas excesivas o de ambientes peligrosos.

8.4 CONDUCTORES AISLADOS INSTALADOS EN ZANJAS

8.4.1 Zanjas propiamente dichas

Se aceptarán instalaciones en zanjas de hormigón para aplicaciones industriales y de edificios, cuando el proyectista considere necesario llevar buen número de conductores sin necesidad de protegerlos individualmente contra daños mecánicos.

Este tipo de instalaciones será aceptable bajo las siguientes condiciones:

- a) La zanja deberá dimensionarse, considerando que los conductores deben ir instalados en su interior en forma ordenada y tal que permita su fácil identificación y acceso.
- b) Sólo se aceptarán zanjas en lugares no sujetos a lavado, inundación o donde no se manipulen, trabajen o transporten líquidos, gases corrosivos o polvos de granos, de madera o de minerales que en mezclas o combinaciones de oxígeno y temperatura adecuada se hagan explosivos; o lugares considerados no peligrosos.
- c) En todo caso, las zanjas deben ser diseñadas considerando paredes y pisos a prueba de filtraciones, con una pendiente de drenaje adecuada hacia un colector que garantice que no habrá alimentación inversa.
- d) Las tapas de las zanjas deberán ser diseñadas de hormigón o hierro, pero en ningún caso de materiales combustibles, quebradizos o astillables; con la suficiente capacidad como para soportar cargas mecánicas estáticas y dinámicas dependiendo del lugar de su instalación.
- e) Dependiendo del tamaño de la zanja y del número y tipo de conductores a instalarse, se aceptarán zanjas con bandejas metálicas montadas en las paredes de la zanja.
- f) En ningún caso se deberán instalar en una misma zanja, conductores de fuerza y distribución con conductores de señales, medida, comando o protección a menos que se tomen las correspondientes medidas de blindaje y protección contra cortocircuitos y corrientes inducidas. Se recomienda en estos casos 2 zanjas y otros métodos.
- g) Todos los conductores de una zanja deberán ser individualmente identificados, al menos en sus extremos y en lugares de acceso.

8.4.2 Shafts (o columnas de servicio técnico)

Para el caso de edificios de más de 2 plantas, se considerará como variante de este método la utilización de conductos verticales de hormigón, previstos en la misma construcción, comúnmente llamados “Shafts” o “Columnas de Servicios Técnicos”.

Para la aplicación de este método, serán aplicables los requerimientos mencionados en el punto 8.4.1 además de los siguientes:

- a) Los conductos verticales de servicio eléctrico serán exclusivos para estos fines y deberán estar perfectamente separados de otros servicios, tales como bajantes pluviales, de alcantarillado, agua potable, de recolección de basuras, chimeneas, etc.
- b) Los conductores deberán asegurarse por lo menos cada piso o cada 2.5 a 3 m. en forma independiente uno de otro. Se recomienda que estas instalaciones sean ejecutadas en ductos verticales con cajas de inspección, jalado, derivación y fijación, según sea necesario, de manera tal, que el peso de los conductores que se transmita a los ductos no sea soportado por las cajas, ni transmitido a los elementos que se encuentran a niveles inferiores.

8.5 CONDUCTORES AISLADOS COLOCADOS EN BANDEJAS

Estas instalaciones consistirán en soportes de sección transversal rectangular, con base y paredes llenas, o ranuradas, construidas de materiales metálicos (aluminio o hierro esmaltado o acero galvanizado, según el lugar de instalación), descolgados o soportados de cielos rasos, cielos falsos o estructuras de modo que lleven en su interior conductores en un tendido aéreo expuesto.

8.5.1 Aplicaciones

Son aplicables a estas instalaciones los requerimientos de 8.4.1 a, 8.4.1 b, 8.4.1 f, 7.4.1 g, además de los siguientes:

- a) No se aceptarán bandejas en lugares sujetos a daños mecánicos.
- b) Las bandejas deberán ser diseñadas sin bordes fillos, o proyecciones que dañen el aislamiento de los conductores; con continuidad eléctrica entre todas sus secciones para garantizar su conexión a tierra, protegidas contra la oxidación o corrosión; con dimensionamiento adecuado al tipo y magnitud de cargas mecánicas a soportar.
- c) Cuando se instalen conductores de distribución juntamente con conductores de comunicación, señales, protección etc. deberán preverse barreras de protección y blindaje separando ambos tipos de conductor.
- d) No se aceptará colocar conductores, uno sobre otro en más de 2 niveles si se trata de conductores de hasta 50 mm². Para secciones mayores sólo se podrán instalar hileras simples.

(ver Esquema 8.4)

8.6 CONDUCTORES AISLADOS TENDIDOS EN ELECTRODUCTOS

Estas instalaciones son una variante de las descritas en 8.5, y consisten en canaletas metálicas con tapas para permitir el tendido de conductores sueltos que se instalen después de que el cableado ha sido tendido. Se aplicarán los siguientes requisitos:

- a) Serán aceptables para instalaciones hasta 600 V.
- b) Se admitirán derivaciones hacia ductos metálicos o de PVC siempre que se asegure la continuidad metálica de la puesta a tierra.
- c) No se deberán prever más de 30 conductores por cableducto y ninguno será de más de 250 mm².
- d) El montaje mecánico podrá ser adosado a paredes o losas, o descolgado de ellas o estructuras rígidas.
- e) No se admitirán estas instalaciones en lugares peligrosos o lugares con presencia de líquidos o gases corrosivos.

8.7 CONDUCTORES EN MOLDURAS

Estas canalizaciones están constituidas por conductores alojados en ranuras bajo molduras. Solamente podrán utilizarse en locales o emplazamientos polvorientos, secos o temporalmente húmedos.

Los conductores rígidos y flexibles serán de tensión nominal no inferior a 600 voltios.

Las molduras, podrán ser reemplazadas por guarniciones de puertas, astrágalos o zócalos ranurados, siempre que cumplan las condiciones impuestas por las primeras.

(ver Esquema 8.5)

8.7.1 Condiciones de las molduras

Las molduras deben cumplir las siguientes condiciones:

- a) Las ranuras tendrán unas dimensiones tales que permitan instalar sin dificultad por ellas a los conductores. En principio, no se colocará más de un conductor por ranura, admitiéndose, no obstante colocar varios conductores siempre que pertenezcan al mismo circuito y la ranura presente dimensiones adecuadas para ello.
- b) El ancho de las ranuras destinadas a recibir conductores rígidos de sección igual o inferior a 6 mm² serán, como mínimo de 6 cm.

8.7.2 Consideraciones para la instalación de las molduras

Para la instalación de las molduras se tendrá en cuenta:

- a) Las molduras no presentarán discontinuidad alguna en toda la longitud donde contribuyen a la proyección mecánica de los conductores. En los cambios de dirección, los ángulos de las ranuras serán obtusos.
- b) Las canalizaciones, podrán colocarse al nivel del techo o inmediatamente encima de los zócalos. En ausencia de éstos, la parte inferior de la moldura estará, como mínimo, a 10 cm. por encima del suelo (piso terminado).
- c) En el caso de utilizar zócalos ranurados, el conductor más bajo estará, como mínimo a 5 cm. por encima del suelo. (piso terminado).
- d) Cuando no puedan evitarse cruces de estas canalizaciones con las destinadas a otro uso, agua, gas, etc., se utilizará una moldura especialmente concebida para estos cruces o preferentemente un tubo rígido empotrado que sobresaldrá por una y otra parte del cruce.

8.7.3 Separación entre dos canalizaciones

La separación entre dos canalizaciones que se crucen será, como mínimo 1 centímetro en el caso de utilizar molduras especiales para el cruce, 3 centímetros en el caso de utilizar tubos rígidos empotrados.

- a) Las molduras no estarán totalmente empotradas en la pared ni recubiertas por papeles, tapicerías o cualquier otra materia, debiendo quedar su cubierta siempre al aire.
- b) Antes de colocar las molduras de madera sobre una pared, debe asegurarse que esté suficientemente seca; en caso contrario, las molduras se separarán de la pared por medio de un producto impermeable.

8.8 PASO A TRAVES DE ELEMENTOS DE LA CONSTRUCCION

8.8.1 Consideraciones para el paso de las canalizaciones

El paso de las canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, se realizarán de acuerdo con las siguientes prescripciones:

- a) En toda la longitud de los pasos de canalizaciones, no se dispondrán empalmes o derivaciones de conductores.
- b) Las canalizaciones estarán suficientemente protegidas contra los deterioros mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad. Esta protección se exigirá de forma continua en toda la longitud del paso.
- c) Si se utilizan tubos no obturados para atravesar un elemento constructivo que separe dos locales de humedades marcadamente diferentes, se dispondrán de modo que se impida la entrada y acumulación de agua en el local más húmedo. Cuando los pasos desemboquen al exterior se instalará el tubo de modo que el paso exterior-interior de los conductores se efectúe en sentido ascendente.
- d) En el caso que las canalizaciones sean de naturaleza distinta a uno y otro lado del paso, éste se efectuará por la canalización utilizada en el local cuyas prescripciones de instalación sean más severas.
- e) Los extremos de los tubos metálicos estarán provistos de boquillas de bordes redondeados o de dispositivo equivalente.

8.8.2 Sin protección suplementaria

No necesitan protección suplementaria:

- a) Los conductores provistos de una armadura metálica.
- b) Los conductores rígidos aislados con polietileno reticulado llevando una envolvente de protección de policloropreno o producto equivalente cuando sean de 600 voltios de tensión nominal.
- c) Los conductores blindados con aislamiento mineral, siempre y cuando su cubierta no sea atacada por los materiales de los elementos a atravesar.
- d) Si el elemento constructivo que debe atravesarse separa dos locales con las mismas características de humedad, pueden practicarse aberturas en el mismo que permitan el paso de los conductores respetando en cada caso, las separaciones indicadas para el tipo de canalización de que se trate.
- e) Los conductores aislados colocados bajo molduras no se admiten para pasos, salvo que éstos no excedan de 20 centímetros, en los demás casos el paso se efectuará por medio de tubos.
- f) En los pasos de techos por medio de tubo, éste estará obturado mediante cierre estanco y su extremidad superior saldrá por encima del suelo una altura al menos igual a la de los zócalos, si existen, a 10 centímetros en otro caso. Cuando el paso se efectúe por otro sistema, se obturará igualmente mediante material incombustible y aislante, sin que esta obturación deba ser completamente estanca, aunque se opondrá a la caída de objetos y a la propagación del fuego.

8.9 INSTALACIONES ENTERRADAS

Se admitirán como instalaciones directamente enterradas:

- a) Conductores con armadura y con una protección hermética sobre la armadura.
- b) Conductores sin armadura pero con una protección espesa, donde deben considerarse las precauciones siguientes:
 - Prever una protección mecánica independiente contra choques con elementos metálicos.
 - En terrenos no estabilizados, la sección del conductor debe ser igual o superior a 6 mm^2 .
 - En terrenos frecuentemente inundados o con presencia de humedad los conductores deben prever una capa de plomo.

Cuando los conductores no cumplan con los anteriores requerimientos, éstos deberán instalarse en ductos o electroductos.

Dentro de un mismo tubo o electroducto sólo está permitido la instalación de conductores de un mismo circuito.

En suelos químicamente agresivos, se instalarán los conductores con una capa de PVC o policloropreno.

Cuando los conductores o ductos sean enterrados en terreno pedregoso que pueda causar daño, la instalación se efectuará entre 2 camadas de arena o tierra seleccionada, de 10 cm de espesor por camada, o utilizar ladrillo como protección mecánica evitando el contacto directo del ladrillo con los conductores y ductos.

Los conductores deberán estar enterrados como mínimo a una profundidad que se indica a continuación:

- a) 60 cm cuando están directamente enterrados.
- b) 15 cm cuando están instalados en ductos rígidos metálicos.
- c) 30 cm cuando están instalados en ductos o electroductos rígidos aislados.

Las dimensiones anteriores podrán ser reducidas en 15 cm cuando se coloque una camada o capa de concreto, de un espesor mínimo de 15 cm por encima de la instalación.

Los requerimientos anteriores no son aplicables a los conductores o ductos que pasan por debajo de un predio o pavimento de concreto de más de 10 cm de espesor que se extienda a por lo menos 15 cm de la instalación subterránea.

Cuando la instalación pasa por debajo o a lo largo (hasta 50 cm) de las vías de tráfico pesado vehicular, las dimensiones anteriores deberán ser aumentadas hasta:

- 1 metro, para conductores directamente enterrados;
- 60 cm para conductores protegidos por ductos o electroductos.

Los conductores de circuitos domésticos con dispositivo de protección contra sobrecorriente de amperaje nominal igual o inferior a 32 A pueden ser enterrados a una profundidad mínima de 30 cm.

Los conductores de circuitos de extra-baja tensión pueden ser enterrados a una profundidad mínima de 15 cm.

Todo conducto o ducto subterráneo debe ser señalado a lo largo de toda la instalación por un dispositivo de advertencia no lavable, colocado como mínimo 10 cm, encima del mismo, a excepción de las áreas concretas por encima de la instalación.

Los cruces entre instalaciones enterradas, deben efectuarse a una distancia mínima de 20cm.

Las instalaciones enterradas con disposición paralela o cruce con cañerías de agua, hidrocarburos, gas, aire comprimido o vapor igualmente enterrados, deben mantener una distancia mínima de 20 cm entre sus puntos más próximos.

Los conductores directamente enterrados que emerjan del suelo, deben ser protegidos por envolturas, ductos o electroductos.

Cuando los conductores emerjan en predios, estos deben estar protegidos desde un nivel inferior del suelo hasta los dispositivos de control o seccionamiento.

El electroducto de protección debe ser acoplado en los puntos de transición de los conductores o electroductos directamente enterrados.

La transición de una línea aérea, a línea subterránea o viceversa debe ser efectuada a través de electroductos rígidos, que debe extenderse, desde bajo el nivel del suelo hasta una altura de 2.40 m.

8.10 INSTALACIONES PRE-FABRICADAS (“BUS-WAY”)

Las cubiertas de las instalaciones pre-fabricadas deben asegurar una protección contra los contactos directos en servicio normal, es decir:

- a) El grado de protección debe ser mínimo o igual a IP2X
- b) El desmontaje de la cubierta sólo debe ser posible después de la desenergización de las partes vivas accesibles, o necesitar el empleo de herramientas.

Las instalaciones pre-fabricadas deben ser fijadas, conforme las instrucciones del fabricante, sobre elementos estables de los predios de suficiente solidez, a intervalos no máximos de 5 mts.

Cuando las instalaciones pre-fabricadas contemplen cubiertas metálicas, éstas por regla general debe ser aterradas y aseguradas la continuidad de la cubierta metálica en todos los empalmes de forma de garantizar la misma capacidad de conducción de corriente de la cubierta metálica.

Las cubiertas metálicas de las instalaciones pre-fabricadas, pueden ser utilizadas como conductores de protección en las condiciones indicadas en el capítulo N° 15, punto 15.2.2.

Cuando los elementos de las instalaciones pre-fabricadas constituyen o soportan aparatos de utilización, como lámparas de iluminación y éstas poseen masa, se debe asegurar la conexión eléctrica efectiva de la masa de los aparatos con la envoltura metálica de la instalación. Esta conexión debe satisfacer las condiciones establecidas en el punto anterior.

Durante las operaciones de mantenimiento o de sustitución de elementos, tales como lámparas, accesorios, éstas conexiones deben ser mantenidas, o se interrumpirán después del accionamiento de los conductores vivos y deben ser restablecidas antes de los conductores vivos.

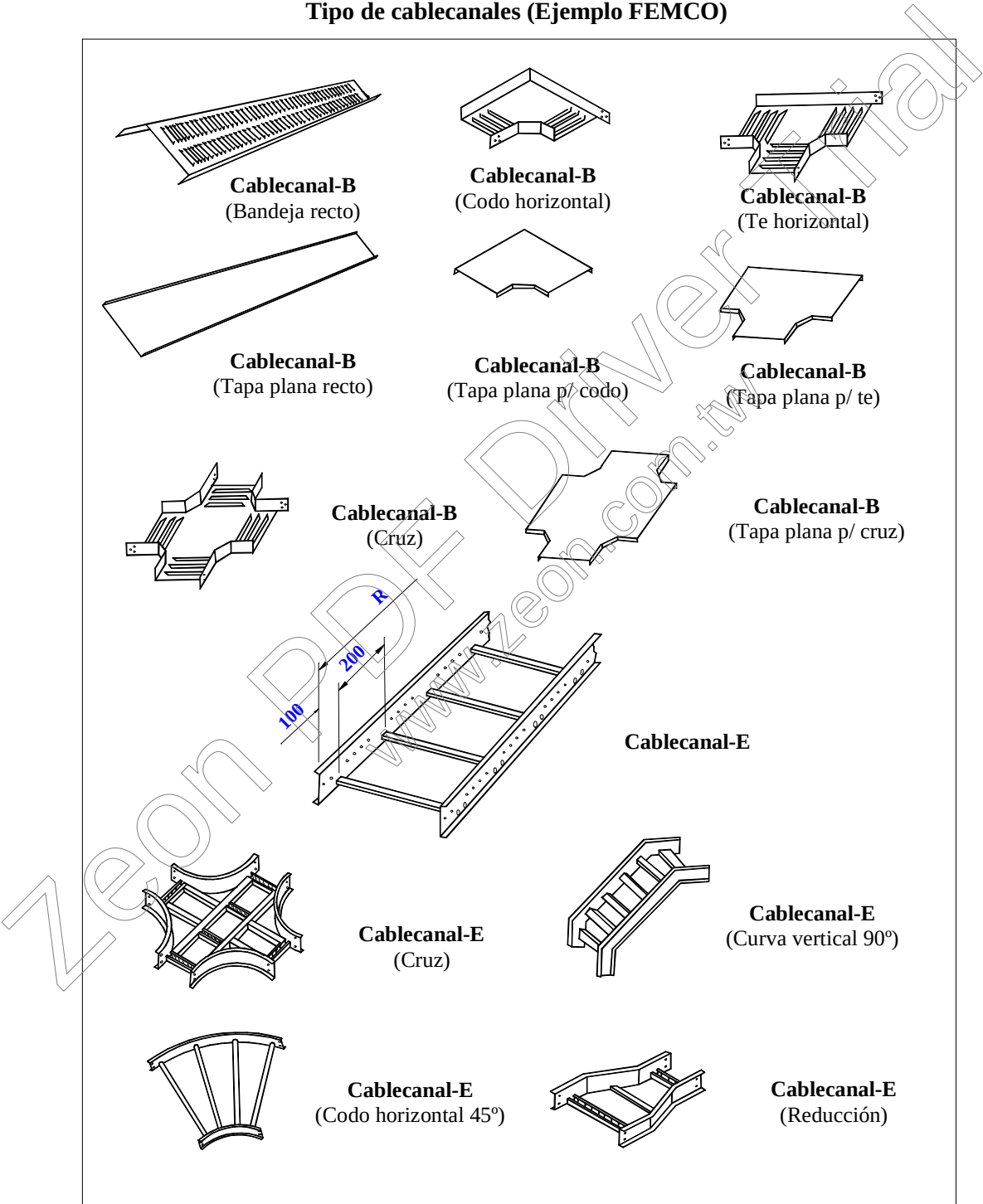
Tabla 8.9
Tipo y dimensiones de cajas, tubos, codos, conectores, boquillas, abrazaderas, molduras, cableductos y cablecanales

Modelo o tipo	Descripción	Dimensiones
Moldura-E	Eléct. angosta c/ tapa a presión (cincado)	2x2 cm x 2 mts
Moldura-E	Eléctrica ancha c/ tapa a presión (cincado)	3.5x5.5 cm x 2 mts
Moldura-E	Unión p/moldura ancha a presión (cincado)	2x5x10 cm
Moldura-E	Tapa final p/ mold. ancha a presión (cincado)	2.5x3.5x5.5 cm
Cableducto-6.5	Ciego c/ tapas abisagradas (cincado)	6.5x6.5 cm x 2 mts
Cableducto-6.5	Ciego c/estampad. c/ tapas bisagras.(cincado)	6.5x6.5, 6.5x6.5 cm x 2 mts
Cableducto-6.5	Codo horiz. c/ tapas abisagradas (cincado)	6.5x6.5, 6.5x11.5x11.5 cm
Cableducto-6.5	Te horiz..c/ tapas abisagradas (cincado)	6.5x6.5, 6.5x11.5x16.5 cm
Cableducto-6.5	Cruz horizontal c/ tapa a presión (cincado)	6.5x6.5, 6.5x16.5x16.5 cm
Cablecanal-20B	Recto bandeja (cincado)	20 de 6x20 cm x 2 mts
Cablecanal-20B	Codo horizontal bandeja (cincado)	20 de 6x30x30 cm
Cablecanal-20B	Te bandeja (cincado)	20 de 6x30x40 cm
Cablecanal-20B	Cruz bandeja (cincado)	20 de 6x40x40 cm
Cablecanal-20B	Tapa plana recta bandeja (cincado)	20 de 2x20 cm x 1 mt
Cablecanal-20B	Tapa plana p/ codo bandeja (cincado)	20 de 2x20x30 cm
Cablecanal-20B	Tapa plana p/ te bandeja (cincado)	20 de 2x30x40 cm
Cablecanal-20B	Tapa plana p/ cruz bandeja (cincado)	20 de 2x40x40 cm
Cablecanal-30B	Recto bandeja (cincado)	30 de 6x30.5 cm x 2 mts
Cablecanal-30B	Codo horizontal bandeja (cincado)	30 de 6x40x40 cm
Cablecanal-30B	Te bandeja (cincado)	30 de 6x56x81 cm
Cablecanal-30B	Cruz bandeja (cincado)	30 de 6x50x50 cm
Cablecanal-30B	Tapa plana recta bandeja (cincado)	30 de 2x30 cm x 1 mt
Cablecanal-30B	Tapa plana p/ codo bandeja (cincado)	30 de 2x66x66 cm
Cablecanal-30B	Tapa plana p/ te bandeja (cincado)	30 de 2x56x81 cm
Cablecanal-30B	Tapa plana p/ cruz bandeja (cincado)	30 de 2x81x81 cm
Cablecanal-20E	Recto escalera (cincado)	20 de 6x24 cm x 2 mts
Cablecanal-20E	Codo horizontal escalera (cincado)	90 G 20 de 6x62x62 cm
Cablecanal-20E	Codo horizontal escalera (cincado)	45 G 20 de 6x38x45 cm
Cablecanal-20E	Codo vertical arriba escalera (cincado)	90 G 20 de 24x46x46 cm
Cablecanal-20E	Codo vertical abajo escalera (cincado)	90 G 20 de 24x46x46 cm
Cablecanal-20E	Codo vertical arriba escalera (cincado)	45 G 20 de 24x24x43 cm
Cablecanal-20E	Codo vertical abajo escalera (cincado)	45 G 20 de 22x24x43 cm
Cablecanal-20E	Te escalera (cincado)	20 de 6x62x100 cm
Cablecanal-20E	Cruz escalera (cincado)	20 de 6x1002x100 cm
Cablecanal-30E	Recto escalera (cincado)	30 de 6x34 cm x 2 mts
Cablecanal-30E	Codo horizontal escalera (cincado)	90 G 30 de 6x72x72 cm
Cablecanal-30E	Codo horizontal escalera (cincado)	45 G 30 de 6x46x55 cm
Cablecanal-30E	Codo vertical arriba escalera (cincado)	90 G 30 de 34x46x46 cm
Cablecanal-30E	Codo vertical abajo escalera (cincado)	90 G 30 de 34x46x46 cm
Cablecanal-30E	Codo vertical arriba escalera (cincado)	45 G 30 de 21x34x43 cm
Cablecanal-30E	Codo vertical abajo escalera (cincado)	45 G 30 de 21x34x43 cm
Cablecanal-30E	Te escalera (cincado)	30 de 6x72x110 cm
Cablecanal-30E	Cruz escalera (cincado)	30 de 6x110x110 cm
Cablecanal-40E	Recto escalera (cincado)	40 de 6x44 cm x 2 mts
Cablecanal-40E	Reducción gradual escalera (cincado)	30-20 de 6x34x60 cm
Cablecanal-40E	Codo horizontal escalera (cincado)	90 G 40 de 6x82x82 cm
Cablecanal-40E	Codo horizontal escalera (cincado)	45 G 40 de 6x56x65 cm
Cablecanal-40E	Codo vertical arriba escalera (cincado)	90 G 40 de 44x46x46 cm
Cablecanal-40E	Codo vertical abajo escalera (cincado)	90 G 40 de 44x46x46 cm
Cablecanal-40E	Codo vertical arriba escalera (cincado)	45 G 40 de 22x44x43 cm
Cablecanal-40E	Codo vertical abajo escalera (cincado)	45 G 40 de 22x44x43 cm

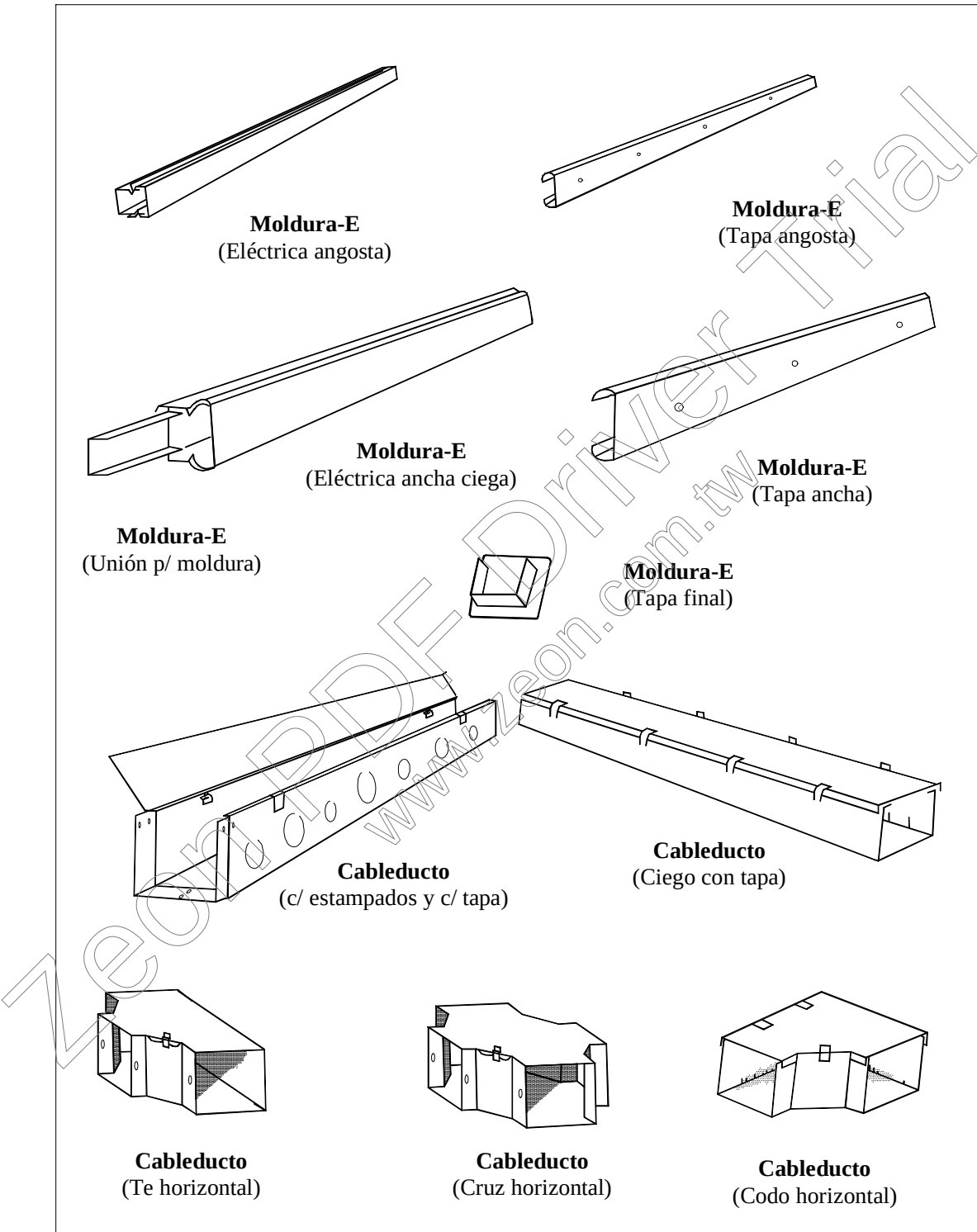
(Continúa a la Tabla 8.9)

Modelo o tipo	Descripción	Dimensiones
Cablecanal-40E	Te escalera (cincado)	40 de 6x82x120 cm
Cablecanal-40E	Cruz escalera (cincado)	40 de 6x120x120 cm
Cablecanal-40E	Reducción gradual escalera (cincado)	40-30 de 6x44x60 cm

Esquema 8.4
Tipo de cablecanales (Ejemplo FEMCO)



Esquema 8.5
Tipo de molduras y cableductos (Ejemplo FEMCO)



CAPITULO 9

SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA

Zeon PDF Driver
www.zeon.com.tw

CAPITULO 9

SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA

9.1 GENERALIDADES

Se denomina puesta a tierra, a la conexión de un sistema, equipo o masa con tierra (masa conductora de la tierra). Los tipos de puesta a tierra son dos:

- a) Puesta a tierra del sistema (fuente o alimentación) y que se realiza por razones funcionales, generalmente el punto puesta a tierra es el neutro.
- b) Puesta a tierra de las masas y carcasas de los equipos por razones de protección.
 - Las instalaciones especiales de comunicación, redes de computadoras y otras deben tener su sistema de puesta a tierra, a tierra independiente.
 - El electrodo o varilla de tierra debe presentar la menor resistencia de contacto posible.

Los sistemas de aterramientos son:

- Sistema **TN**
- Sistema **TT**
- Sistema **IT**

El código de letras utilizado tiene la siguiente significación:

- a) **Primera Letra:** Relación entre la alimentación y tierra:

T = Conexión de un punto con la tierra.

I = Aislación de todas las partes activas con relación a tierra, o conexión de un punto con tierra a través de una impedancia elevada.

- b) **Segunda Letra:** Relación entre las masas de la instalación eléctrica y tierra:

T = Masas conectadas directamente a tierra, independientemente de la puesta a tierra eventual de un punto de alimentación.

N = Masa conectada directamente al punto de la alimentación que está puesto a tierra (en corriente alterna, el punto puesto a tierra es normalmente el punto neutro).

- c) **Otras letras (eventuales):** Disposición del conductor neutro y del conductor de protección:

S = Funciones del neutro y de protección aseguradas por conductores separados.

C = Funciones del neutro y de protección aseguradas por un solo conductor (conductor PEN).

En el Esquema 9.1 (a, b, c, d, e) se ven los ejemplos, de puesta a tierra corrientemente empleados en un sistema trifásico.

9.2 SISTEMA TN

Los sistemas TN, tienen un punto de la alimentación conectado directamente a la tierra (T), las masas de la instalación están conectadas a este punto por los conductores de protección (N). Se han

considerado tres tipos de esquemas TN, según la disposición del conductor neutro y del conductor de protección a saber:

a) Esquema TN-S:

El conductor neutro y el de protección están separados en todo el sistema (ver Esquema 9.1 a).

b) Esquema TN-C-S:

Los sistemas de los conductores neutro y de protección están combinados en un solo conductor en una parte del sistema (ver Esquema 9.1 b).

c) Esquema TN-C:

Las funciones de los conductores neutro y de protección están combinadas en un solo conductor en todo el esquema (ver Esquema 9.1 c).

9.3 SISTEMA TT

El sistema TT, tiene un punto de alimentación directamente conectado a tierra y las masas de la instalación están conectadas a tomas de tierra eléctricamente distintas de la toma de tierra de la alimentación (ver Esquema 9.1-d).

9.4 SISTEMA IT

El sistema IT, no tiene ningún punto de alimentación directamente conectado a tierra, pero las masas de la instalación están puestas a tierra (ver Esquema 9.1-e).

9.5 ALIMENTACION

Deben determinarse las siguientes características de la instalación:

- a) Naturaleza de la corriente y frecuencia.
- b) Valor de la tensión nominal.
- c) Valor de la corriente presunta de cortocircuito, en el origen de la instalación.
- d) Posibilidad de satisfacer los requerimientos de la instalación incluyendo la máxima demanda

Estas características deben estimarse en el caso de alimentación de una fuente externa, y deben determinarse en el caso de una fuente de alimentación propia.

Son aplicables tanto a la alimentación principal, como a las alimentaciones de seguridad y reserva.

El proyectista debe elegir el sistema de puesta a tierra más adecuado para la instalación, sin embargo, en instalaciones domiciliarias el conductor de puesta a tierra de masas debe ser independientemente del neutro, pudiendo estar ambos conectados a un mismo punto de toma de tierra (nudo).

9.6 CALCULO DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

Este método se basa en la interpretación de un ábaco de simple lectura, y la posterior verificación con instrumental, para el caso de realización de puesta a tierra con jabalinas con alma de acero y superficie de cobre electrolítico.

El ábaco, ha sido perfeccionado por el Instituto Nacional Superior del Profesorado Técnico dependiente de la Universidad Tecnológica Nacional de Buenos Aires, quien ha suministrado.

Al ser la resistividad del terreno (valor conocido), un factor preponderante en el resultado final, pudiendo ésta variar en cada lugar de hincado de la jabalina, el método es aproximado.

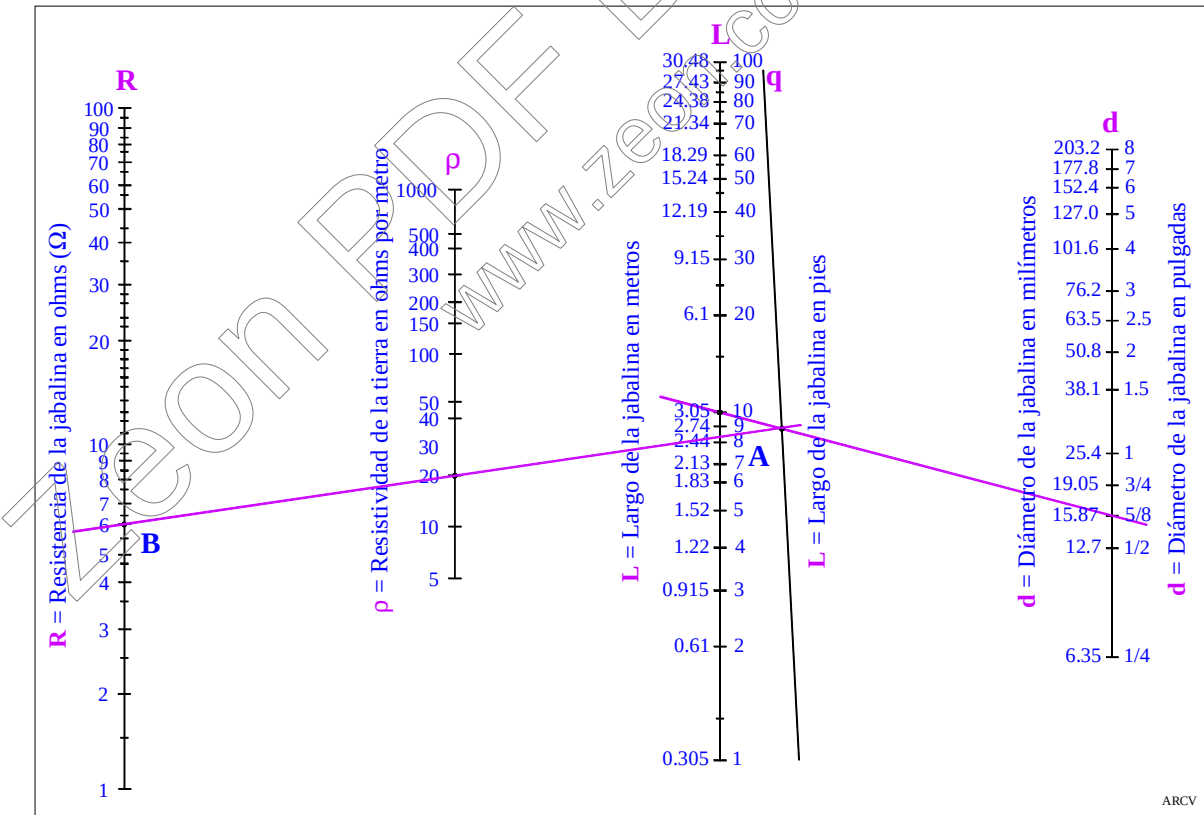
Ejemplo:

Se comienza seleccionando la jabalina por su diámetro (en pulgadas), y longitud (en metros).
d = 5/8”, L = 3 mts.
Uniéndolo ambas características, al cortar la recta “q” se determina el punto A.
Si la instalación es en la Ciudad de Buenos Aires o sus alrededores, la resistividad del terreno a considerar es de 20 Ω/m..
Trazando una semirrecta que comience en A y corte a la recta p en 20 Ω/m, finalizando en el punto B al cortar la recta R, obtendremos el valor teórico aproximado de la resistencia de puesta a tierra de la jabalina en Ohm (Ω). Si el valor de resistencia leído (con un telurímetro) supera al teórico determinado, y sea necesario bajarlo a los niveles sugeridos por los reglamentos locales, será necesario hincar otra jabalina y conectarla en paralelo, a no más de 3 metros de separación entre sí.

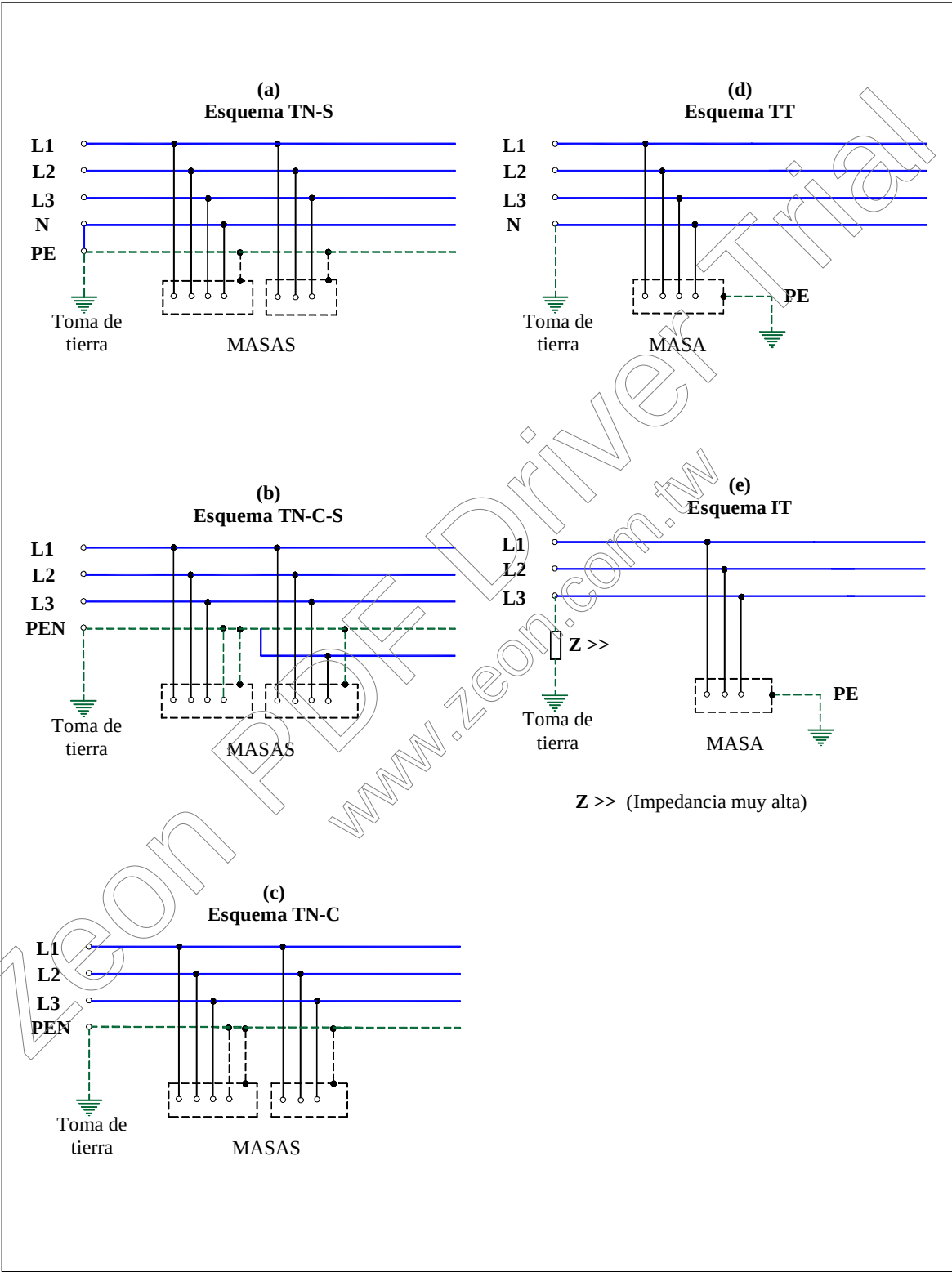
La resistencia final de puesta a tierra en este caso será: $R(t) = \frac{R_1 + R_2}{R_1 \times R_2}$

Si la instalación fuera en la Ciudad de Cochabamba, la resistividad del terreno a considerar debe ser de 200 Ω/m y a sus alrededores de 300 Ω/m (zonas pedregosas).

Gráfico 9.1
Ábaco para el cálculo de la resistencia de puesta a tierra



Esquema 9.1
Sistema de puesta a tierra (o aterramiento)



CAPITULO 10

INSTALACION DE PUESTA A TIERRA EN EDIFICIOS

Zeon PDF Driver
www.zeon.com.tw

CAPITULO 10

INSTALACION DE PUESTA A TIERRA EN EDIFICIOS

10.1 DEFINICION DE PUESTA A TIERRA

La denominación “puesta a tierra”, comprende toda la ligazón metálica directa sin fusible ni protección alguna, de sección suficiente, entre determinados elementos o parte de una instalación y un electrodo, o grupo de electrodos, enterrados en el suelo, con objeto de conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficies próximos del terreno no exista diferencia de potencial peligrosa y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de la corriente de falla o las de descarga de origen atmosférico.

10.2 PARTES QUE COMPRENDE LA PUESTA A TIERRA

Todo sistema de puesta a tierra consta de las siguientes partes:

- Toma de tierra (dispersor)
- Líneas principales de tierra
- Derivaciones de las líneas principales de tierra
- Conductores de protección

El conjunto de conductores, así como sus derivaciones y empalmes, que forman las diferentes partes de las puestas a tierra, constituyen el circuito de puesta a tierra.

10.2.1 Tomas de tierra (dispersor)

Las tomas de tierra están constituidas por los elementos siguientes:

- **Electrodo.-** Es una masa metálica, permanentemente en buen contacto con el terreno, para facilitar el paso a éste, de la corriente de defecto que pueden presentarse a la carga eléctrica que tenga o pueda tener.
- **Línea de enlace con tierra.-** Esta formada por los conductores que unen el electrodo o conjunto de electrodos con el punto de puesta a tierra.
- **Punto de puesta a tierra.-** Es una parte situada fuera del suelo, que sirve de unión entre la línea de enlace con tierra y la línea principal de tierra.

Las instalaciones que lo precisen, dispondrán de un número suficiente de puntos de puesta a tierra convenientemente distribuidos, que estarán conectados al mismo electrodo o conjunto de electrodos.

El punto de puesta a tierra estará constituido por un dispositivo de conexión (regleta, placa, borne, etc.), que permita la unión entre los conductores de las líneas de enlace y principal de tierra, de forma que pueda, mediante útiles apropiados, separarse éstas, con el fin de poder realizar la medida de la resistencia de tierra.

10.2.2 Líneas principales de tierra

Las líneas principales de tierra estarán formadas, por conductores que partirán del punto de puesta a tierra y a las cuales estarán conectadas las derivaciones necesarias para la puesta a tierra de las masas generalmente a través de los conductores de protección.

10.2.3 Derivaciones de las líneas principales de tierra

Las derivaciones de las líneas de tierra estarán constituidas, por conductores que unirán la línea principal de tierra con los conductores de protección o directamente con las masas.

10.2.4 Conductores de protección

Los conductores de protección sirven, para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos con el fin de asegurar la protección contra los contactos indirectos.

En el circuito de puesta a tierra, los conductores de protección unirán las masas a la línea principal de tierra.

En otros casos reciben igualmente el nombre de conductores de protección, aquellos conductores que unen las masas:

- Al neutro de la red,
- A otras masas,
- A elementos metálicos distintos de las masas,
- A un relé de protección.

10.3 PROHIBICION DE INCLUIR EN SERIE LAS MASAS Y LOS ELEMENTOS METALICOS EN EL CIRCUITO DE TIERRA

Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea eléctricamente continua, en la que no podrán incluirse en serie, ni masas, ni elementos metálicos, cualquiera que sean éstos. Siempre la conexión de las masas y los elementos metálicos al circuito de puesta a tierra, se efectuará por derivaciones desde éste.

10.4 TOMAS DE TIERRA INDEPENDIENTES

Se considerará independiente una toma de tierra respecto a otra, cuando una de las tomas de tierra, no alcance, respecto de un punto a potencial cero, una tensión superior a 50 V cuando la otra toma disipa la máxima corriente de tierra prevista.

10.5 ELECTRODOS, NATURALEZA, CONSTITUCION, DIMENSIONES Y CONDICIONES DE INSTALACION

10.5.1 Naturaleza de los electrodos

Los electrodos pueden ser artificiales o naturales. Se entiende por electrodos artificiales, los establecidos con el exclusivo objeto de obtener la puesta a tierra, y por electrodos naturales las masas metálicas que puedan existir enterradas.

Para las puestas a tierra se emplearán principalmente electrodos artificiales. No obstante los electrodos naturales que existieran en la zona de una instalación y que presenten y aseguren un buen contacto permanente con el terreno, pueden utilizarse bien solos o conjuntamente con otros electrodos artificiales. En general, se puede prescindir de éstos cuando su instalación presente serias dificultades y cuando los electrodos naturales cumplan los requisitos anteriormente señalados, con sección suficiente y la resistencia de tierra que se obtenga con los mismos presente un valor adecuado.

10.5.2 Constitución de los electrodos artificiales

Los electrodos podrán estar constituidos por:

- Electrodo simple constituido por barras, tubos, placas, cables, pletinas u otros perfiles.
- Anillos o mallas metálicas constituidos por elementos indicados anteriormente o por combinaciones de ellos.

Los electrodos serán de metales inalterables a la humedad y a la acción química del terreno, tal como el cobre, el hierro galvanizado, hierro sin galvanizar con protección catódica o fundición de hierro. Para este último tipo de electrodo, las secciones mínimas serán el doble de las secciones mínimas que se indican para los electrodos de hierro galvanizados.

Sólo se admiten los metales ligeros, cuando sus resistencias a la corrosión son netamente superiores a la que presentan, en el terreno que se considere, el cobre o el hierro galvanizado.

- La sección de un electrodo no debe ser inferior a 1/4 de la sección del conductor que constituye la línea principal de tierra.

10.5.2.1 Placas enterradas

Las placas de cobre tendrán un espesor mínimo de 2 mm y las de hierro galvanizado de 2.5 mm. En ningún caso la superficie útil de la placa será inferior a 0.5 m². Se colocarán en el terreno en posición vertical y en el caso en que sea necesaria la colocación de varias placas, se separarán unos 3 metros unas de las otras.

10.5.2.2 Picas verticales

Las picas verticales podrán estar constituidas por:

- Tubos de acero galvanizado de 25 mm de diámetro exterior, como mínimo,
- Perfiles de acero dulce galvanizado de 60 mm de lado, como mínimo,
- Barras de cobre o de acero de 14 mm de diámetro como mínimo; las barras de acero tienen que estar recubiertas de una capa protectora exterior de cobre de espesor apropiado.
- Varillas de acero con recubrimiento de cobre.

Las longitudes mínimas de estos electrodos no serán inferiores a 2 metros. Si son necesarios dos picas conectadas en paralelo con el fin de conseguir una resistencia de tierra admisible, la separación entre ellas es recomendable que sea igual, por lo menos, a dos veces la longitud enterrada de las mismas; si son necesarias varias picas conectadas en paralelo, la separación entre ellas deberá ser mayor que en el caso anterior.

10.5.2.3 Conductores enterrados horizontalmente

Estos conductores pueden ser:

- Conductores o cables de cobre desnudo de 35 mm² de sección, como mínimo,
- Pletinas de cobre, como mínimo, 35 mm² de sección y 2 mm de espesor,
- Pletinas de acero dulce galvanizado de, como mínimo, 100 mm² de sección y 3 mm de espesor,
- Cables de acero galvanizado de 95 mm² de sección, como mínimo. El empleo de cables formados por alambres menores de 2.5 mm de diámetro está prohibido,
- Alambres de acero, como mínimo, 20 mm² de sección, cubiertos con una capa de cobre de 6 mm² como mínimo.

Los electrodos deberán estar enterrados a una profundidad que impida sean afectados por las labores del terreno y por las heladas y nunca a menos de 50 cm. No obstante, si la capa superficial del terreno tiene una resistividad pequeña y las capas más profundas son de elevada resistividad, la profundidad de los electrodos puede reducirse a 30 cm.

El terreno será tan húmedo como sea posible y preferentemente tierra vegetal, prohibiéndose constituir los electrodos por piezas metálicas simplemente sumergidas en agua. Se tenderán a suficiente distancia de los depósitos o infiltraciones que puedan atacarlos, y si es posible, fuera de los pasos de personas y vehículos.

Para la puesta a tierra de apoyos de líneas aéreas y columnas de alumbrado público, cuando lo necesiten, será suficiente electrodos que tengan en conjunto una superficie de contacto con el terreno de 0.25 m².

Como superficie de contacto con el terreno, para las placas se consideran las dos caras, mientras que para los tubos sólo cuenta la superficie externa de los mismos.

10.5.3 Constitución de los electrodos naturales

Los electrodos naturales pueden estar constituidos por:

- a) Una red extensa de conducciones metálicas enterradas, siempre que la continuidad en estas condiciones quede perfectamente asegurada, y en el caso de que las conducciones pertenezcan a una distribución pública o privada, haya acuerdo con los distribuidores correspondientes. Se prohíbe utilizar como electrodos las canalizaciones de gas, de calefacción central y las conducciones de desagüe, humos o basura.
- b) La cubierta de plomo de los cables de una red eléctrica de baja tensión enterrada, con la condición de que la continuidad de la cubierta de plomo esté perfectamente asegurada y, en el caso de que la red pertenezca a una distribución pública, haya acuerdo con el distribuidor.
- c) Los pilares metálicos de los edificios, si están interconectados, mediante una estructura metálica, y enterrados a cierta profundidad.

El revestimiento eventual de hormigón no se opone a la utilización de los pilares metálicos como tomas de tierra y no modifica sensiblemente el valor de su resistencia a tierra.

10.6 RESISTENCIA DE TIERRA

El electrodo se dimensionará de forma que su resistencia de tierra, en cualquier circunstancia previsible, no sea superior al valor especificado para ella, en cada caso.

Este valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa, no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:

- 24 V en local o emplazamiento conductor
- 50 V en los demás casos.

Si las condiciones de la instalación son tales, que puedan dar lugar a tensiones de contacto superiores a los valores señalados anteriormente, se asegurará la rápida eliminación de la falta mediante dispositivos de corte adecuados de la corriente de servicio.

Tabla 10.1
Valores típicos según la naturaleza de los terrenos

Naturaleza del terreno	Resistividad en Ohm · m
Terrenos pantanosos	De algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y arcillas compactas	100 a 200
Margas del jurásico	30 a 40
Arena arcillosa	50 a 500
Arena silícea	200 a 3000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 500
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1000 a 5000
Calizas agrietadas	500 a 1000
Pizarras	50 a 300
Rocas de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedentes de alteración	1500 a 10000
Granitos y gres muy alterados	100 a 600

Nota: La resistencia de tierra de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en el que se establece. Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno, y varía también con la profundidad.

La Tabla 10.1 da, a título de orientación, unos valores de la resistividad para un cierto número de terrenos. Con el fin de obtener una primera aproximación de la resistencia de tierra, los cálculos pueden efectuarse utilizando los valores medios indicados en la Tabla 10.2.

Debe quedar bien entendido que los cálculos efectuados a partir de estos valores, no dan más que un valor muy aproximado de la resistencia de tierra del electrodo. La medida de resistencia de tierra de éste electrodo puede permitir, aplicando las fórmulas dadas en la Tabla 10.3 estimar el valor medio local de la resistividad del terreno; el conocimiento de éste valor puede ser útil para trabajos posteriores efectuados, en unas condiciones análogas.

Tabla 10.2
Valores medios de la resistividad

Naturaleza del terreno	Valor medio de la resistividad en Ohm · m
Terrenos cultivables y fértiles, terraplenes compactos y húmedos	50
Terraplenes cultivables poco fértiles, terraplenes	500
Suelos pedregosos desnudos, arenas secas permeables	3000

Tabla 10.3
Fórmulas de resistencia de tierra

Electrodo	Resistencia de tierra en (t)
Placa enterrada	$R \geq 0.8 \frac{\rho}{P}$
Pica vertical	$R \geq \frac{\rho}{L}$
Conductor enterrado horizontalmente	$R \geq \frac{2 \cdot \rho}{L}$

Donde:

- ρ = Resistividad del terreno
- P = Perímetro de la placa (m)
- L = Longitud de la pica o del conductor (m)

10.7 CARACTERISTICAS Y CONDICIONES DE INSTALACION DE LAS LINEAS DE ENLACE CON TIERRA, DE LAS LINEAS PRINCIPALES DE TIERRA Y DE SUS DERIVACIONES

10.7.1 Naturaleza y secciones mínimas

Los conductores que constituyen las líneas de enlace con tierra, las líneas principales de tierra y sus derivaciones, serán de cobre o de otro metal de alto punto de fusión y su sección debe ser ampliamente dimensionada de tal forma que cumpla las condiciones siguientes:

- a) La máxima corriente de falta que pueda producirse en cualquier punto de la instalación, no debe originar en el conductor una temperatura cercana a la de fusión ni poner en peligro los empalmes o conexiones en el tiempo máximo previsible de duración de la falta, el cual sólo podrá ser considerado como menor de los segundos en los casos justificados por las características de los dispositivos de corte utilizados.
- b) De cualquier forma, los conductores no podrán ser, en ningún caso de menos de 16 mm² de sección para las líneas principales de tierra ni de 35 mm² para las líneas de enlace con tierra, si son de cobre. Para otros metales o combinaciones de ellos, la sección mínima será aquella que tenga la misma conductancia que un cable de cobre de 16 mm² o 35 mm², según el caso.

Para las derivaciones de las líneas principales de tierra, las secciones mínimas serán las que indican para los conductores de protección, Capítulo 15.

10.7.2 Tendido de los conductores de la línea de enlace con tierra

Los conductores desnudos de enlace con tierra enterrados en el suelo, se consideran que forman parte del electrodo.

Si en una instalación existen tomas de tierra independientes, se mantendrá entre los conductores de tierra un aislamiento apropiado a las tensiones susceptibles de aparecer entre estos conductores en caso de falta.

10.7.3 Tendido de los conductores de la línea principal de tierra, y sus derivaciones y de los conductores de protección

El recorrido de estos conductores será lo más corto posible y sin cambios bruscos de dirección. No estarán sometidos a esfuerzos mecánicos y estarán protegidos contra la corrosión y desgaste mecánico. Además, los conductores de protección cumplirán con lo establecido en el Capítulo 15.

10.7.4 Conexiones de los conductores de los circuitos de tierra con las partes metálicas y masas y con los electrodos

Los conductores de los circuitos de tierra deben tener un buen contacto eléctrico tanto con las partes metálicas y masas que se desean poner a tierra como con el electrodo. A estos efectos se dispone que las conexiones de los conductores de los circuitos de tierra con las partes metálicas y con los electrodos se efectúen con todo cuidado por medio de piezas de empalme adecuadas, asegurando las superficies de contacto de forma que la conexión sea efectiva, por medio de tornillos, elementos de compresión, remaches o soldadura de alto punto de fusión. Se prohíbe el empleo de soldaduras de bajo punto de fusión, tales como estaño, plata, etc.

Los contactos deben disponerse limpios, sin humedad y en forma tal que no sea fácil que la acción del tiempo destruya por efectos electroquímicos las conexiones efectuadas. A este fin, y procurando siempre que la resistencia de los contactos no sea elevada, se protegerán éstos en forma adecuada con envoltentes o pastas, si ello se estimase conveniente.

En caso de utilizar como electrodo la conducción de agua, la conexión del conductor de enlace con tierra a dicha conducción se efectuará inmediatamente después de la entrada de ésta en el edificio y antes del contador general de agua. Su conexión se efectuará por medio de un conductor que estará necesariamente protegido especialmente contra los ataques químicos.

Si no se pudiera respetar la condición anterior, por tropezar con grandes dificultades prácticas, el punto de conexión podrá encontrarse después del contador y de los accesorios que se encuentren en la conducción principal de agua. En este caso el contador y los demás accesorios de la conducción de agua serán puenteados por medio de un conductor de cobre de 16 mm² de sección, como mínimo, u otro conductor de resistencia eléctrica equivalente, y dispuesto de forma que el contador de agua pueda ser montado o desmontado sin que sea necesario quitar el puente.

10.7.5 Prohibición de interrumpir los circuitos de tierra

Se prohíbe intercalar en circuitos de tierra seccionadores, fusibles o interruptores. Sólo se permite disponer un dispositivo de corte en los puntos de puesta a tierra, de forma que permita medir la resistencia de la toma.

10.8 REVISION DE TOMAS DE TIERRA

Por la importancia que ofrece, desde el punto de vista de la seguridad, cualquier instalación de toma de tierra, deberá ser obligatoriamente comprobada por los servicios oficiales en el momento de dar de alta la instalación para el funcionamiento.

Personal, técnicamente competente, efectuará esta comprobación anualmente en la época en que el terreno esté más seco. Para ello, se medirá la resistencia de tierra, reparando inmediatamente los defectos que se encuentren. En los lugares en que el terreno no sea favorable a la buena conservación de los electrodos, éstos, así como también los conductores de enlace entre ellos hasta el punto de puesta a tierra, se pondrá al descubierto para su examen, al menos una vez cada cinco años.

10.9 LA RED DE TIERRA EXTERNA

Esta compuesta por los conductores de tierra, nudos de tierra, conductores de protección y de equipotencialidad.

Los nudos de tierra, serán placas metálicas ubicadas en lugares adecuados y a los cuales se conectan los conductores que llegan desde los dispersores y aquellos que parten hacia las viviendas, los servicios comunes y eventualmente al pararrayo (ver Esquema 10.1).

Los conductores de tierra serán del mismo material y sección que el conductor del dispersor en anillo y los conductores de protección y equipotenciales serán de las secciones indicadas en el Capítulo 15 de éste texto.

10.10 MEDICIONES CON EL OHMETRO

10.10.1 Medición de la resistividad

- Colocar las sondas en línea recta y a igual distancia L.
- La resistividad será: $\rho = \frac{R \cdot L}{\pi}$, siendo R el valor leído en el ohmetro de cuatro bornes.
- Llevar a cabo varias mediciones, variando la posición en el terreno y el valor de L y calcular la media (terrenos más o menos homogéneos).
- La presencia de tuberías enterradas puede falsear las medidas en zonas urbanas.

(ver Esquema 10.4)

10.10.2 Medición de la resistencia de tierra

- Disponer las sondas en línea y a una distancia, del dispersor bajo medida G y entre sondas, mayor a 5 veces la diagonal máxima del anillo (D).
- La sonda P se debe instalar al 62% de la distancia G-C.
- Moviendo la sonda P entre el 55%, y el 70% de la distancia G-C se debe ubicar una zona donde la lectura de R_T es casi constante y ese valor será el de la resistencia de tierra del electrodo bajo medición (ver Esquema 10.5).

10.11 MATERIALES

Los materiales usualmente adoptados para la instalación del dispersor en anillo de un edificio, son:

10.11.1 Cable de tierra

Será un cable de cobre o de acero galvanizado en caliente de sección mínima 25 mm² y 50 mm² respectivamente, ó pletina galvanizada de 3/8" x 1".

10.11.2 Varillas de tierra

Serán varillas de diámetro 5/8" entre 3/4" y longitud entre 8' y 10' y serán de acero cobreado (copperweld) o acero galvanizado en caliente.

10.11.3 Uniones soldadas

Las uniones soldadas de alto punto de fusión se realizarán con moldes y cargas del sistema termoweld o similar.

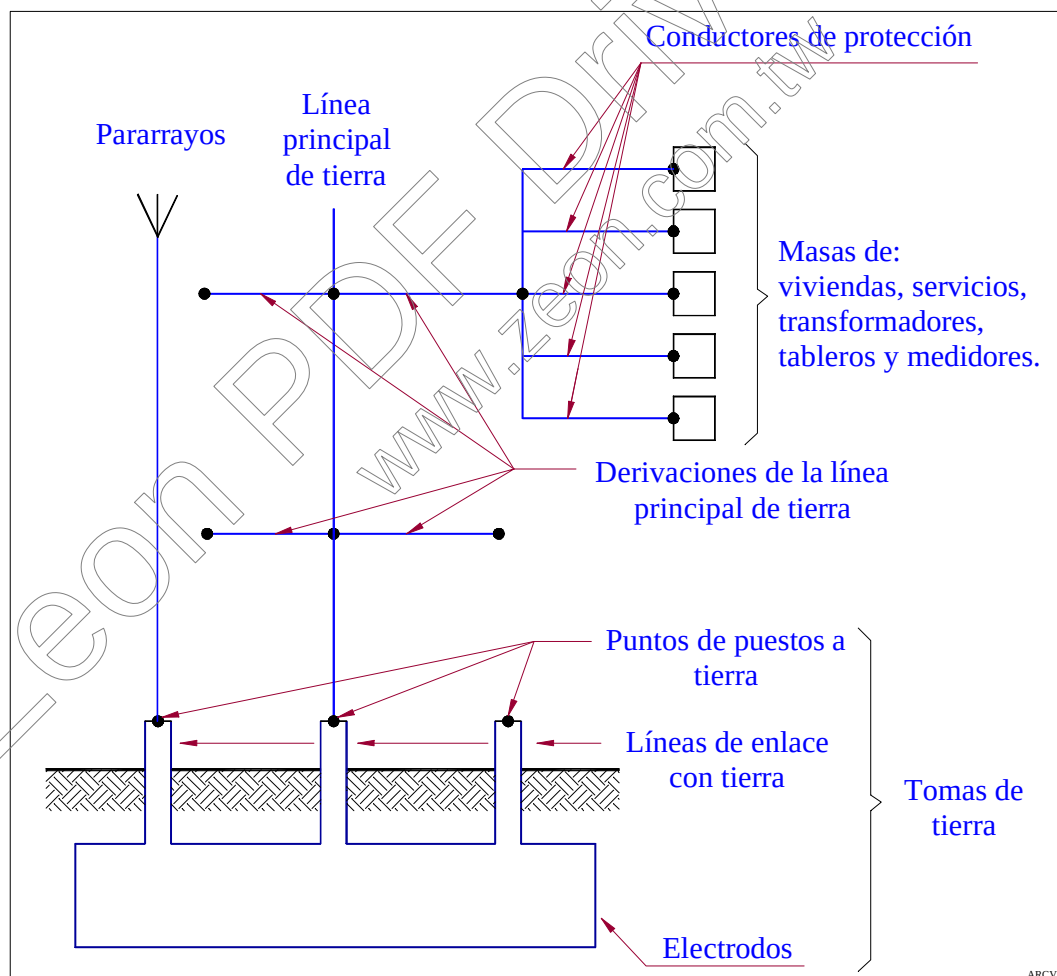
10.11.4 Nudos de tierra

Serán placas de cobre estañado con un adecuado número de perforaciones para emperrar terminales de cables.

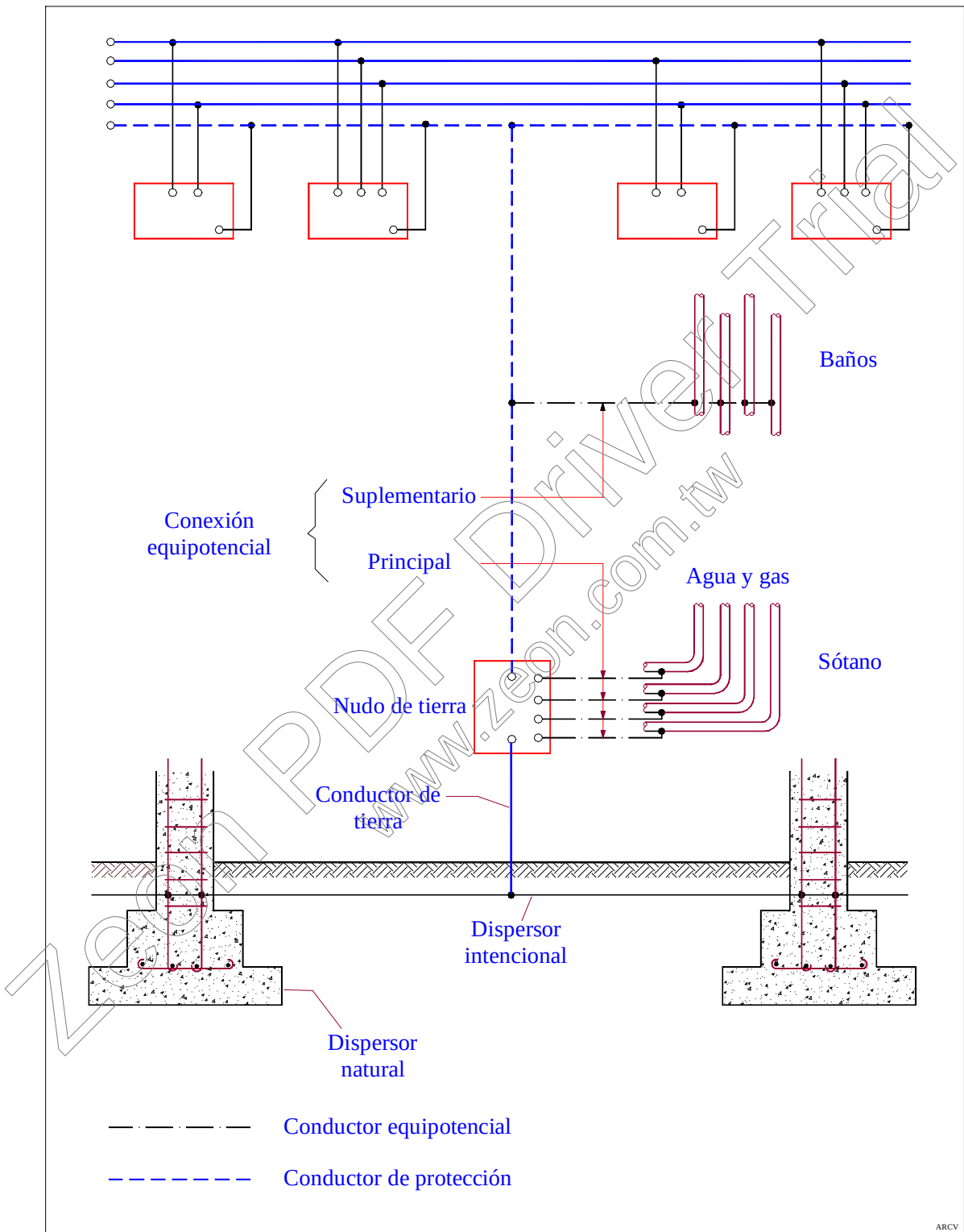
10.12 RECOMENDACIONES

- No colocar electrodos al ras de muros o rocas.
- Para mayor eficiencia y vida útil el conjunto de electrodos debe instalarse debajo de la cimentación del edificio.
- Todas las uniones y empalmes enterrados deben realizarse con el sistema termoweld ó con conectores prensados (hyoround)
- No añadir sal común en contacto con los electrodos, ya que provoca corrosión y su duración es poco.
- Si la resistividad es mayor a 500 ohm x metro, consultar a un especialista.
- Realizar la medición de resistividad y resistencia en la época más seca del año.

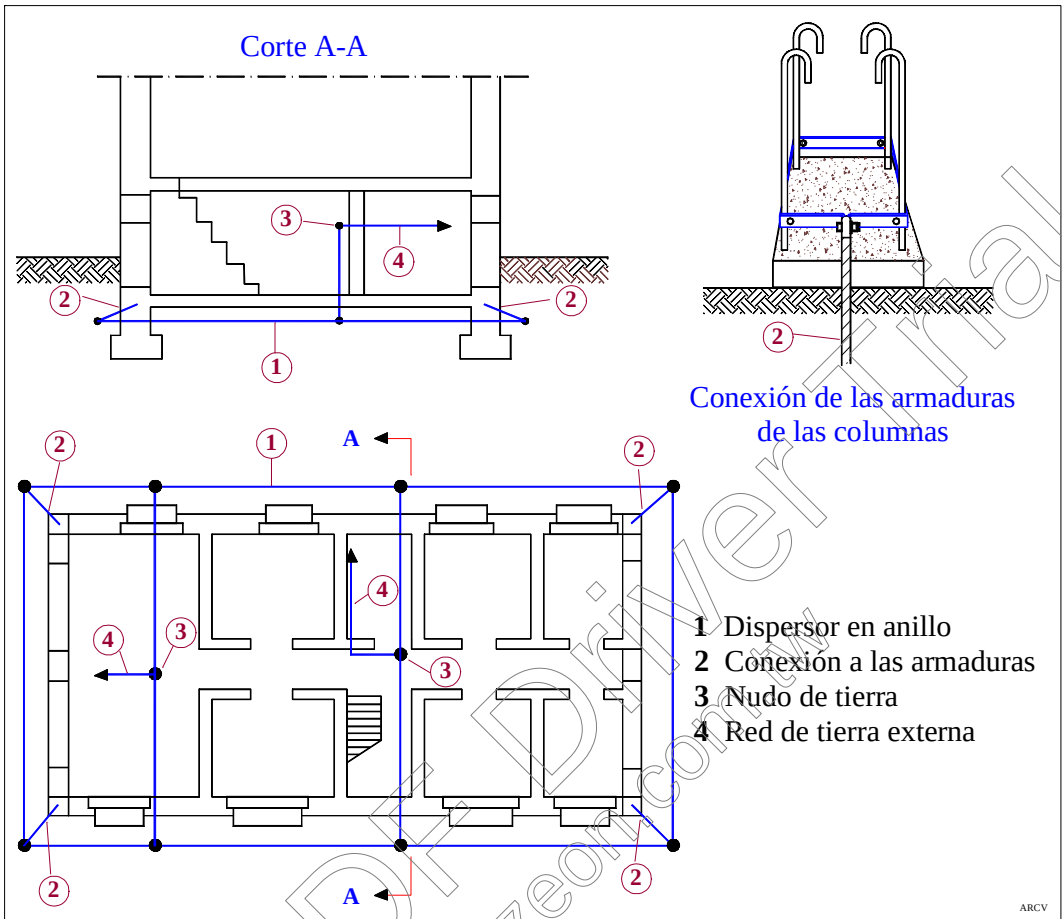
Esquema 10.1
Representación esquemática de un circuito de puesta a tierra



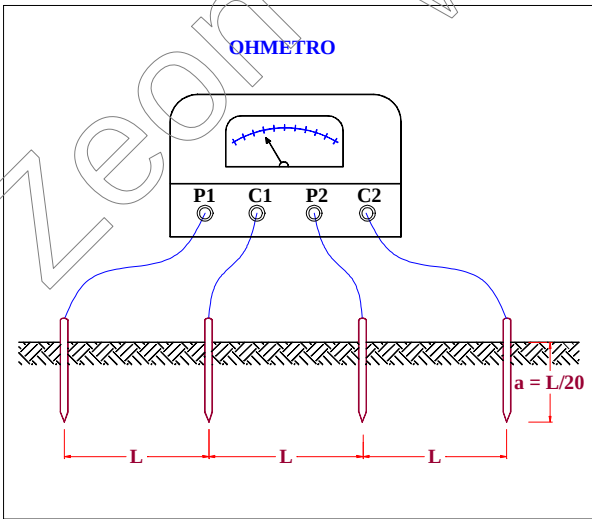
Esquema 10.2
Instalación de puesta a tierra en edificios
(Esquema simplificado)



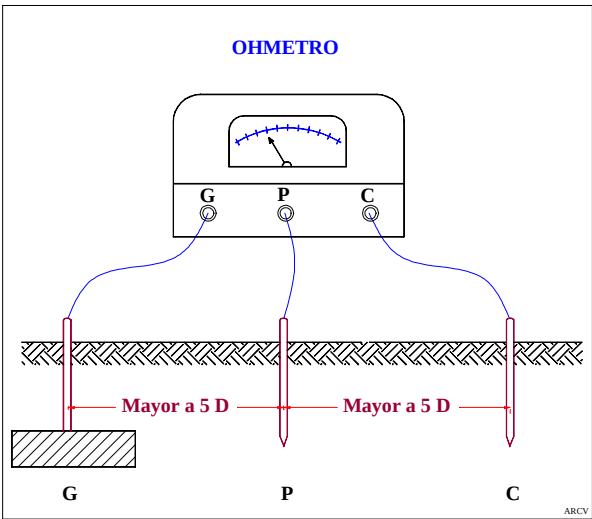
Esquema 10.3
Dispersor típico en un edificio



Esquema 10.4
Medición de la resistividad



Esquema 10.5
Medición de la resistencia de tierra



CAPITULO II

PROTECCION CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS

Zeon PDF Driver
www.zeon.com.tw

CAPITULO 11

PROTECCION CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS

11.1 INTRODUCCION

Las descargas atmosféricas causan serias perturbaciones en las redes aéreas de transmisión y distribución de energía eléctrica, antes de provocar daños materiales en las construcciones atendidas por ellas, sin contar los riesgos de vida a que las personas o animales están sometidas.

Las descargas atmosféricas inducen ciertas tensiones que llegan a centenas de kV en las redes aéreas de transmisión y distribución de las concesionarias de energía eléctrica, obligando a utilizar cables de guardia a lo largo de las líneas de tensión más elevadas y pararrayos para la protección de equipos instalados en ese sistema.

Cuando las descargas eléctricas entran en contacto directo con cualquier tipo de construcción, tales como edificios, tanques metálicos de almacenamiento de liquido, partes estructurales de las subestaciones, son registrados grandes daños materiales que podrían ser evitados en caso de que esas construcciones estuviesen protegidas adecuadamente por pararrayos de tipo hasta.

11.2 CONSIDERACIONES SOBRE EL ORIGEN DE LOS RAYOS

A lo largo de los años, varias teorías fueron desenvueltas para explicar el fenómeno de los rayos. Actualmente se tiene como cierta, que la fricción entre las partículas de agua que forman las nubes, provocada por los vientos ascendentes de fuerte intensidad, da origen a una gran cantidad de descargas eléctricas. Se verifica experimentalmente que las cargas eléctricas positivas ocupan la parte superior de la nube, en cuanto a las cargas eléctricas negativas se posicionan en su parte inferior, acarreado consecuentemente una intensa migración de cargas positivas en la superficie de la tierra para un área correspondiente a la localización de las nubes, conforme se puede observar en el Esquema 11.1. De esta forma, las nubes tienen una característica bipolar.

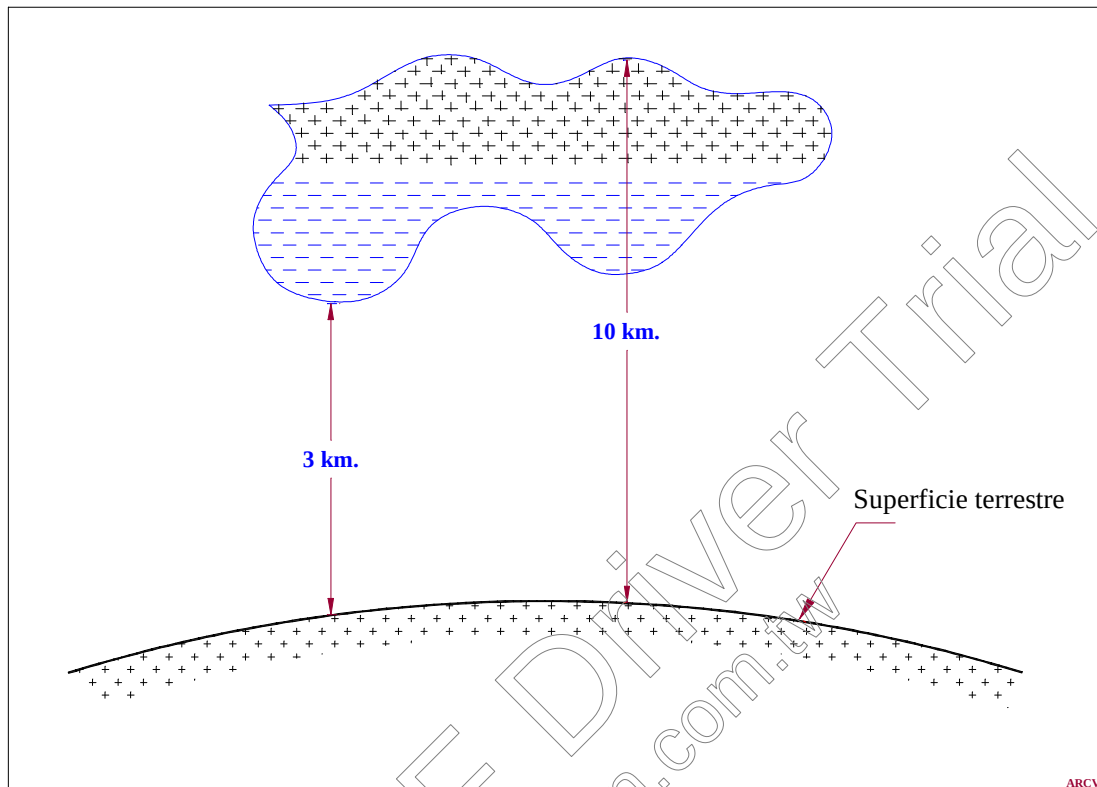
Como se puede deducir por el Esquema 11.1, la concentración de cargas eléctricas positivas y negativas en una determinada región puede surgir una diferencia de potencial entre la tierra y la nube. El aire presenta una determinada rigidez dieléctrica, normalmente elevada, que dependen de ciertas condiciones ambientales. El aumento de esa diferencia de potencial, que se denomina gradiente de tensión, podrá alcanzar un valor que supere la rigidez dieléctrica del aire entre la nube y la tierra, haciendo que las cargas eléctricas migren en dirección de la tierra, en un trayecto tortuoso y normalmente con ramificaciones, cuyo fenómeno es conocido como descarga piloto. Es de aproximadamente 1 kV/mm el valor del gradiente de tensión para el cual la rigidez dieléctrica del aire se rompe.

La ionización del camino seguido por la descarga piloto, propicia condiciones favorables de conductibilidad del ambiente. Manteniéndose elevado el gradiente de tensión en la región entre la nube y la tierra, surge, en función de aproximación de solo una de las ramificaciones de descarga piloto, una descarga ascendente, constituida de cargas eléctricas positivas, denominada de descarga de retorno o principal, de gran intensidad, responsable por el fenómeno conocido como trasvase, que es el dislocamiento de masa del aire circundante encaminamiento del rayo, en función de la elevación de temperatura y consecuentemente del aumento del volumen.

No se tiene precisión de la altura de encuentro entre esos dos flujos de carga que caminan en sentido opuesto, pero se supone que es a pocas decena de metros de la superficie de la tierra.

La descarga de retorno al llegar a la nube, provoca, en una determinada región de la misma, una neutralización electrostática temporaria.

Esquema 11.1
Distribución de las cargas eléctricas de las nubes y del suelo



En la tentativa de mantener en equilibrio las potencias eléctricas en el interior de la nube, surgen en estas intensas descargas que resultan en la formación de nuevas cargas negativas en su parte inferior, dando inicio a las llamadas descargas reflejadas o secundarias, en el sentido de las nubes para la tierra, siendo como canal conductor aquel seguido por la descarga de retorno que, en su trayectoria ascendente deja al aire intensamente ionizado. El esquema 11.2 ilustra gráficamente la forma de las descargas atmosféricas.

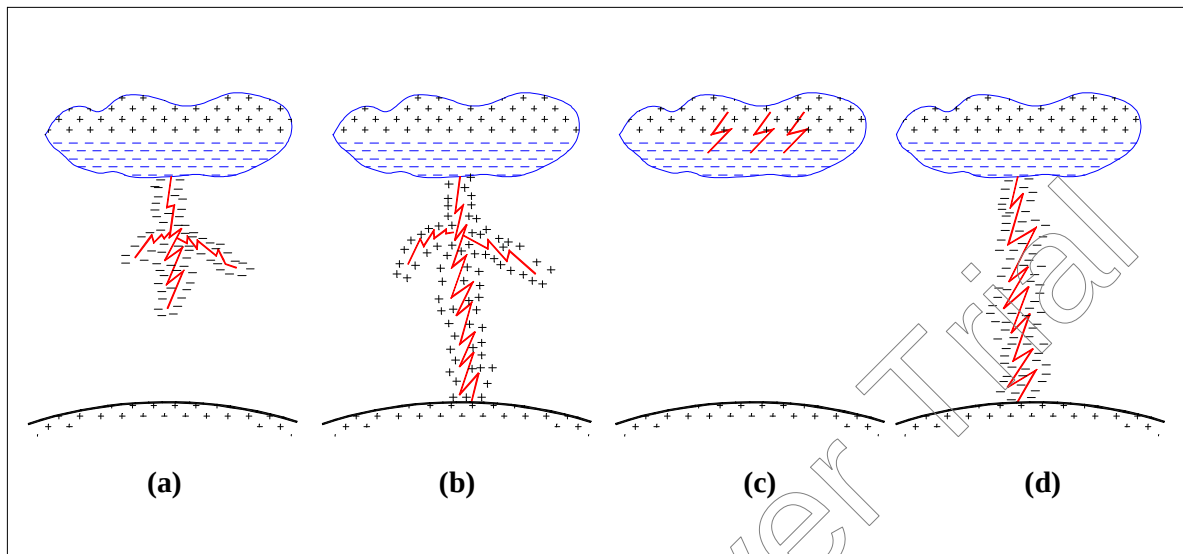
Las descargas reflejadas o secundarias pueden acontecer por varias veces, después de concluida la descarga principal.

Tomándose como base las mediciones hechas, las intensidades de las descargas atmosféricas pueden ocurrir las siguientes probabilidades:

- $97\% \leq 10 \text{ kA}$;
- $85\% \leq 15 \text{ kA}$;
- $50\% \leq 30 \text{ kA}$;
- $20\% \leq 15 \text{ kA}$;
- $4\% \leq 80 \text{ kA}$

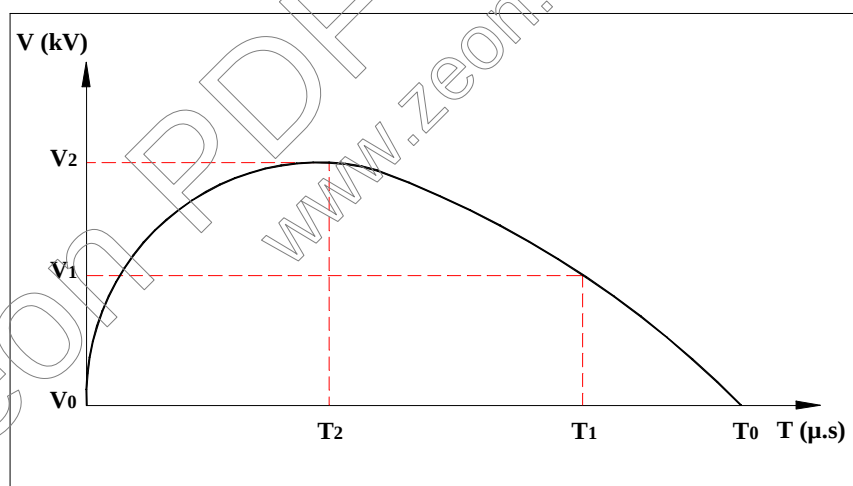
También fue comprobado que la corriente de descarga tiene una única polaridad, esto en una sola dirección. Una onda típica de descarga atmosférica fue determinada para efecto de estudios específicos.

Esquema 11.2
Secuencia de eventos de una descarga atmosférica



El esquema 11.3 muestra la conformación de esa onda, en función del tiempo.

Esquema 11.3
Formato característico de una onda de descarga atmosférica



La onda alcanza a su valor máximo de tensión V_2 en un tiempo T_2 , comprendido entre 2 y 10 μs da el valor medio V_1 , correspondiente al valor medio de caída de onda, es alcanzado en un intervalo de tiempo T_1 de 20 a 50 μs , cayendo para $V_0 = 0$, al final de T_0 en un intervalo de 100 a 200 μs .

El conocimiento de la forma de onda, es de dos valores típicos de tensión y tiempo, y de los porcentajes de su ocurrencia, posibilita los estudios para el dimensionamiento de los para rayos de protección contra sobretensiones en líneas y redes eléctricas y de para rayos de hasta, destinados a la protección de construcciones e instalaciones en general.

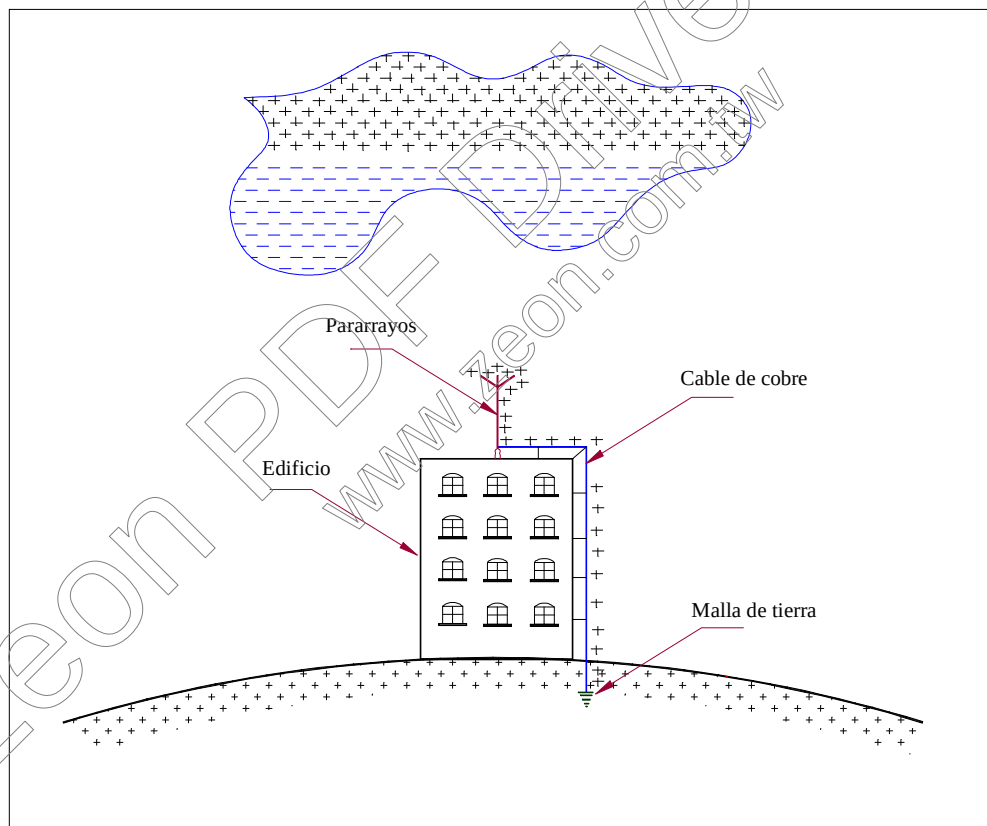
11.3 PARARRAYOS DE PUNTA

Como se procuró mostrar anteriormente, las descargas atmosféricas pueden dañar seriamente el patrimonio y victimar las personas y animales cuando estos se encuentran dentro del campo eléctrico formando entre las nubes que sólo sean directamente alcanzadas.

Utilizando las propiedades de las puntas metálicas de propiciar la canalización de las cargas eléctricas para la atmósfera, llamado poder de las puntas, Franklin concibió un dispositivo que desempeña esta función, que fue denominado pararrayos.

Queda claro que las descargas eléctricas dentro de una determinada zona son más fácilmente canalizadas por el pararrayo de que por una estructura de concreto, por ejemplo. El Esquema 11.4 muestra el principio fundamental de la actuación de un pararrayo. Las cargas eléctricas, en vez de irrumpir en un punto cualquiera del suelo, son conducidas hasta las puntas del pararrayo (captor) a través de un cable de excelente conductividad eléctrica (cable de cobre), permitiendo, de esta forma, que las descargas sean efectuadas a través de éste, propiciando la protección de construcción dentro de un determinado rayo de actuación.

Esquema 11.4
Principio fundamental de actuación de un pararrayo



Un sistema de pararrayos de punta, o pararrayos de tipo Franklin, es constituido de diferentes partes, cuyos elementos principales son:

a) Captor

Principal elemento del pararrayo, es formado normalmente por tres o más puntas de acero inoxidable o cobre. Es también denominado de punta.

b) Varilla (mástil)

El soporte del captor, siendo constituido de un tubo de cobre de longitud igual a 5 m y 55 mm de diámetro. Debe ser fijado firmemente sobre un aislador de uso exterior. La función de la varilla es de soportar el captor y servir de conductor metálico.

c) Aislador

Es la base de fijación de la varilla o mástil. Normalmente es utilizado en aisladores fabricados en porcelana vitrificada o vidrio templado, para un nivel de tensión de 10 kV.

d) Conductor de descenso

Es el conductor metálico que hace de conexión entre el mástil o captor y el electrodo de tierra. El conductor de descenso puede ser de cobre comercial de conductividad mínima de 98% para el tipo recosido, o aluminio, apropiado para la utilización como conductor eléctrico. También pueden ser utilizadas cintas o flejes metálicas

e) Electrodo de tierra

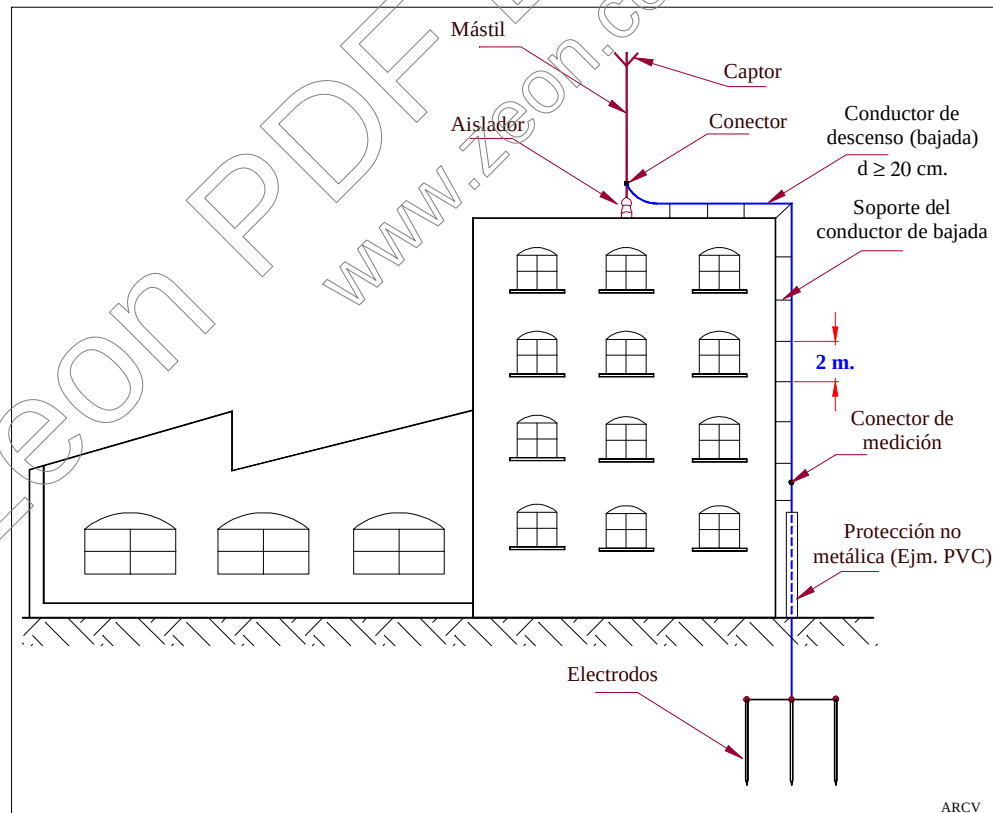
Los conductores de descenso son conectados a sus extremidades inferiores a tres o más electrodos de tierra, cuyo valor de resistencia de aterramiento no deberá ser superior a 10Ω para instalaciones en general y 1Ω para edificaciones destinados a materiales explosivos o fácilmente inflamables.

f) Conector de medición

Es así denominado a la conexión desmontable destinada a permitir la medición de resistencias de aterramiento. Debe ser instalada a 2 m. o más arriba del nivel del suelo.

El Esquema 11.5 muestra los principales elementos anteriormente descritos formando un conjunto completo de protección contra descargas atmosféricas.

Esquema 11.5
Elemento de un sistema de protección contra descargas atmosféricas



11.4 DIMENSIONAMIENTO DE UNA INSTALACION DE PARARRAYOS

El correcto dimensionamiento de una instalación de protección contra descargas atmosféricas, proporciona un elevado grado de seguridad a las construcciones en general y en particular a los edificios industriales, principalmente aquellas que trabajan con productos de alto riesgo y están localizadas en regiones de elevado índice cerámico, que representa el número de días de tormenta por año.

Ese dimensionamiento será hecho tanto para la protección de construcciones en general, como para la protección de subestaciones de consumidores instaladas a la intemperie.

Antes de tomar una decisión aleatoria sobre la necesidad de dotar determinada construcción de una protección adecuada contra la incidencia de rayos, es prudente que se calcule la probabilidad ponderada que permitirá una decisión técnica sobre la instalación.

El método a ser utilizado es de la norma BS 6651 (origen inglesa). Ese método considera valores de ponderación en función del tipo de ocupación predial, material de construcción utilizado, localización etc., de acuerdo con la Tabla 11.1.

Tabla 11.1
Factor de ponderación

Tipo de ocupación	A	Material de construcción	B	Contenido	C	Localización	D	Topografía	E
Habitación	0.3	Construcción de cobertura no metálica	0.2	Sin valor patrimonial o histórico	0.3	Áreas circundadas por árboles o estructuras de cualquier naturaleza	0.4	Planicies	0.3
Habitación con antena externa	0.7	Construcción de concreto y cobertura no metálica	0.4	Sensibles a daños	0.8	Áreas semi-aisladas	1.0	Colinas	1.0
Construcciones industriales	1.0	Construcción de metal o concreto y cobertura metálica	0.8	Subestaciones, centrales telefónicas, instalaciones de gas, estaciones de radio y TV	1.0	Áreas aisladas	2.0	Montañas con altura entre 300 a 900 m	1.3
Construcciones destinadas a hoteles, moteles, salas comerciales	1.2	Construcción de alvenaria	1.0	Museos, monumentos y construcciones de la misma naturaleza	1.3			Montañas con altura encima de 900 m	1.7
Construcciones destinadas a shopping center, museos, centros deportivos y similares	1.3	Construcción de madera	1.4	Escuelas, hospitales y similares	1.7				
Escuela, hospitales y similares	1.7	Construcción de alvenaria o madera con cobertura metálica	1.7						
		Construcción con cobertura de tejas y similares	2.0						

El factor de ponderación final es dado por la siguiente ecuación:

$$P_0 = A \times B \times C \times D \times E \times N_{pr}$$

Donde:

A, B, C, D, E, F = Factor de ponderación de la Tabla 11.1,

N_{pr} = Número probable de rayos que pueda alcanzar a la construcción y es dado por la siguiente ecuación:

$$N_{pr} = S_c \times N_{da} \times 10^{-6}$$

S_c = Área de construcción en m^2 ;

N_{da} = Densidad de rayos, en rayos / km^2 /año, dada por la ecuación siguiente:

$$N_{da} Z \sim .N_t$$

N_t = Índice cerámico, o sea número de días con rayos por año;

$\alpha = 0.023$

$\beta = 1.3$

A partir de los valores de P_0 , se puede determinar, a través de la Tabla 11.2, la necesidad o no de incluir la protección contra las descargas atmosféricas.

Tabla 11.2
Probabilidad ponderada

Probabilidad ponderada	Protección deseada
$P_0 < 10^{-5}$	No aconsejada
$10^{-4} > P_0 > 10^{-5}$	Aconsejada
$P_0 > 10^{-4}$	Obligatoria

Ejemplo de aplicación:

Una planta industrial de ramo metalmecánica, con un área plana de $1500 m^2$ y altura de 8 m, localizada en terreno plano de poca arborización, es constituida de concreto armado con cobertura metálica. Determinar la necesidad de protección contra descargas atmosféricas, sabiendo que la región (Cochabamba) presenta un índice cerámico medio de 70 días con rayos (descargas) por año.

De la Tabla 11.1 para la ecuación $P_0 = A \times B \times C \times D \times E \times N_{pr}$, se tiene:

$A = 1.0$

$B = 0.8$

$C = 0.3$

$D = 1.0$

$E = 0.3$

$N_{da} Z \sim .N_t = 0.023 \times 70^{1.3} = 5.76$ descarga/ km^2 /año

$N_t = 70$

$N_{pr} = S_c \times N_{da} \times 10^{-6}$

$N_{pr} = 1500 \times 5.76 \times 10^{-6} = 8640 \times 10^{-6} = 8.6 \times 10^{-3}$ (número probable de rayos que puede alcanzar a la construcción).

Luego, la probabilidad ponderada será:

$P_0 = 1.0 \times 0.8 \times 0.3 \times 1.0 \times 0.3 \times 8.6 \times 10^{-3} = 6.19 \times 10^{-4}$

A través de la tabla 11.2 se puede concluir que es aconsejable la instalación de una protección contra rayos.

11.4.1 Niveles de protección

Hay siempre la posibilidad de falla del sistema de pararrayos, pudiendo la construcción protegida, en este caso, ser alcanzada por una descarga atmosférica. A partir de esa premisa, la IE 1024-I determina cuatro diferentes niveles de protección, en base a las cuales deben ser tomadas las decisiones de los proyectos más o menos severas. Esos niveles de protección están así definidos:

- **Nivel I:** Es el nivel más severo en cuanto a la pérdida de patrimonio. Se refiere a las construcciones protegidas, cuya falla en el sistema del pararrayo puede provocar daños a las estructuras adyacentes, tales como las industrias petroquímicas, de materiales explosivos, etc.
- **Nivel II:** Se refiere a las construcciones protegidas, cuya falla en el sistema del pararrayo puede ocasionar la pérdida de bienes de valor estimable, o provocar pánico a los presentes, pueden ser una consecuencia para las construcciones adyacentes. Se encuadran en este nivel los museos, teatros, estadios, etc.
- **Nivel III:** Se refiere a las construcciones de uso común, tales como los edificios residenciales, comerciales e industriales de manufacturados simples.
- **Nivel IV:** Se refiere a las construcciones, donde no es normal la presencia de personas. Son hechas de material no inflamable, siendo el producto almacenado en ellas de material no combustible, tales como almacenes de concreto para productos de construcción.

Existen básicamente tres métodos de protección contra las descargas atmosféricas, de los cuales indicaremos uno:

11.4.2 Método de franklin

Consiste en determinar el volumen de protección propiciado por un cono, cuyo ángulo de generatriz con la vertical varía según el nivel de protección deseado y para una determinada altura de construcción. La Tabla 11.3 muestra el ángulo máximo de protección para una altura de construcción no superior a 20 m.

La Tabla 11.4 muestra el ángulo de protección contra descargas atmosféricas tomando como bases diferentes

Tabla 11.3
Angulo de protección

Nivel de protección	Angulo de protección (°)
I	25
II	35
III	45
IV	55

Tabla 11.4
Angulo de protección en (°) y altura de construcción

Nivel de protección	Altura de construcción en m			
	20	30	45	60
I	25	No permitida la protección por		
II	35	25	el método de franklin	
III	45	35	25	
IV	55	45	35	25

Por ejemplo, en un proyecto de una construcción de propiedad comercial de 12 pisos, o sea, 42 m de altura aproximadamente, el ángulo de protección debe ser de 25°, ya que se trata de un edificio clasificado con nivel de protección III.

Los proyectos de instalación de pararrayos por el método de franklin pueden ser elaborados tomándose la siguiente secuencia de cálculo:

a) Zona de protección

Los pararrayos ofrecen una protección dada por un cono cuyo vértice corresponde a la extremidad superior del captor y cuya generatriz hace un ángulo de α^n con la vertical, propiciando un radio de la

base del cono de valor dado por la ecuación siguiente: $R_p = H_c \times \operatorname{tg} \alpha$, conforme se observa en el Esquema 11.6

Donde:

R_p = Radio de base del cono de protección, en m;

H_c = Altura del extremo del captor, en m;

α = Ángulo de protección con la vertical dado en la Tabla 11.4. Si hay más de un captor, puede agregarse 10° al ángulo α

Se debe establecer una protección del borde de la parte superior de la edificación, a través de un conductor, conectando a la malla de tierra de los captores.

b) Número de conductores de descenso

Debe ser función del nivel de protección deseado y de la separación entre los conductores de descenso, o sea:

$$N_{cd} \geq \frac{P_{co}}{D_{cd}}$$

Donde:

N_{cd} = Número de conductores de descenso.

P_{co} = Perímetro de construcción, en m;

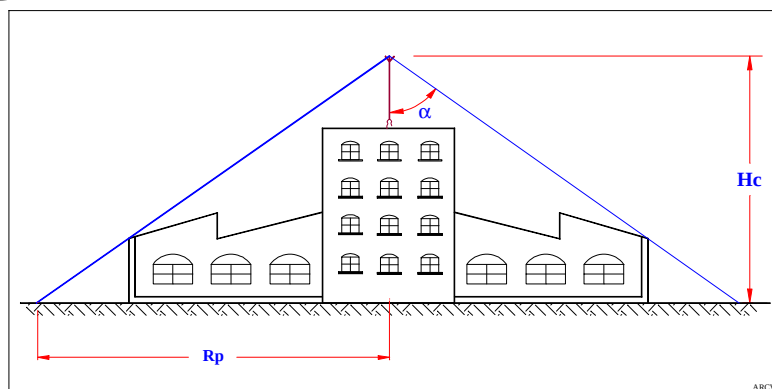
D_{cd} = Distancia entre los conductores de descenso, dada en la Tabla 11.5.

Tabla 11.5
Distancia máxima entre los conductores de descenso

Nivel de protección	Distancia máxima (m)
I	10
II	15
III	20
IV	25

Los conductores de descenso deben ser distribuidos a lo largo de todo el perímetro de construcción, con un espaciamiento máximo en función del nivel de protección deseado y dado en la Tabla 11.5, no admitiendo un número de conductores de descenso inferiores a 2.

Esquema 11.6
Zona de protección



El Esquema 11.7 muestra esquemáticamente los conductores de descenso de una construcción fabril.

Debe ser mínimo cuatro los números de conductor de descenso en torres o tinglados de altura superior a 25 m en consecuencia transversales cuadradas o hexagonales.

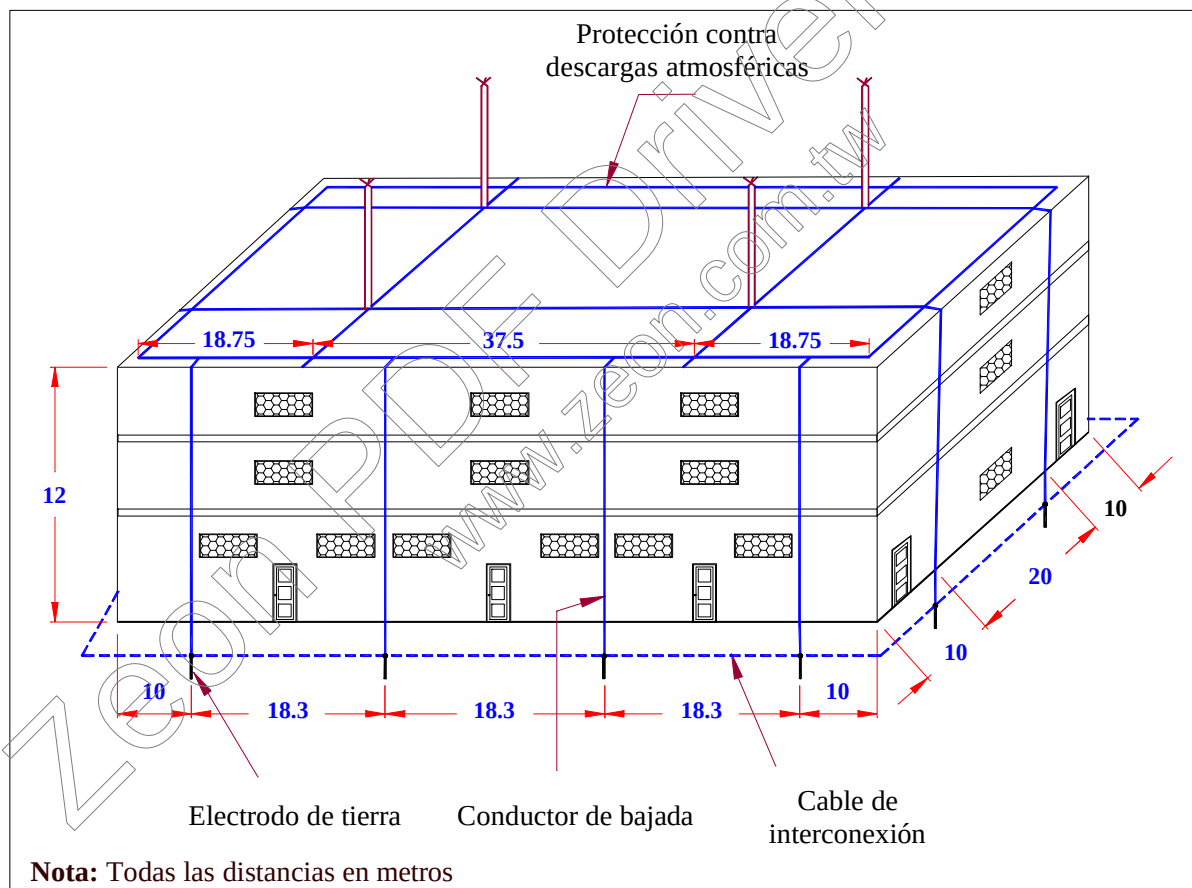
Deben ser provistos por lo menos dos captosres para las chimeneas o tinglados.

Todas las partes metálicas que compone la torre y tinglados, tales como tirantes de estacamiento, fundaciones etc., deben ser debidamente aterradas.

c) Sección del conductor

De preferencia deben ser utilizados conductores de cobre duro, principalmente en zonas industriales de elevada polución.

Esquema 11.6
Zona de protección



La sección mínima de los conductores es dada en función del tipo de material del conductor y de la altura de la edificación, conforme la Tabla 11.6.

Tabla 11.6
Sección de los conductores de malla superior y de descenso en mm²

Material conductor	Altura de la construcción	
	á 20 m	> 20 m
Cable de cobre	16	35
Cable de aluminio	35	50
Cable de acero galvanizado	50	80

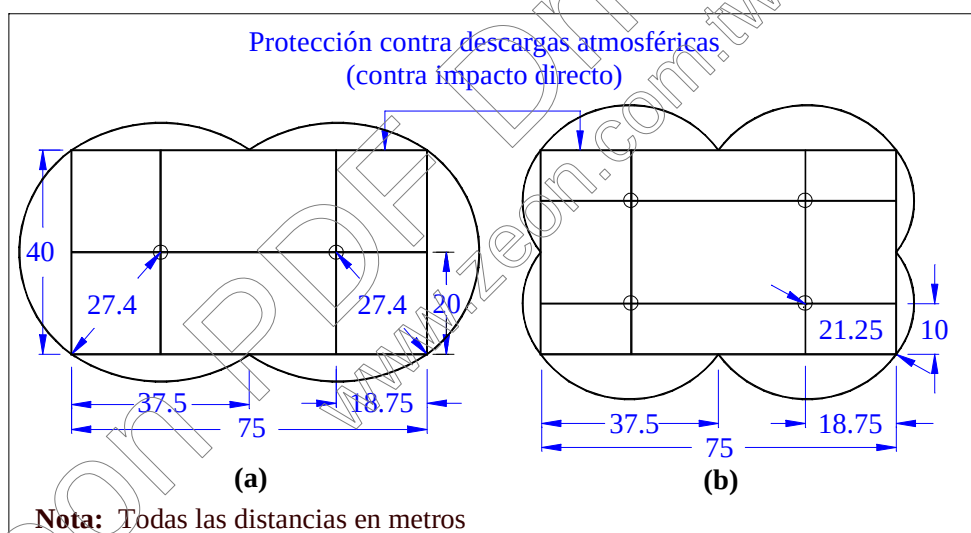
Las conexiones entre captosres, descensos y masas metálicas y entre los electrodos del aterramiento, la sección mínima del conductor de cobre es de 16 mm².

d) Resistencia de malla de tierra

La resistencia de malla de tierra no debe ser superior a 10 Ω en cualquier época del año.

Cuando la construcción es destinada a materiales explosivos o inflamables, la resistencia de malla de tierra no debe ser superior a 1 Ω .

Esquema 11.7



Ejemplo de aplicación:

Conocida las dimensiones de la industria de manufacturado simple, representada en el Esquema 11.6, proyectar un sistema de protección contra descargas atmosféricas. La vista superior del edificio es mostrada en el Esquema 11.7-a y b.

a) Zona de protección:

Considerando solamente dos pararrayos instalados en los puntos A y B indicados en el esquema 11.7-a, el radio de protección de cada uno debe ser:

$$R_{p1} = \sqrt{20^2 + 18.75^2} = 27.4 \text{ m.}$$

$$R_{pl} = H_C \times \operatorname{tg} \alpha$$

Industria de nivel III: $\alpha = 45^\circ$ (Tabla 11.5)

Como hay más de un captor, se tiene:

$$\alpha = 45 + 10 = 55^\circ$$

$$H_C = \frac{R_{pl}}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{27.4}{\operatorname{tg} 55} = 19.18 \text{ m}$$

H_C = Altura de la punta del captor respecto al tejado, en m

Como en general, el mástil es de 3 m, el soporte del conjunto mástil-captor vale:

$$L_S = H_C - 3 = 19.18 - 3 = 16.18 \text{ m}$$

Como la longitud del soporte es muy grande, serán considerados cuatro pararrayos instalados de conformidad con el Esquema 11.7-b, debiendo ser el radio de protección de cada uno:

$$R_{p2} = \sqrt{10^2 + 18.75^2} = 21.25 \text{ m}$$

$$H_C = \frac{R_{p2}}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{21.25}{\operatorname{tg} 55} = 14.87 \text{ m}$$

Luego, la longitud del soporte es de:

$$L_S = H_C - 3 = 14.87 - 3 = 11.87 \text{ m}$$

El soporte de 11.87 m podrá ser constituido de una torre reticulada de perfiles metálicos, fijándose en su base un aislador de vidrio templado o porcelana vitrificada, aislado para 10 kV.

Se puede observar a través del Esquema 11.7-a y b, que todas las partes de la construcción están cubiertas por áreas de protección formadas por los pararrayos.

b) Número de conductor de descenso

De la ecuación $N_{cd} = \frac{P_{co}}{D_{cd}}$ se tiene:

$$D_{cd} = 20 \text{ m (Tabla 11.5 – nivel de protección III)}$$

$$P_{co} = 2 \times 75 + 2 \times 40 = 230 \text{ m}$$

$$N_{cd} = \frac{230}{20} = 11.5 \approx 12 \text{ conductores}$$

c) Sección del conductor

La sección del conductor debe ser: $S_c = 16 \text{ mm}^2$, en cable de cobre, según la Tabla 11.6.

En cuanto a los aterramientos, se deben realizar las conexiones de los descensos al anillo de tierra o prever por lo menos tres electrodos de tierra para cada descenso, un total de 36 unidades.

CAPITULO 12

DISPOSITIVOS FUSIBLE

Zeon PDF Driver
www.zeon.com.tw

CAPITULO 12

DISPOSITIVOS FUSIBLE

12.1 GENERALIDADES

Los dispositivos fusibles constituyen la protección más tradicional de los circuitos y sistemas eléctricos. Su operación consiste en la fusión del elemento fusible contenido en el fusible. El elemento fusible, o “punto débil” del circuito, es un conductor de pequeña sección transversal, que sufre, debido a su alta resistencia, un calentamiento mayor que las otras conductoras al paso de la corriente. Para una relación adecuada entre la sección del elemento fusible y la del conductor protegido, ocurrirá la fusión del cristal del elemento fusible, cuando alcanza una temperatura próxima a la máxima admisible.

El elemento fusible es una hebra alambre o una lamina, generalmente de cobre, plata, estaño, plomo o aleación, colocada en el interior del cuerpo del fusible, en general de porcelana herméticamente cerrado. Algunos fusibles poseen un indicador que permite verificar si el dispositivo fusible operó o no, esta compuesto por un hilo, por ejemplo, de acero conectada en paralelo con el elemento fusible y que libera un resorte después de la operación. La mayoría de los fusibles contienen en su interior, envolviendo por completo el elemento fusible, material granulado extintor de arco; pero eso se utiliza en general arena de cuarzo de granulometría conveniente.

Los fusibles son elementos apropiados para la protección de cables y conductores, tanto para el caso de sobrecarga como cortocircuito. Se caracterizan por tener grandes capacidades de ruptura y operar en pequeños espacios físicos.

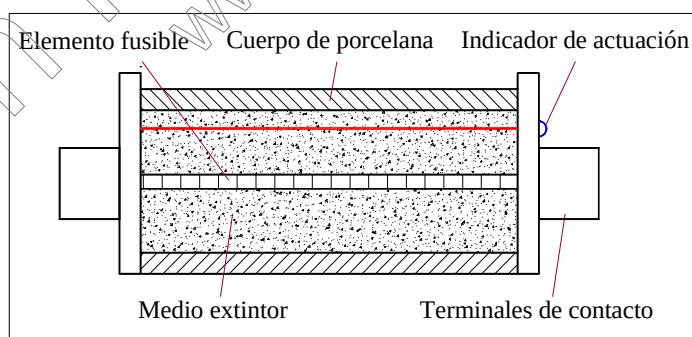
Esto, sumado a su alta selectividad, los convierte en el elemento ideal para la protección Back Up de interruptores termomagnéticos.

Debido a su gran poder de limitación de corrientes de cortocircuito, los fusibles son además los elementos ideales; para la protección de contactores, disyuntores, etc.

El Esquema 12.1 muestra la composición de un fusible (caso más general).

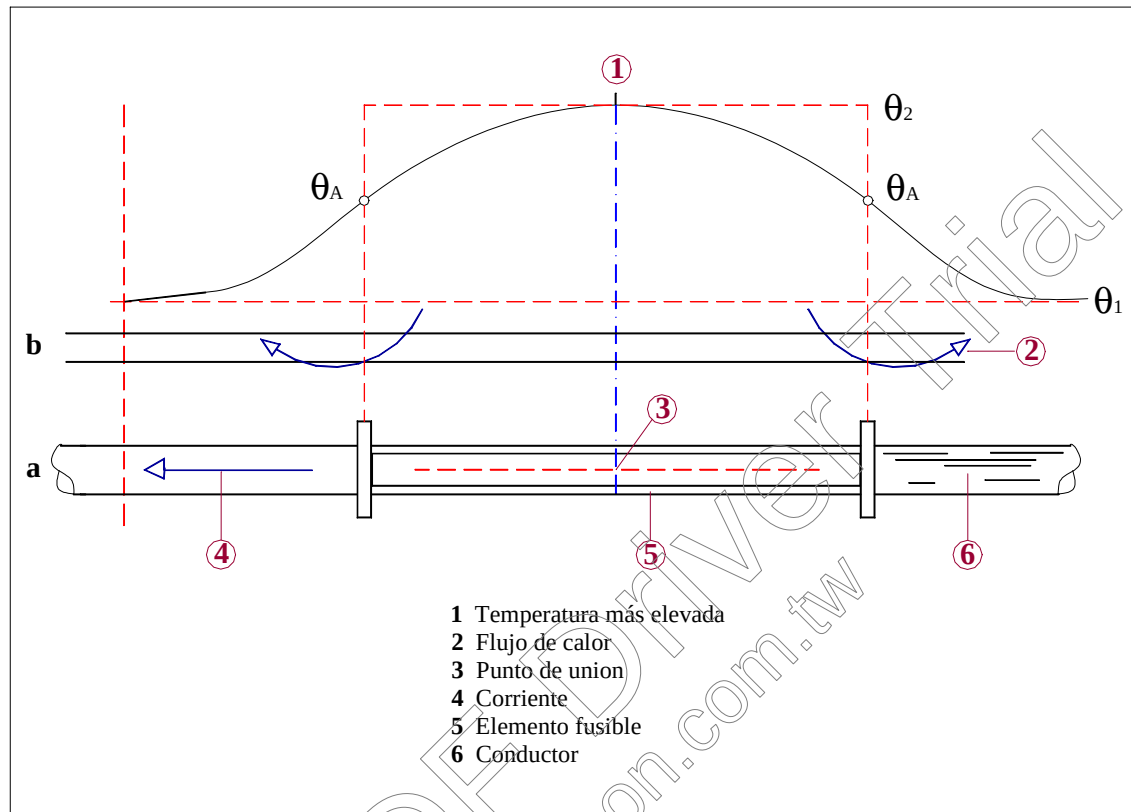
El elemento fusible puede tener diferentes formas. En función de la corriente nominal, se compone de una o más laminas en paralelo, con trochas de sección reducida. En el elemento fusible existe también un material adicional, un punto de unión cuya temperatura de fusión es bastante menor que la del elemento.

Esquema 12.1
Componentes de un fusible



El Esquema 12.2 muestra para simplificar, sólo el elemento fusible en serie con los conductores del circuito. El conductor y el elemento fusible son recorridos por una corriente I , que las calienta. La temperatura del conductor adquiere un valor constante. Debido a la alta resistencia del elemento fusible, este sufre un calentamiento mayor θ_2 , que es transferido al medio adyacente principalmente a través, de las conexiones con los conductores. La baja capacidad de transmisión de calor resulta en una alta temperatura en el punto medio del elemento fusible.

Esquema 12.2
Temperatura del elemento fusible

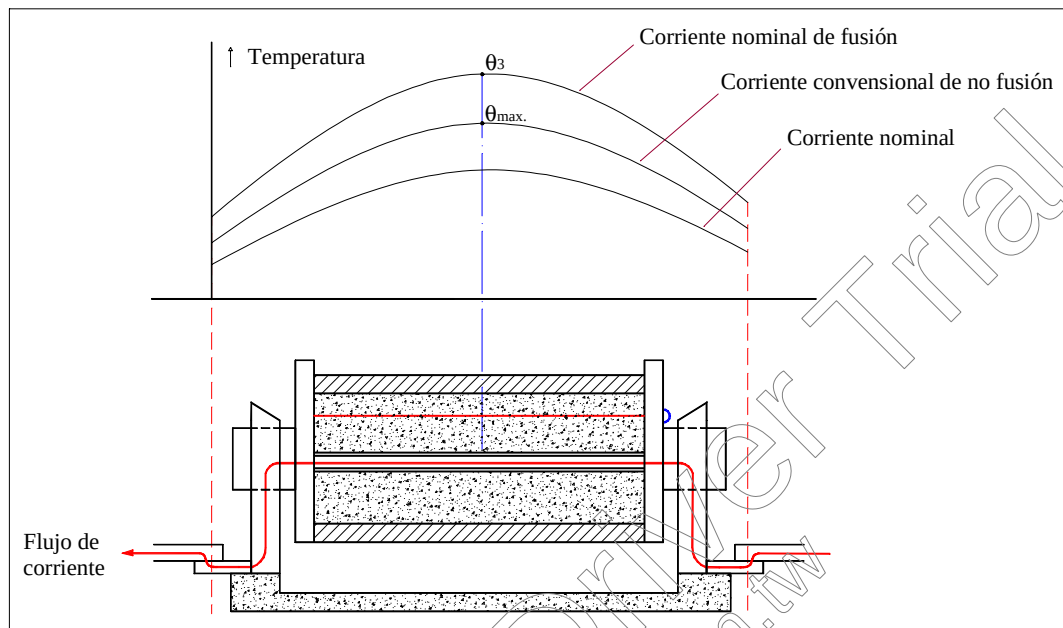


La temperatura decrece desde el punto medio, hasta los extremos del elemento fusible. Los puntos de conexión no están sometidos a la misma temperatura del punto medio, en realidad poseen una temperatura (θ_A) mayor que la de los conductores (θ_1). La temperatura θ_A no debe sobrepasar un determinado valor para no perjudicar la vida útil de la aislación de los conductores; ese valor está limitado por las normas. La corriente que puede recorrer por el fusible permanentemente sin que ese valor límite sea superado se define como la corriente nominal del fusible.

El paso de una corriente superior a la nominal, resulta en la elevación de la temperatura a lo largo del fusible. Hasta que el pico de temperatura $\theta_{m\acute{a}x.}$, con un cierto margen de seguridad permanece debajo de la temperatura de fusión del elemento fusible θ_s , el fusible permanece intacto (Esquema 12.3).

Las normas de fusibles definen, para los diversos tipos y para los diferentes rangos de corrientes nominales, de dispositivos fusibles, el tiempo convencional se definen, el tiempo convencional (t_c), la corriente convencional de no fusión (I_{nf}) y la corriente nominal de fusión (I_f) que están determinadas en función de la corriente nominal (I_n).

Esquema 12.3
Variación de la temperatura entre los puntos de conexión del fusible
para varios valores de corriente



Ejemplo:

Un fusible para el cual:

$$I_N = 160 \text{ A}$$

$$t_c = 2\text{h}$$

$$I_{nf} = 1.2 I_N = 1.2 \times 160 = 192 \text{ [A]}$$

$$I_f = 1.6 I_N = 1.6 \times 160 = 256 \text{ [A]}$$

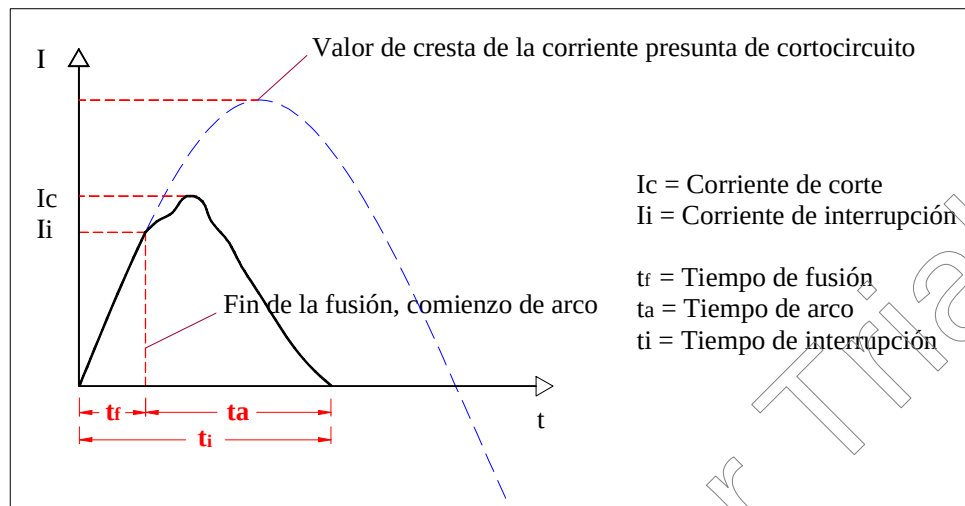
Este fusible debe poder conducir 192 A por 2 horas, sin fundirse cuando la corriente alcanza un valor mayor que I_{nf} , para el tiempo t_c , la temperatura en el punto de unión del fusible alcanza el valor de fusión θ_s y el fusible actúa. En el ejemplo dado con 256 A el fusible deberá fundir antes de 2 horas.

Si el fusible es recorrido por una corriente muy superior a la nominal, por ejemplo 10 veces, los trechos de sección reducida de las laminas se funden antes que el punto de unión, en virtud de la alta densidad de corriente, si la corriente alcanza un valor más elevado, por ejemplo 50 veces la corriente nominal y el tiempo de fusión es $\leq d_{ms}$, los trechos de sección reducida del elemento fusible se elevan a la temperatura de fusión antes que la energía calórica puede fluir hacia las partes adyacentes.

En los fusibles limitadores de corriente, debido a las elevadas sobrecorrientes que se dan en cortocircuito, la fusión puede darse en un tiempo inferior a 5 ms, esto es, dentro del primer cuarto de ciclo. En esas condiciones la corriente de cortocircuito no alcanza su valor de cresta I_s , limitándose a su valor correspondiente de corriente de corte I_c , como muestra el Gráfico 12.1.

Debido a la acción limitadora, estos fusibles poseen una elevada capacidad de interrupción, una vez que, en realidad interrumpen sólo una fracción de la corriente de cortocircuito.

Gráfico 12.1
Actuación de un fusible limitador de corriente



12.1.2 Características

La IEC caracterizan dos clases de fusibles: Los de uso general (general purpose) y los de respaldo (back-up).

- Los fusibles de uso general (tipos gI y gII).**.- Son fusibles limitadores de corriente capaces de interrumpir, en condiciones especificadas, todas las corrientes capaces de ocasionar la fusión del elemento fusible, hasta su capacidad de interrupción nominal. Se emplean en la protección de conductores eléctricos contra sobrecargas y cortocircuitos.
- Los fusibles de respaldo (tipo aM).**.- Son fusibles limitadores de corriente capaces de interrumpir, en condiciones especificadas, todas las corrientes entre el menor valor indicado en sus características tiempo-corriente y su capacidad de interrupción nominal. Son usados generalmente para proporcionar protección contra cortocircuitos, siendo generalmente utilizados en combinación con otro dispositivo (que proporciona la protección contra sobrecargas y contra los cortocircuitos hasta un determinado valor).

12.1.3 Aplicaciones de fusibles

Se define dos tipos de aplicaciones para los dispositivos fusibles: Industrial y doméstica.

- En la aplicación industrial deben usarse dispositivos cuyos fusibles sólo son accesibles a personas autorizadas y sólo podrán ser sustituidos por éste personal; los dispositivos no precisan asegurar necesariamente la no intercambiabilidad (entendiéndose por no intercambiabilidad como la propiedad de un dispositivo fusible de no permitir la sustitución de los fusibles por otros no adecuados eléctricamente) y la protección contra contactos accidentales con partes vivas. Para esta aplicación se considera los fusibles gI, gII y aM.
- En la aplicación doméstica se emplean dispositivos cuyos fusibles son accesibles a las personas no calificadas, las normas de instalaciones domésticas exigen para el dispositivo fusible, la no intercambiabilidad y una construcción que incluya protección contra contactos accidentales con partes vivas. Para este fin la norma considera los fusibles gI y gII solamente.

Se definen 2 series de valores normalizados para las tensiones nominales (en C.A.) de los dispositivos fusibles como se indica en la Tabla 12.1.

Tabla 12.1
Tensiones nominales de los
dispositivos fusibles

Serie I (V)	Serie II (V)
	120
	208
220 *	240 *
	277
380 *	415 *
500	480
660	600

* Para los dispositivos de uso industrial valen todos los valores, inclusive los indicados; para los de uso doméstico sólo valen las tensiones nominales.

Es importante observar que la tensión nominal del fusible puede ser diferente de la del porta fusible en que deberá ser montado; la tensión nominal del dispositivo fusible es el menor valor de tensión nominal entre las correspondientes al fusible y al porta fusible.

La Tabla 12.2 indica los valores de corrientes nominales de los dispositivos fusibles:

La norma IEC recomienda las siguientes capacidades de interrupción nominal para los dispositivos fusibles:

- Uso industrial: No inferior a 50 kA, con tensión nominal hasta (inclusive) 500V.
- Uso doméstico:
 - gI – No inferior a 20 kA, con tensión nominal de 380 y 415 V.
 - gII – 3 a 13 A, con tensión nominal de 240 V; 6 A; todos los demás valores no inferiores a 20 kA.

Tabla 12.2
Corrientes nominales de los
dispositivos fusibles

Porta fusibles (A)	Fusibles (A)
	2
	4
	6
	8
	10
	12
	16
	20
	25
32	32
	40
	50
63	63
	80
100	100
	125
160	160
	200
250	250
	315
400	400
	500
630	630
800	800
1000	1000
1250	1250

Observaciones: (de la Tabla 12.2)

Para los dispositivos de uso doméstico, generalmente las corrientes nominales van hasta 100 A y se tiene 3, 13 y 45 A (para los gII)

Las Tablas 12.3 a 12.5 dan los valores de los tiempos convencionales y las corrientes convencionales de no-fusión y de fusión para los fusibles gI y gII.

Tabla 12.3
Corrientes nominales de los
fusibles tipo gI y gII

Corriente nominal I_N (A)	Tiempo convencional (h)
$I_N \leq 63$	1
$63 \leq I_N \leq 160$	2
$160 \leq I_N \leq 400$	3
$400 \leq I_N$	4
$63 \leq I_N \leq 160$	2

Tabla 12.4
Corrientes convencionales de no-fusión (Inf) y de
fusión (If) para fusibles tipo gI y gII (uso industrial)

Corriente nominal I_N (A)	gI		gII	
	Inf	If	Inf	If
$I_N \leq 4$	$1.5 I_N$	$2.1 I_N$	$1.2 I_N$	$1.6 I_N$
$4 \leq I_N \leq 10$	$1.5 I_N$	$1.9 I_N$		
$10 \leq I_N \leq 25$	$1.4 I_N$	$1.75 I_N$		
$25 \leq I_N \leq 100$	$1.3 I_N$	$1.6 I_N$		
$100 \leq I_N \leq 1000$	$1.2 I_N$	$1.6 I_N$		

Tabla 12.5
Corrientes convencionales de no-fusión (Inf) y de fusión (If)
para fusibles tipo gI y gII (uso domestico)

	Corriente nominal I_N (A)	Inf	If
gI	$I_N \leq 4$	$1.5 I_N$	$2.1 I_N$
	$4 \leq I_N \leq 10$	$1.5 I_N$	$1.9 I_N$
	$10 \leq I_N \leq 25$	$1.4 I_N$	$1.75 I_N$
	$25 \leq I_N \leq 100$	$1.3 I_N$	$1.6 I_N$
gII	3 y 13	$1.6 I_N$	$1.9 I_N$
	2 a 100	$1.2 I_N$	$1.6 I_N$

Para fusibles de respaldo (aM) no se fijan las corrientes convencionales de fusión y de no-fusión. Comparando fusibles un gI y un gII (uso industrial o doméstico), de la misma corriente nominal tenemos:

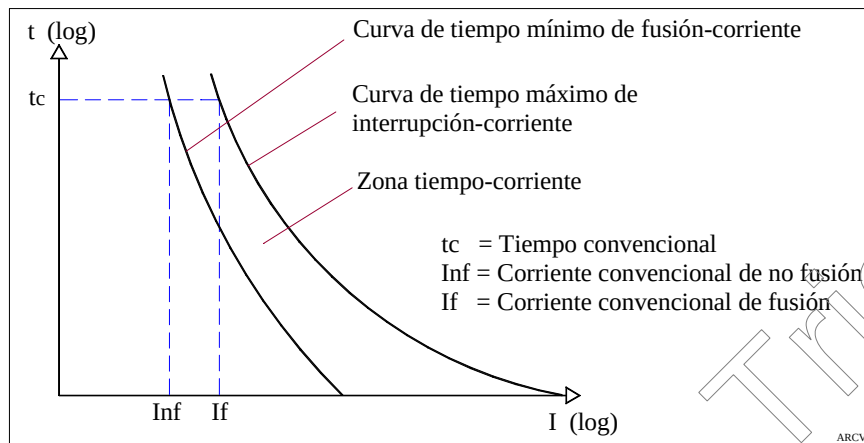
- $I_N = 20 \text{ A}$
- Para ambos el tiempo convencional será, de la Tabla 12.3.
 $t_c = 1 \text{ h}$
- Las corrientes convencionales de no-fusión y de fusión serán, de la Tabla 12.4 o (12.5).
 - gI: $Inf = 1.4 I_N = 1.4 \times 20 = 28 \text{ A}$
 $If = 1.75 I_N = 1.75 \times 20 = 35 \text{ A}$
 - gII: $Inf = 1.2 I_N = 1.2 \times 20 = 24 \text{ A}$
 $If = 1.6 I_N = 1.6 \times 20 = 32 \text{ A}$

Vemos que un fusible gI deberá conducir 28 A por 1 hora sin fundir, en tanto que gII solamente 24 A; por otro lado, el gI con 35 A deberá fundir antes de 1 hora, valor que corresponde a 32 A para el fusible gII.

Para los fusibles de respaldo (aM) no se fijan las corrientes convencionales de fusión y de no-fusión.

La característica tiempo-corriente de un fusible da el tiempo virtual de fusión o de interrupción en función de la corriente simétrica, en condiciones especificadas de operación. La faja comprendida entre la característica tiempo mínimo de fusión - corriente y la característica tiempo máximo de interrupción - corriente sobre características especificadas, se denomina zona tiempo-corriente. El Gráfico 12.2 muestra la zona tiempo-corriente de un fusible de uso general.

Gráfico 12.2
Zona tiempo corriente de un fusible de uso general



El Gráfico 12.3 muestra la zona tiempo corriente de dos fusibles de 40 A, un gI y otro gII, el Gráfico 12.4 muestra la zona tiempo corriente de un fusible aM.

Gráfico 12.3
Zona tiempo corriente de dos fusibles de 40 A, un tipo gI y otro gII

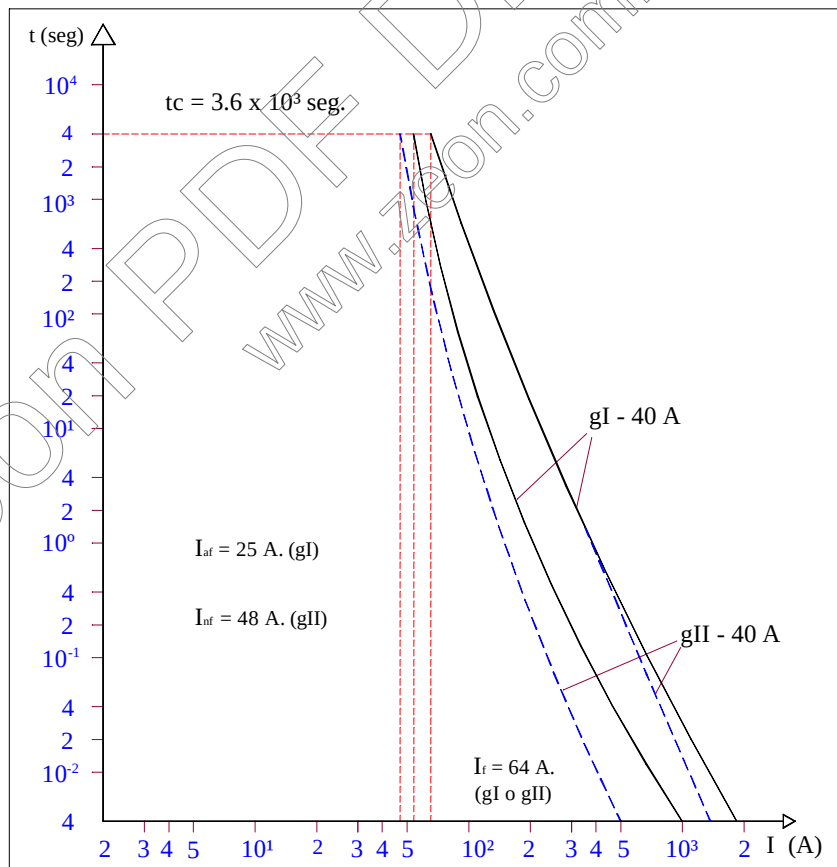
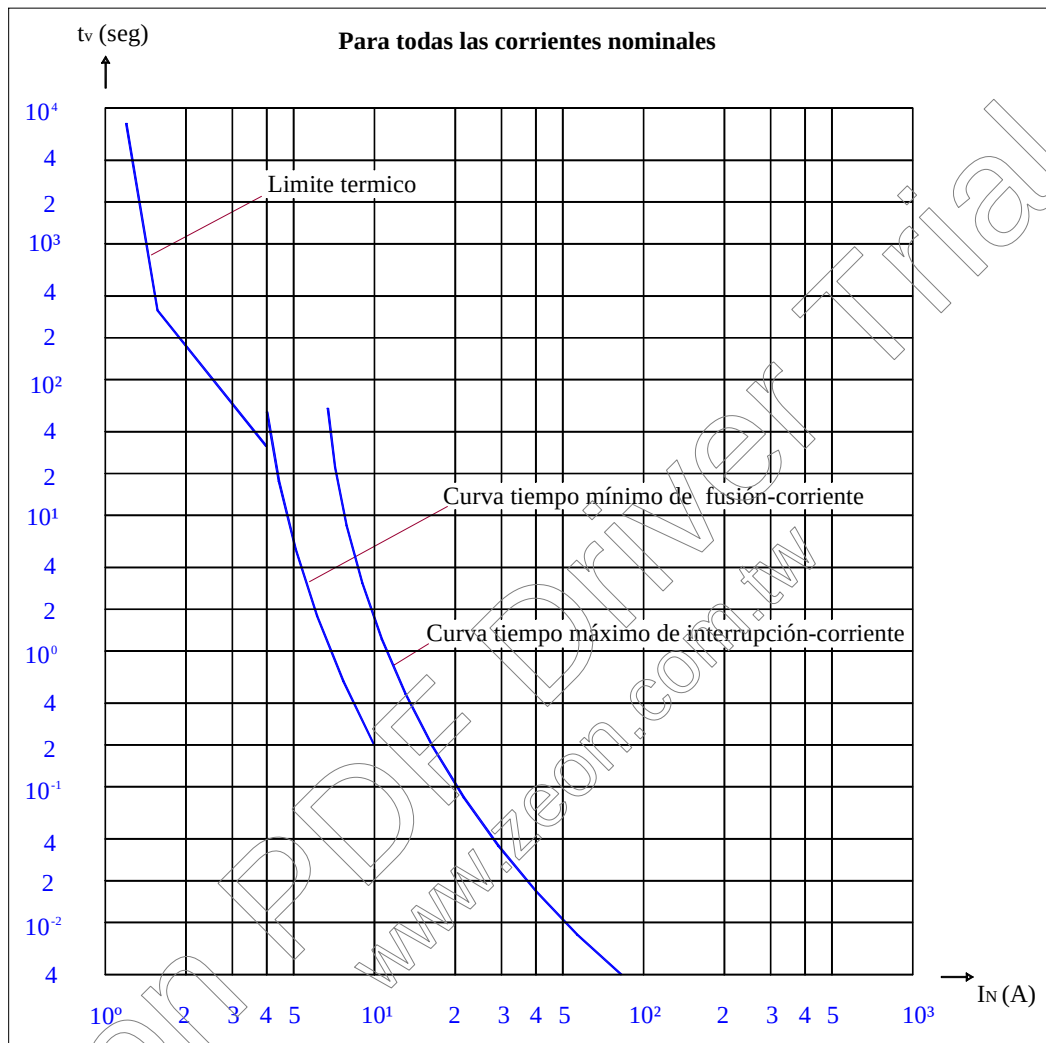


Gráfico 12.4
Zona tiempo corriente de un fusibles aM
(Menor valor a interrumpir $4 \cdot I_N$)



Las Tablas 12.6 y 12.7 dan, respectivamente; los límites de la zona tiempo corriente para los fusibles gI, gII y aM, de uso industrial, y gI, gII de uso doméstico; en ellas I_N es la corriente nominal del fusible; $t_{v \min.}$ es el tiempo virtual de fusión y $t_{v \max.}$ es el tiempo virtual de interrupción.

Para fusibles conteniendo, además del elemento fusible un material adicional, la característica tiempo de fusión-corriente esta compuesta de dos curvas, una para el elemento fusible propiamente dicho (curva “b”) y otra para el material adicional (curva “a”).

Tabla 12.6
Límites de la zona tiempo-corriente para los fusibles de respaldo aM

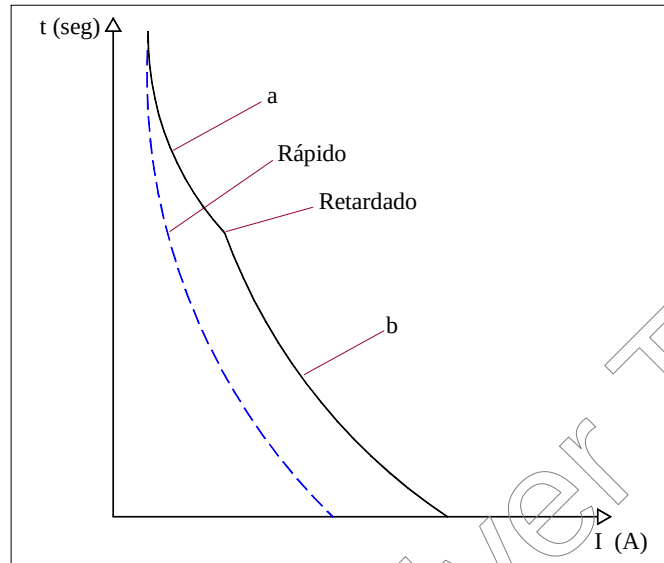
Múltiplo de I_N	$4 I_N$	$6.3 I_N$	$8 I_N$	$10 I_N$	$12.5 I_N$	$25 I_N$	$50 I_N$
$t_{v, \max} S$		60			0.5	0.04	0.009
$t_{v, \min} S$	60		0.5	0.2			

Tabla 12.7
Límites de la zona tiempo-corriente para los fusibles de uso general gI y gII para aplicación doméstica según la IEC

$I_N A$	Con $3.15 I_N$		Con $6.3 I_N$		Con $12.5 I_N$		Con $25 I_N$
	$t_{v, \min.} S$	$t_{v, \max.} S$	$t_{v, \min.} S$	$t_{v, \max.} S$	$t_{v, \min.} S$	$t_{v, \max.} S$	$t_{v, \max.} S$
gI	2	0.055	30	0.004	1.0	0.08	0.008
	4	0.15	36	0.011	1.0	0.08	0.010
	6	0.28	41	0.02	1.0	0.10	0.012
	8	0.40	44	0.03	1.2	0.10	0.012
	10	0.55	48	0.04	1.5	0.10	0.014
	12	1.0	52	0.10	2.0	0.14	0.016
	16	1.2	56	0.10	3.0	0.20	0.020
	20	1.5	60	0.14	3.0	0.20	0.020
	25	2.1	64	0.20	3.0	0.20	0.020
	32	3.0	70	0.20	3.0	0.20	0.020
	35	3.0	70	0.20	3.0	0.20	0.020
	40	3.0	70	0.20	3.0	0.20	0.020
	50	3.0	70	0.20	3.0	0.20	0.020
	63	3.0	70	0.20	3.15	0.20	0.020
gII	80	3.0	80	0.20	3.55	0.22	0.020
	100	3.0	90	0.20	4.0	0.25	0.020
	2	0.0085	0.27	0.016			
	4	0.016	1	0.04		0.004	
	6	0.033	12	0.55		0.037	
	8	0.04	14	0.004	0.6	0.040	
	10	0.06	16	0.7		0.044	
	12	0.55	17	0.037	0.8	0.050	0.0037
	16	0.6	19	0.04	0.86	0.058	0.004
	20	0.7	21	0.044	1.0	0.065	0.0045
	25	0.8	26	0.05	1.1	0.07	0.0053
	32	0.86	28	0.058	1.2	0.08	0.0057
	40	1.0	55	0.065	2.1	0.15	0.010
	50	1.2	63	0.07	3.0	0.2	0.020
	63	1.2	71	0.08	3.15	0.2	0.020
	80	2.1	80	0.15	3.55	0.22	0.020
	100	3.0	90	0.20	4.0	0.25	0.020
	3	0.016	10	0.095		0.014	0.0035
	13	0.21	80	0.017	0.8	0.06	0.0075
	45	1.1	60	0.07	2.8	0.19	0.019

Son los fusibles retardados o lentos (Gráfico 12.5) la norma IEC no hace referencia explícita a este tipo de fusible; pero en los fusibles de uso general gI y gII pueden adecuarse los fusibles retardados.

Gráfico 12.5
Características tiempo-corriente de fusión-corriente de un fusible retardado, comparada con la de un rápido de la misma corriente nominal



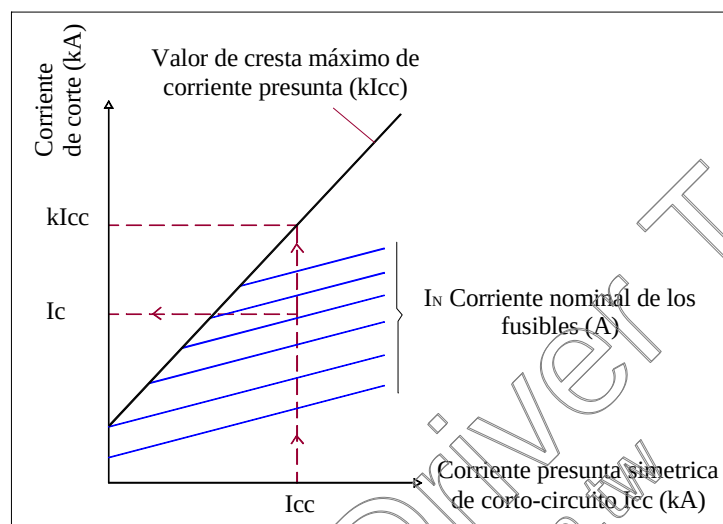
En los fusibles retardados, debido a la sección mayor del elemento fusible, el tiempo de actuación debería ser mayor que el de los fusibles rápidos, para sobrecorrientes elevadas. Sin embargo, debido a la reducción al mínimo de la sección del elemento, en los tramos de sección reducida, se consigue para altas sobrecorrientes comparables al de los fusibles rápidos. Generalmente, para los fusibles retardados, la operación es temporizada para sobrecorrientes hasta cerca de 8 veces la corriente nominal; para valores superiores, la curva se inclina y el fusible actúa prácticamente como si fuese rápido (Gráfico 12.6).

Gráfico 12.6
Actuación de un fusible rápido de un fusible retardado, de la misma corriente nominal

La actuación de un fusible limitador queda bien explicada a través de la característica de corte. Esa curva, definida para los valores nominales especificados (tensión, frecuencia y factor de frecuencia de cortocircuito), permite obtener, dada una corriente de cortocircuito simétrica presumida.

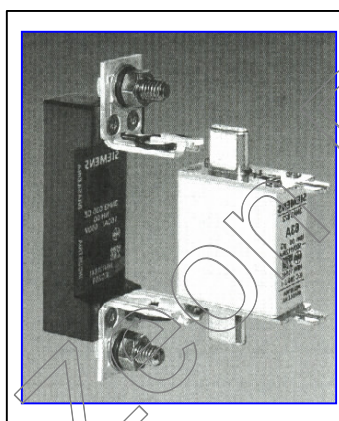
- El valor de cresta de la corriente presumida,
- La corriente de corto.

Gráfico 12.7
Características de corte de un fusible limitador



12.2 INFORMACION TECNICA DE FUSIBLES “SIEMENS”

12.2.1 Fusibles NH



Los fusibles NH, tipo 3NA, son aptos para la protección de cables y conductores (característica gL/gG). Los fusibles NH también son apropiados para proteger circuitos, que en servicio, están sujetos a sobrecargas de corta duración, como por ejemplo, en el arranque de motores trifásicos con rotor jaula de ardilla.

Los fusibles NH mantienen sus características de disparo de acuerdo a las curvas, aún cuando son sometidos a sucesivas sobrecargas de corta duración, y son resistentes a la fatiga (envejecimiento) cuando son sometidos a sobrecargas pequeñas de larga duración.

Todos los tipos se caracterizan por su extremadamente baja pérdida nominal.

Las elevadas corrientes de cortocircuito son limitadas en su intensidad, en virtud de corto tiempo de fusión (< 4 ms).

Todos los fusibles NH poseen contactos bañados en plata que garantizan un contacto perfecto con su base, alta confiabilidad y minimizan las pérdidas en el punto de contacto, garantizando así una confiabilidad total.

Categoría de utilización:	gL/gG (aplicación general y capacidad de interrupción en toda la zona tiempo-corriente)
Tensión nominal:	500 Vac / 250 Vdc

Corrientes nominales:	16 a 1250 A
Capacidad de ruptura nominal:	120 kA hasta 500 Vac 100 kA hasta 250 Vdc
Normas:	IEC 269-2

Esquema 12.4
Dispositivos fusible NH

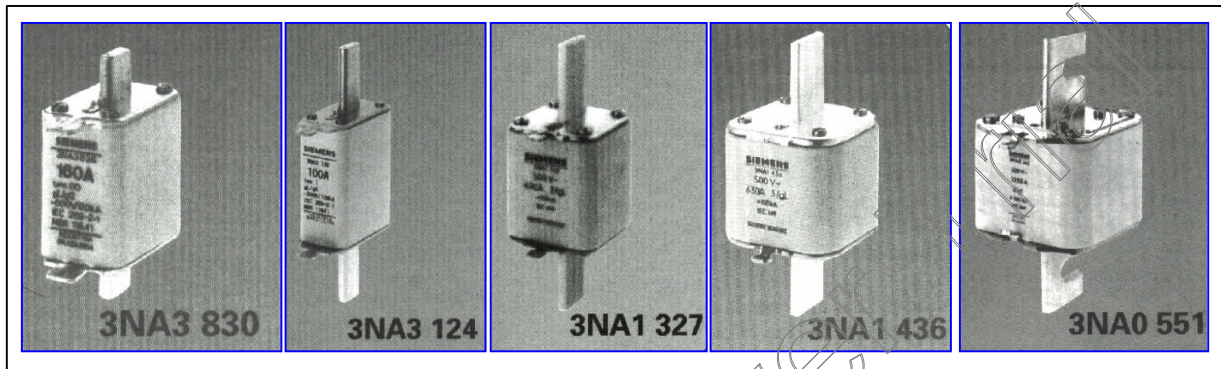


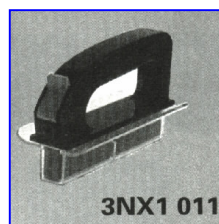
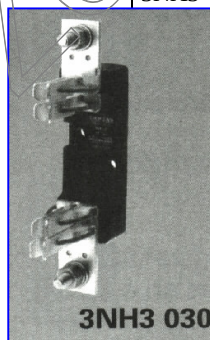
Tabla 12.8
Fusibles NH

Fusibles NH		
Tamaño	Tipo	Corriente nominal (A)
00	3NA3 805	16
	3NA3 810	25
	3NA3 816	36
	3NA3 817	40
	3NA3 820	50
	3NA3 822	63
	3NA3 824	80
	3NA3 830	100
	3NA3 832	125
	3NA3 836	160
1	3NA3 124	80
	3NA3 130	100
	3NA3 132	125
	3NA3 136	160
	3NA3 140	200

Bases NH		
Tamaño	Tipo	Corriente nominal (A)
0	3NH3 030	160
1	3NH3 230	250
2	3NH3 320	400
3	3NH3 420	630
4a	3NH7 520	1250

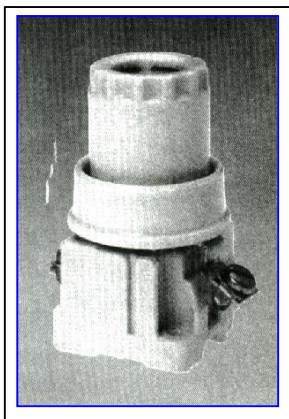
Empuñadura NH	
Tamaño	Tipo
00 a 3	3NX1 011

Esquema 12.5
Base y empuñadura



	3NA3 144	250
2	3NA1 326	224
	3NA1 327	250
	3NA1 330	315
	3NA1 331	355
	3NA1 332	400
3	3NA1 432	400
	3NA1 434	500
	3NA1 436	630
4	3NA0 548	800
	3NA0 551	1000
	3NA0 542	1250

12.2.2 Fusibles diazed



Son aptos para la protección de cables y conductores (característica gL/gG).

La línea de fusibles Diazed está compuesta por dos tamaños constructivos, DII y DIII.

Los fusibles Diazed deben ser utilizados preferentemente, en la protección de conductores en redes de energía eléctrica y circuitos de comando.

Categoría de utilización:	gL/gG (aplicación general y capacidad de interrupción en toda la zona tiempo-corriente)
Tensión nominal:	500 Vac / 220 Vdc
Corrientes nominales:	16 a 63 A
Capacidad de ruptura nominal:	70 kA hasta 220 Vac 100 kA hasta 220 Vdc
Normas:	IEC 269-2

Esquema 12.6
Dispositivos fusible diazed

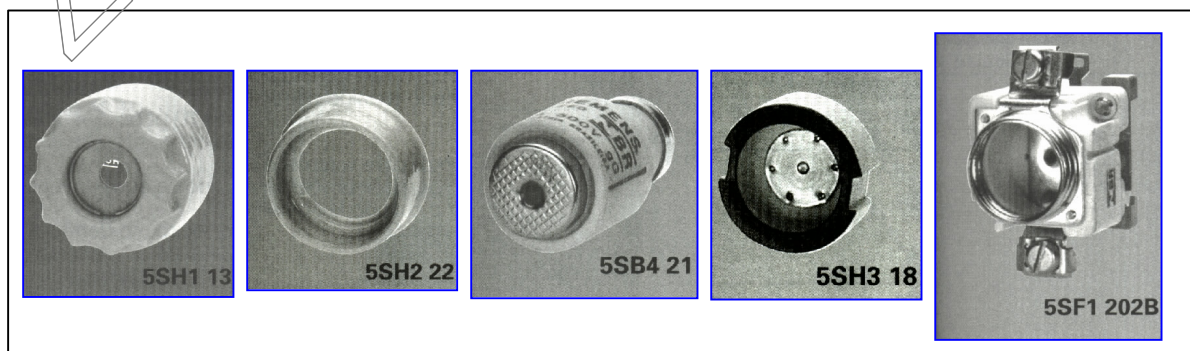


Tabla 12.9
Fusibles diazed

Fusibles diazed			
Tamaño	Tipo	Corriente Nominal (A)	Base (Rosca)
DII	5SB2 11	2	E27
	5SB2 21	4	E27
	5SB2 31	6	E27
	5SB2 51	10	E27
	5SB2 61	16	E27
	5SB2 71	20	E27
DIII	5SB4 11	35	E33
	5SB4 21	50	E33
	5SB4 31	63	E33

Tapas roscadas diazed			
Tamaño	Tipo	Para Base de:	Rosca
DII	5SH1 12	25 A	E27
DIII	5SH1 13	63 A	E33

Bases diazed				
Tamaño	Tipo	Corriente Nominal (A)	Rosca	Fijación
DII	5SF1 0.2	2 a 25	E27	Por tornillo
	5SF1 0.002B	2 a 25	E27	Rápida
DIII	5SF1 22	35 a 63	E33	Por tornillo
	5SF1 202B	35 a 63	E33	Rápida

Tornillos de ajuste			
Tamaño	Tipo	Corriente Nomina (A)	Base (Rosca)
DII	5SH3 10	2	E27
	5SH3 11	4	E27
	5SH3 12	6	E27
	5SH3 13	10	E27
	5SH3 14	16	E27
	5SH3 15	20	E27
	5SH3 16	25	E27
DIII	5SB4 17	35	E33
	5SB4 18	50	E33
	5SB4 20	63	E33

Anillos cobertores		
Tamaño	Tipo	Rosca
DI	5SH2 02	E27
DII	5SH2 22	E33

Nota:
gI según VDE
gI/gII según IEC

Esquema 12.7
Ejemplo de Fusibles



CAPITULO 13

DISYUNTORES DE BAJA TENSION

Zeon PDF Driver
www.zeon.com.tw

CAPITULO 13

DISYUNTORES DE BAJA TENSION

13.1 GENERALIDADES

Los disyuntores también llamados interruptores automáticos son dispositivos de maniobra y protección que pueden, establecer, conducir e interrumpir corrientes en condiciones normales de un circuito, pueden también establecer, conducir por tiempo especificado (con excepción de algunos tipos pequeños de baja tensión), e interrumpir corrientes en condiciones anormales, especialmente las de cortocircuito.

Son más sofisticados y con más recursos que los dispositivos fusibles, en lo que concierne a la protección contra sobrecorrientes, los disyuntores operan a través de relés separados (principalmente los de alta tensión) o de disparadores en serie. Su operación es repetitiva, es decir, pueden ser rearmados después de su actuación, sin necesidad de sustitución. Por otro lado los disyuntores son, en la mayoría de los casos, dispositivos multipolares, lo que evita, por ejemplo, una operación monofásica indebida, tal como puede ocurrir cuando se quema un único fusible de un dispositivo trifásico protegiendo el circuito de un motor.

La característica tiempo-corriente de los fusibles no es ajustable, pudiendo alterarse solamente con el cambio del fusible (por un tipo y/o corriente nominal diferente); obsérvese también, que los fusibles pueden sufrir defectos alterando sus características. En el caso de los disyuntores, la característica tiempo-corriente, es ajustable en la mayoría de los casos, debe tomarse en consideración también que los disyuntores ofrecen un mayor margen de valores nominales y de características.

Los disyuntores de baja tensión pueden ser abiertos (o de fuerza), o en caja moldeada, cuando son montados como una unidad compacta en caja de material aislante. Los disyuntores abiertos son en general, tripolares, en tanto que los en caja moldeada pueden ser tri, bi o unipolares (los dos últimos tipos normalmente para corrientes nominales menores a 50 A).

Los disyuntores limitadores de corriente limitan el valor y la duración de las corrientes de cortocircuito y reducen los esfuerzos dinámicos y térmicos en las instalaciones a cerca de 20% y 10% respectivamente. Estos disyuntores aprovechan las fuerzas electrodinámicas originadas en el cortocircuito, para separar rápidamente los contactos, obteniéndose, de esta forma, un tiempo (total) de interrupción bastante corto (entre 10 y 30 milisegundos).

La capacidad de interrupción de los disyuntores, generalmente inferior a los dispositivos fusibles, varía para las diferentes corrientes nominales y marcas. Cuanto menor la corriente nominal, menor será, generalmente, la capacidad de interrupción del disyuntor. Los tipos no limitadores, para una misma corriente nominal, la capacidad de interrupción es inferior a la de los tipos limitadores de corriente. Es importante observar que, si la corriente presunta de cortocircuito en el lugar de aplicación fuese superior a la capacidad de interrupción del disyuntor, este deberá ser protegido por fusibles pre-conectados.

13.1.1 Operación

Los disyuntores de baja tensión operan a través de disparadores serie, que actúan por acción mecánica directa; siempre que la corriente sobrepase un valor predeterminado.

Estos disparadores pueden ser electromagnéticos o térmicos.

a) Los disyuntores abiertos pueden ser:

- Disparadores electromagnéticos para protección contra sobrecargas o cortocircuitos.
- Disparadores térmicos para protección contra sobrecargas y disparadores electromagnéticos para protección contra cortocircuitos.

b) Los disyuntores en caja moldeada son:

- Disparadores térmicos para protección contra sobrecargas y disparadores electromagnéticos para protección contra cortocircuitos (disyuntores termomagnéticos).
- Disparadores electromagnéticos para protección contra cortocircuitos (disyuntores solamente magnéticos).

13.1.2 Elementos de protección

13.1.2.1 Generalidades

En cuanto a protección contra anomalías de corriente, los elementos de protección son dos: térmico y electromagnético. En cuanto a protección de anomalías de tensión, los elementos son la bobina de disparo por sobretensión y la de disparo por baja tensión.

Aquí los trataremos más ampliamente, así como sus fundamentos teóricos.

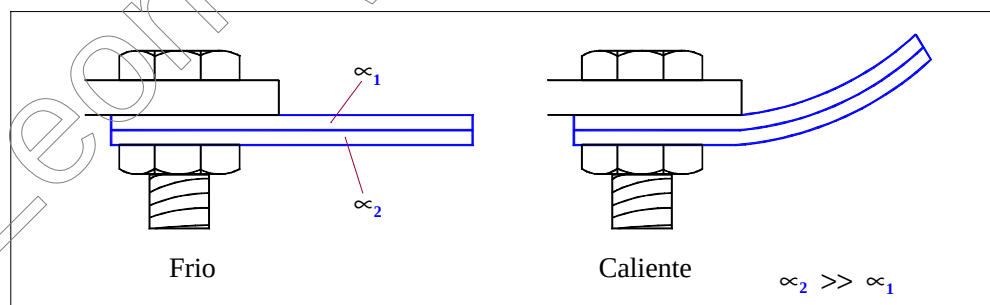
a) Protección térmica

El elemento básico de la protección térmica es un bimetel, de caldeo directo, si por él pasa la corriente, o de caldeo indirecto, en cuyo caso a su alrededor habrá arrollada una resistencia que producirá el calor suficiente para proporcionarle la temperatura y, por tanto, curvatura necesaria para que se produzca el disparo o desconexión. La citada corriente será toda o una parte determinada de la de carga.

El calor producido al paso de la corriente por una resistencia, bien sea la de caldeo, bien la del propio bimetel, producirá en ésta un aumento de temperatura.

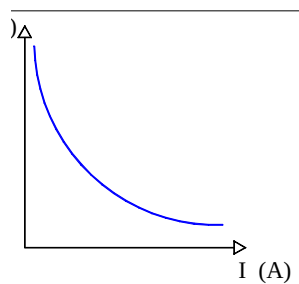
En un bimetel, como consecuencia de ser diferente el coeficiente de dilatación térmica de ambos metales, al aumentar la temperatura éstos sufren un alargamiento, que será diferente en ambos. Al estar soldados al menos por sus extremos, aquel cuyo coeficiente de dilatación sea mayor, se curvará sobre el otro, de forma que si fijamos uno de los extremos del bimetel (ver Esquema 13.1), el otro extremo se desplazará hacia el lugar ocupado por el de menor coeficiente de dilatación térmica, de modo que éste quedará en la concavidad y aquél en la convexidad de la curva que ambos describen.

Esquema 13.1
Protección térmica (Bimetel)



α = Coeficiente de dilatación

Si este bimetel, al llegar en su curvatura a un punto determinado acciona algún mecanismo o deja en libertad algún resorte de un modo u otro concatenado con el mecanismo de disparo, podemos conseguir el disparo del disyuntor por el paso de una corriente durante un tiempo determinado por el citado bimetel o su resistencia de caldeo conectado en el circuito del disyuntor (ver Gráfico 13.1).

Gráfico 13.1

Así pues, el bimetálico tiene que adquirir una determinada curvatura, para lo que es necesario que logre cierta temperatura, y como consecuencia, que se haya producido una suficiente cantidad de calor para el logro de la citada temperatura.

La curva real se obtiene por métodos empíricos y de ensayo, al construir los prototipos de cada aparato

b) Protección magnética

El elemento básico de la protección magnética, no es sino, una bobina con su respectivo núcleo, bobina por la que pasa toda o una parte de la corriente de carga. Esta bobina, al paso de una corriente determinada, produce la suficiente fuerza magnetomotriz como para atraer a una armadura móvil, que por un juego de palancas y resortes accionará el dispositivo de disparo o desconexión del automático.

El disparo del elemento de protección magnética es instantáneo; para expresarnos con más rigor, digamos que se produce en tiempos del orden de unos pocos milisegundos.

La bobina se calculará para que el disparo se produzca con una intensidad determinada, aunque hay unos márgenes de intensidades entre los que se produce el disparo, márgenes obligados por las condiciones mecánicas de sujeción de los diferentes elementos.

La instantaneidad no puede ser total por dos causas: primero, por la inercia propia del aparellaje o sistema mecánico de resortes y palancas, que por mucho que se quiera reducir no es factible, ni teórica ni prácticamente, su supresión, y segundo, porque al constituir la bobina un circuito inductivo, ni el flujo ni la corriente pueden lograrse ni anularse con instantaneidad en el sentido estricto de la palabra.

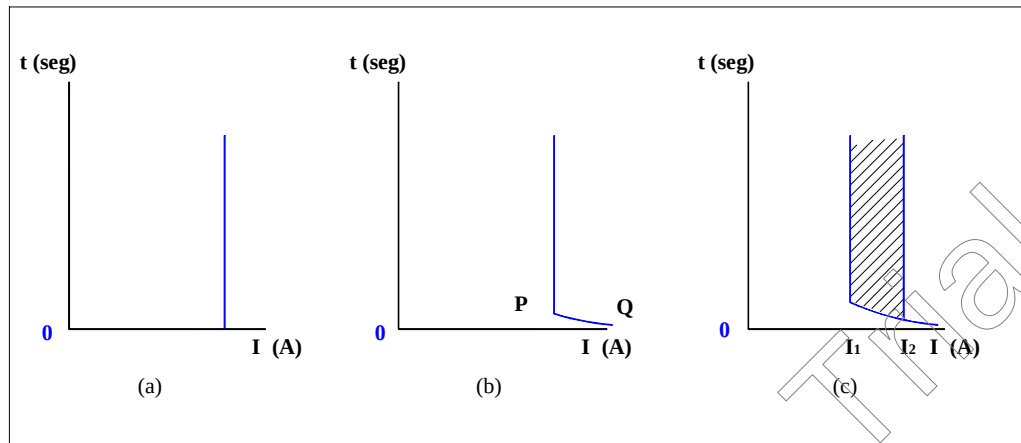
Este tiempo de retardo, que será el de atracción, en lo que a fenómenos eléctricos se refiere, depende de la relación de la corriente de falta, dividido por la corriente efectiva necesaria para la atracción, entendiéndose por intensidad de falta la que provoca el disparo. Así vemos que en el tramo PQ del Gráfico 13.9, b), la curva es descendente, o lo que es igual, cuanto mayor sea la intensidad que provoca la falta, menor será el tiempo de atracción, porque al ser la corriente efectiva necesaria constante en cada bobina, la citada relación de intensidades

$$\frac{I \text{ de falla}}{I \text{ efectiva necesaria}}$$

crecerá con la I de falta, y al crecer esta relación de intensidades disminuye el tiempo de atracción, y por tanto el de disparo.

Las curvas de tiempos de disparo en función de la intensidad se reducen prácticamente a una recta paralela al eje de los tiempos, y cuya abscisa es la intensidad a que está calibrado, para que se produzca el disparo ver Gráfico 13.2, a). Ello es así como consecuencia de que el tiempo de disparo es nulo (considerémoslo así en principio) y por tanto el mismo para cualquier sobreintensidad, y las intensidades de disparo serán todas las superiores a la que sirve de única abscisa a la citada curva (en este caso, una recta), de modo que llamemos a ésta I_1 ; con intensidades menores que I_1 , el automático no dispara, mientras que con intensidades iguales o superiores a I_1 el disparo es instantáneo.

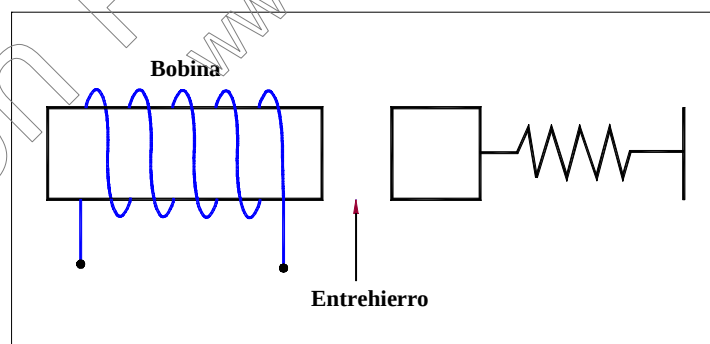
Gráfico 13.2
Curvas de disparo



En realidad, ya dijimos que no era instantáneo el disparo, sino que, por las causas que ya explicamos, precisaba de unos milisegundos, y a ello responde el tramo PQ del Gráfico 13.2, b), que marca el tiempo de disparo, si bien éste no tiene importancia más que en los disyuntores de alta capacidad de ruptura y en los de grandes intensidades, siendo en ambos un problema muy estudiado, causa por la que hoy en día está reducido de sobremanera.

Considerando el margen ya mencionado de disparo entre dos intensidades, la curva será como se indica en el Gráfico 13.2, c), de modo que en la zona situada a la izquierda de la curva, correspondiente a las intensidades menores que I_1 , no se producirá el disparo por dilatado que sea el tiempo de sobrecarga; en la zona rayada, correspondiente al margen de disparo, se disparará o no, y en la zona de la derecha de la curva correspondiente a las intensidades superiores a I_2 , el disparo es seguro, y en un tiempo casi nulo. I_1 e I_2 serán los límites del margen de disparo.

Esquema 13.2
Mecanismo de disparo



13.1.3 Características nominales

Los disyuntores de baja tensión se definen por dos tensiones nominales. La tensión nominal de operación o simplemente tensión nominal y el valor de tensión a la cual se refieren las capacidades de interrupción. Para los circuitos polifásicos se toma la tensión entre fases. Es importante observar que un mismo disyuntor puede poseer más de una tensión nominal de operación.

La otra tensión que define un disyuntor, es la tensión nominal de aislamiento y es aquel al cual están referidos los ensayos dieléctricos y las distancias de aislación. Generalmente la tensión de aislamiento nominal es el valor de la máxima tensión nominal de operación.

La capacidad de interrupción nominal en cortocircuito (I_{cn}) de un disyuntor se considera como el valor de corriente presunta de interrupción (valor eficaz de la componente periódica) que el dispositivo puede interrumpir, para la tensión nominal de operación a la frecuencia nominal y para un determinado factor de potencia (ver Tabla 13.1).

La capacidad de establecimiento (o cierre) nominal en cortocircuito de un disyuntor se considera como el valor de la corriente presunta de establecimiento que el dispositivo puede establecer, para la tensión nominal de operación, a frecuencia nominal y para un determinado factor de potencia. Se da el valor en términos del valor de cresta de la corriente presunta simétrica y no debe ser inferior al producto de la capacidad de interrupción nominal en cortocircuito por el factor indicado en la Tabla 13.1.

Tabla 13.1
Capacidad de interrupción y establecimientos nominales de disyuntores de baja tensión

Capacidad de interrupción nominal en cortocircuito I_{cn} (kA)	Factor de potencia	Valor mínimo de capacidad de establecimiento nominal en cortocircuito $n \times I_{cn}$
$I_{cn} \leq 10$	0.45 – 0.50	$1.7 \times I_{cn}$
$10 \leq I_{cn} \leq 20$	0.25 – 0.30	$2.0 \times I_{cn}$
$20 \leq I_{cn} \leq 50$	0.20 – 0.25	$2.1 \times I_{cn}$
$50 \leq I_{cn}$	0.15 – 0.20	$2.2 \times I_{cn}$

Para los disyuntores equipados con disparadores serie (caso más común), no se fija una corriente soportable nominal de corta duración. Se admite que esos disyuntores serán capaces de soportar una corriente igual a su capacidad de interrupción nominal en cortocircuito, durante el tiempo total de interrupción, con el disparador serie ajustado en su retardo máximo.

Los disyuntores de baja tensión se caracterizan también por la:

- Capacidad de corriente de estructura (frame size), que es el valor de corriente que su estructura puede conducir, por tiempo indeterminado, sin daños o elevaciones de temperatura superiores a los admisibles para sus componentes.
- Por estructura (frame) se entiende la parte del disyuntor cuando se excluyen los disparadores serie, los terminales y los accesorios eventuales.
- La corriente de operación del elemento protector o disparador sería cualquier valor de corriente que cause la operación del disparador.
- La corriente de ajuste es el valor de corriente para el cual el disparado es ajustado, constituye un término difícil de definir. En el caso de un elemento térmico ajustable, representa por decir así, un valor de corriente que puede llevar o no al disparador a operar, en un tiempo relativamente largo.

La IEC define también, para un disyuntor:

- La corriente térmica nominal (rated thermal current), que es la corriente máxima que el disyuntor puede conducir durante 8 horas de funcionamiento, sin que la elevación de temperatura de sus diversas partes exceda límites especificados.

13.2 PODER DE CORTE

13.2.1 Características de corte de los disyuntores

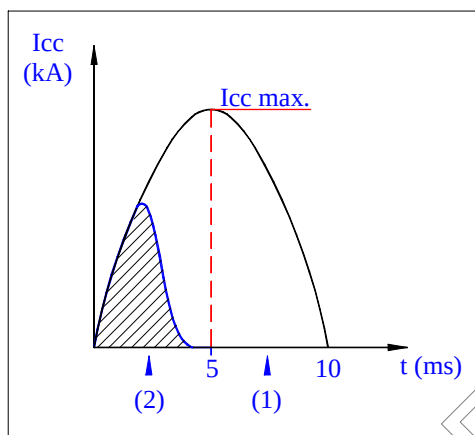
El poder de corte de un disyuntor (interruptor automático), define la capacidad de éste para abrir un circuito automáticamente al establecerse una corriente de cortocircuito, manteniendo el aparato su aptitud de seccionamiento y capacidad funcional de restablecer el circuito

De acuerdo a la tecnología de fabricación, existen dos tipos de disyuntores:

- Rápidos
- Limitadores

La diferencia entre un disyuntor rápido y un limitador, está dada por la capacidad de este último a dejar pasar en un cortocircuito una corriente inferior a la corriente de defecto presunta.

Gráfico 13.3



- (1) Entorno de actuación de un disyuntor rápido
- (2) Idem de un limitador

La velocidad de apertura de un limitador es siempre inferior a 5 ms (en una red de 50 Hz). El disyuntor según IEC 947-2 tiene definidos dos poderes de corte:

- Poder de ruptura último (I_{cu})
- Poder de ruptura de servicio (I_{cs})

a) Poder de ruptura último (I_{cu})

La I_{cu} del disyuntor es la que se compara con el valor de corriente de cortocircuito I_{cc} en el punto donde debe ser instalado.

I_{cu} representa la corriente de cortocircuito que un disyuntor puede verse precisado a cortar.

$$I_{cu} \text{ (del aparato)} = I_{cc} \text{ (de la red)}$$

b) Poder de ruptura de servicio (I_{cs})

El cálculo de la I_{cc} presunta, como lo hemos visto, se realiza siempre bajo hipótesis maximalistas encaminadas hacia la seguridad, pero de hecho, cuando se produce un cortocircuito, el valor de la corriente es inferior a la I_{cc} de cálculo. Son estas corrientes, de mayor probabilidad de ocurrencia, las que deben ser interrumpidas en condiciones de asegurar el retorno al servicio, de manera inmediata y segura, una vez eliminada la causa del defecto. La I_{cs} es la que garantiza que un disyuntor, luego de realizar tres aperturas sucesivas a esa corriente, mantiene sus características principales y puede continuar en servicio.

La I_{cs} se expresa en % de la I_{cu} (cada fabricante elige un valor entre 25, 50, 75 y 100 % de la I_{cu}).

13.2.2 Corte Roto-activo

Este poder de corte en servicio está certificado mediante los ensayos normativos, que consisten en:

- Hacer disparar tres veces consecutivas el interruptor automático a 100 % I_{cu}
- Verificar seguidamente que:

- Conduce su intensidad nominal sin calentamiento anormal.
- El disparo funciona normalmente ($1.45 I_n$).
- Se conserva la aptitud de seccionamiento.

Todo lo expresado responde a la definición de poderes de corte de la norma IEC 947. En general un disyuntor para este uso indica ambos poderes de corte. La IEC 898 es de aplicación a aparatos de protección destinados a ser manipulados por personal no idóneo, razón por la cual esta norma es más exigente en cuanto a los ensayos de poder de corte.

13.2.3 Filiación o efecto cascada

La filiación es la utilización del poder de limitación de los disyuntores. Esta limitación ofrece la posibilidad de instalar aguas abajo aparatos de menor poder de corte.

Los disyuntores limitadores instalados aguas arriba, asumen un rol de barrera para las fuertes corrientes de cortocircuito.

Ellos permiten a los disyuntores de poder de corte inferior a la corriente de cortocircuito presunta en el punto de la instalación, ser solicitados dentro de sus condiciones normales de corte.

La limitación de la corriente se hace a todo lo largo del circuito controlada por el disyuntor limitador situado aguas arriba, y la filiación concierne a todos los aparatos ubicados aguas abajo de ese disyuntor, estén o no ubicados dentro del mismo tablero.

Desde luego, el poder de corte del disyuntor de aguas arriba debe ser superior o igual a la corriente de cortocircuito presunta en el punto donde él está instalado. La filiación debe ser verificada por ensayos en laboratorio y las asociaciones posibles entre disyuntores deberán ser dadas por los constructores.

Utilizar el concepto de filiación en la realización de un proyecto con varios disyuntores cascada, puede redundar en una apreciable economía por la reducción de los poderes de corte de los disyuntores aguas abajo, sin perjuicio de descalificación de las protecciones.

13.2.4 Curvas de disparo

Una sobrecarga, caracterizada por un incremento paulatino de la I_n , puede deberse a una anomalía permanente que se empieza a manifestar (falla de aislación), o transitoria (por ejemplo, corriente de arranque de motores).

Tanto cables como receptores están dimensionados para admitir una carga superior a la normal durante un tiempo determinado sin poner en riesgo sus características aislantes.

Cuando la sobrecarga se manifiesta de manera violenta (varias veces la I_n) de manera instantánea estamos frente a un cortocircuito, el cual deberá aislarse rápidamente para salvaguardar los bienes.

Dos protecciones independientes están asociadas en un aparato de protección para garantizar:

- **Protección contra sobrecargas**

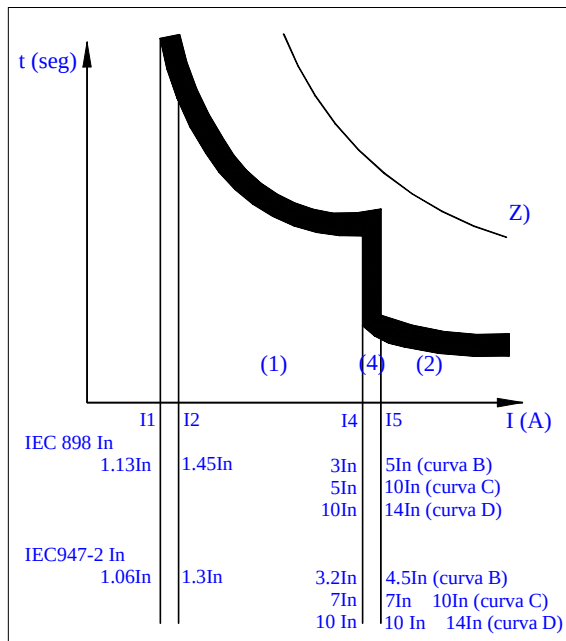
Su característica de disparo es a tiempo dependiente o inverso, es decir que a mayor valor de corriente es menor el tiempo de actuación.

- **Protección contra cortocircuitos**

Su característica de disparo es a tiempo independiente, es decir que a partir de cierto valor de corriente de falla la protección actúa, siempre en el mismo tiempo.

Las normas IEC 947.2 y 898 fijan las características de disparo de las protecciones de los disyuntores.

Gráfico 13.4

**Margen**

- (1) Zona de disparo por sobrecarga
- (2) Zona de disparo por cortocircuito
- (4) Zona de incertidumbre, disparo por actuación de los relés de sobrecarga o cortocircuito.

Curva B.- Circuitos resistivos (para influencia de transitorios de arranque) o con gran longitud de cables hasta el receptor.

Curva C.- Cargas mixtas y motores normales en categoría AC3 (protección típica en el ámbito residencial)

Curva D.- Circuitos con transitorios fuertes, motores de arranque prolongado, o gran cadencia de maniobras.

La correcta elección de una curva de protección debe contemplar que la I_n de la carga el disyuntor no dispare, y que ante una falla la curva de límite

térmico (Z) de cables, motores y transformadores estén situadas arriba del margen superior de actuación.

13.3 SELECTIVIDAD DE PROTECCIONES

La continuidad de servicio es una exigencia en una instalación moderna. La falta de una adecuada selectividad puede provocar la apertura simultánea de más de un elemento de protección situado aguas arriba de la falla, por lo que la selectividad es un concepto esencial que debe ser tenido en cuenta desde su concepción.

13.3.1 Concepto de selectividad

Es la coordinación de los dispositivos de corte, para que un defecto proveniente de un punto cualquiera de la red sea eliminado por la protección ubicado inmediatamente aguas arriba del defecto, y sólo por ella. Para todos los valores de defecto, desde la sobrecarga hasta el cortocircuito franco, la coordinación es totalmente selectiva si D2 abre y D1 permanece cerrado.

Si la condición anterior no es respetada, la selectividad es parcial, o es nula.

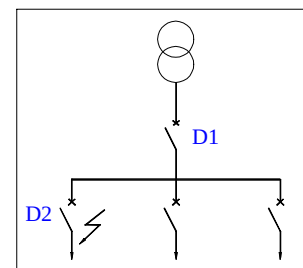
13.3.2 Técnicas de selectividad

Las técnicas de selectividad están basadas en la utilización de dos parámetros de funcionamiento de los aparatos:

- El valor de la corriente de disparo I_m (selectividad amperométrica)
- El tiempo de disparo T_d (selectividad cronométrica)

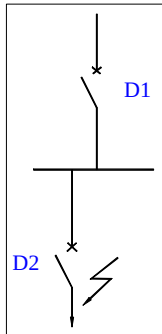
Sin embargo, el avance de las técnicas de disparo y la tecnología de los materiales posibilitan realizar otros tipos de selectividad.

Esquema 13.3



13.3.2.1 Selectividad amperométrica

Esquema 13.4



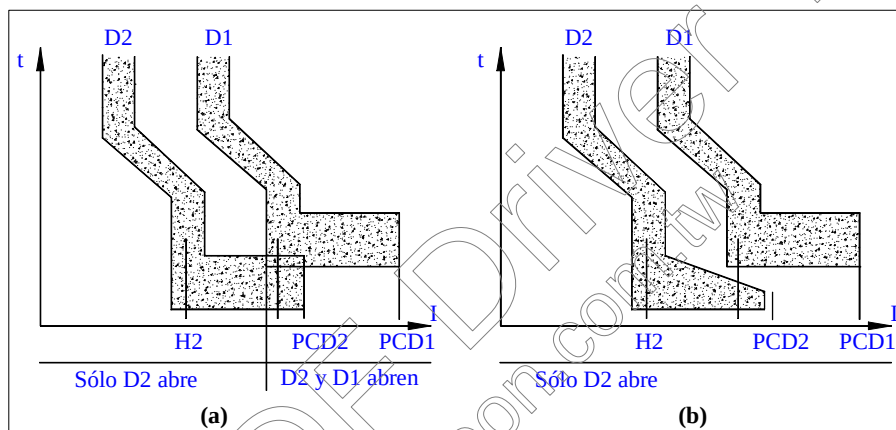
Es el resultado de la separación entre los umbrales de los relés instantáneos (o de corto retardo) de los disyuntores sucesivos.

La zona de selectividad es tanto más importante cuanto mayor es la separación entre los umbrales de los relés instantáneos D1 y D2 y cuanto mayor sea la distancia entre el punto de defecto y D2 (Gráfico 13.5-a).

Mediante la utilización de disyuntores limitadores se puede obtener una selectividad total (Gráfico 13.5-b).

Se usa, sobre todo, en distribución terminal. Se aplica a los casos de cortocircuito y conduce generalmente a una selectividad parcial.

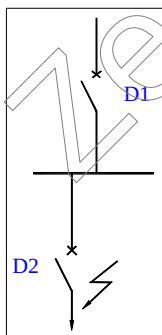
Gráfico 13.5



13.3.2.2 Selectividad cronométrica

Para garantizar una selectividad total, las curvas de disparo de los dos interruptores automáticos no deben superponerse en ningún punto, cualquiera que sea el valor de la corriente presunta.

Esquema 13.5

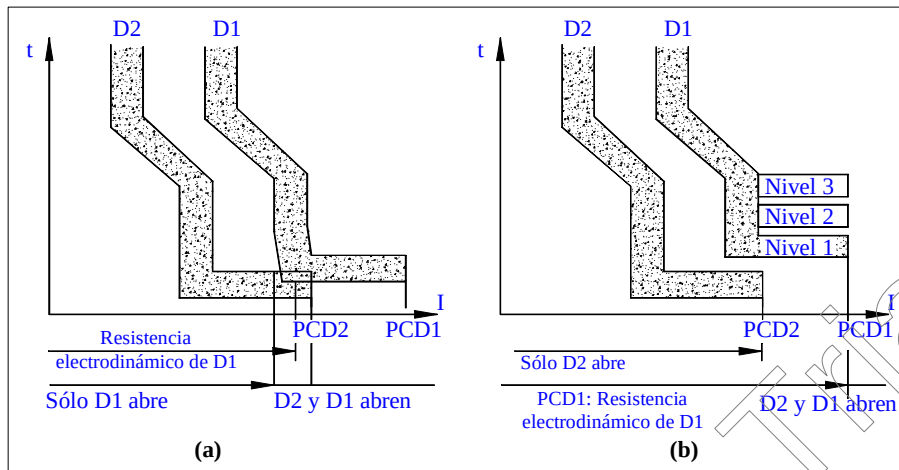


Esto se obtiene por el escalonamiento de tiempos de funcionamiento de los interruptores equipados con relés de disparo de corto retardo. Esta selectividad le impone al disyuntor D1, una resistencia electrodinámica compatible con la corriente de corta duración admisible que él debe soportar durante la temporización del corto retardo. Esta temporización puede ser:

- A tiempo inverso (Gráfico 13.6-a)
- A tiempo constante (Gráfico 13.6-b - nivel 1)
- A una o varias etapas selectivas entre ellas (Gráfico 13.6-b - niveles 1, 2, y 3)
- Utilizable a un valor inferior a la resistencia electrodinámica de los contactos (Gráfico 13.6-a) en el cual la selectividad es entonces parcial, salvo que se utilice un interruptor limitador.

A esta selectividad se la puede calificar de mixta o pseudocronométrica, ya que es cronométrica para los valores débiles de cortocircuito, y amperométrica para los fuertes. Esto da lugar a un nuevo concepto:

Gráfico 13.6



13.3.2.3 Selectividad energética

Es una mejora y una generalización de la selectividad "Pseudocronométrica": La selectividad es total si, para cualquier valor de la corriente presunta de cortocircuito, la energía que deja pasar el disyuntor situado aguas abajo es inferior a la energía necesaria para hacer entrar en acción al relé del disyuntor situado aguas arriba.

La tecnología del principio de selectividad energética ha sido objeto de una patente internacional por parte de Merlin Gerin del grupo Schneider con la creación de los disyuntores Compact NS.

13.3.2.4 Selectividad lógica

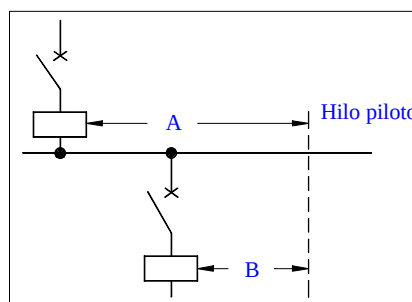
Este sistema necesita de una transferencia de información entre, los relés de los interruptores automáticos de los diferentes niveles de la distribución radial.

Su principio es simple:

- Todos los relés que ven una corriente superior a su umbral de funcionamiento, envían una orden de espera lógica al que está justamente aguas arriba.
- El relé del disyuntor situado aguas arriba, que normalmente es instantáneo, recibe una orden de espera que le significa: prepararse para intervenir. El relé del interruptor A constituye una seguridad en el caso de que el B no actúe.

La selectividad lógica se aplica a los disyuntores de baja tensión selectivo de alta intensidad, tales como los Compact C801 a 1251 y Masterpact.

Esquema 13.7



13.4 CARACTERISTICA DEL LUGAR DE LA INSTALACION

Tener en cuenta estas condiciones evitará en algunos casos el mal funcionamiento de los aparatos

Un aparato de maniobra y/o protección (disyuntor, contactor, relé de protección etc), está concebido, fabricado y ensayado de acuerdo a la norma de producto que corresponde, la cual enmarca su performance según ciertos patrones eléctricos dieléctricos y de entorno.

En estos dos últimos casos, las condiciones de la instalación pueden influir en la sobre o sub-clasificación de ciertas características de los aparatos, que se reflejan en la capacidad nominal de los mismos (In).

13.4.1 La Polución ambiental

Determinará el grado de protección de la envoltura en la cual se instalarán los aparatos.

13.4.2 La temperatura ambiente

El cálculo del volumen del recinto en función del tipo de aparato, la temperatura exterior, el grado de protección y el material del envolvente, está dado por fórmulas con coeficientes empíricos que algunos fabricantes, como es el caso de Merlin Gerin suministran.

La corriente nominal In de los disyuntores está determinada por ensayos para una temperatura, generalmente 40° C (según la norma que corresponda), y poseen límites de funcionamiento para temperaturas extremas que pueden impedir el normal funcionamiento de ciertos mecanismos. Dentro de sus rangos de temperaturas límites, cuando ésta es superior a 40° C, se aplica una desclasificación de la In del interruptor, según los valores dados por el fabricante.

En ciertos casos, para obtener funcionamientos correctos deberá calefaccionarse o ventilarse el recinto donde se alojan los aparatos.

13.4.3 La altura

Generalmente los aparatos no sufren desclasificación en instalaciones de hasta 1000 metros de altura. Más allá de ésta, es necesario acudir a tablas de corrección de In que contemplan la variación de densidad del aire.

13.5 DATOS DE LOS DISYUNTORES TERMOMAGNETICOS “SIEMENS”

13.5.1 Características

- Módulos padronizados Sistema N
- Montaje rápido sobre riel DIN de 35 mm
- Terminales aptas para conductores de hasta 25 mm²
- Poseen dos sistemas de protección independientes:
 - Contra sobrecarga por elemento de disparo térmico
 - Contra cortocircuito por bobina de disparo electromagnético

- Ancho de los módulos:	18 mm.
- Posición de montaje:	Indiferente
- Clase de protección:	IP 00
- Tensión nominal:	440 V AC 50/60 Hz.
- Corriente de servicio mínima:	10 mA
- Vida media (eléctrica y mecánica):	20,000 operaciones
- Capacidad de ruptura	
• Según UL 489:	10 kA 120/240 V CA.
• Según IEC 157-1:	4.5 kA 220 V CA.

13.5.2 Descripción

Los minidisruptores 5SM Sistema N son aparatos de protección termomagnética, utilizados para la protección de instalaciones y aparatos eléctricos contra sobrecargas y cortocircuitos.

Los minidisruptores están equipados con un disparador bimetalico para protección contra, sobrecargas y con una bobina de disparo electromagnético para protección contra cortocircuito.

Ambos sistemas son individualmente ajustados para valores adecuados a la protección de cargas específicas, tales como circuitos de comando, pequeños motores eléctricos, etc.

Los minidisruptores N poseen la característica de disparo libre, esto significa que, aunque el accionamiento mecánico se haya trabado en la posición “cerrado”, internamente el disyuntor disparará.

Debido a un dispositivo de corte ultrarrápido, la separación de los contactos se efectúa en menos de 1 ms.

El uso de contactos de plata en su construcción, ofrece seguridad adicional contra la fusión de los mismos, además de una elevada vida útil.

13.5.3 Aplicaciones

Los disyuntores Sistema N brindan protección a cables y conductores contra sobrecarga y corto circuito.

También protegen los aparatos y los equipos electrónicos contra sobrecalentamiento, de acuerdo a la norma DIN VDE 0100.

Gracias a sus valores fijos de corriente, también es posible proteger motores eléctricos bajo ciertas condiciones. Para ello, están disponibles diferentes características de disparo.

Para aplicaciones en la industria, se ofrecen accesorios adicionales como contactos auxiliares, contactos de falla de señal y disparadores de bajo voltaje (tipos 5SX2).

Las bases para la construcción de los disyuntores Sistema N están dadas por las normas DIN VDE 0641 e IEC 898.

13.5.4 Modo de operación

Los disyuntores Sistema N operan utilizando un disparador térmico bimetalico para sobrecorrientes elevadas y una bobina de disparo magnético para corrientes de cortocircuito.

La forma constructiva de los contactos y los materiales utilizados en ellos ofrecen una larga vida útil y eliminan la posibilidad de soldadura de los contactos.

Esquema 13.8
Tipos de disyuntores termomagnéticos 5SM de SIEMENS

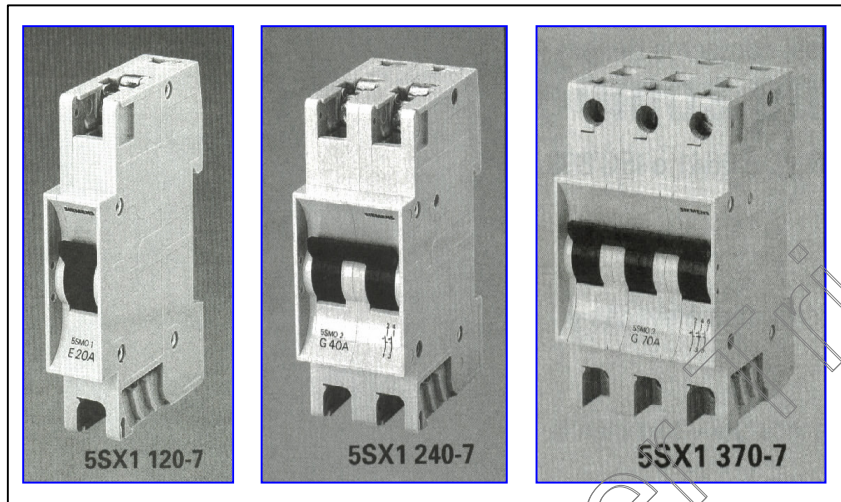


Tabla 13.2
Disyuntores termomagnéticos 5SM (Sistema N)

Disyuntores monopolares

Mini disyuntor monopolar Sistema N	
Tipo	Corriente Nominal (A)
5SX1 102-7	2
5SX1 104-7	4
5SX1 106-7	6
5SX1 110-7	10
5SX1 116-7	16
5SX1 120-7	20
5SX1 125-7	25
5SX1 132-7	32
5SX1 140-7	40
5SX1 150-7	50
5SX1 163-7	63
5SX1 170-7	70
5SX1 180-7	80

Disyuntores bipolares

Mini disyuntor bipolar Sistema N	
Tipo	Corriente Nominal (A)
5SX1 210-7	10
5SX1 216-7	16
5SX1 220-7	20
5SX1 225-7	25
5SX1 232-7	32
5SX1 240-7	40
5SX1 250-7	50
5SX1 263-7	63
5SX1 270-7	70

Disyuntores tripolares

Mini disyuntor tripolar Sistema N	
Tipo	Corriente Nominal (A)
5SX1 310-7	10
5SX1 316-7	16
5SX1 320-7	20
5SX1 325-7	25
5SX1 332-7	32
5SX1 340-7	40
5SX1 350-7	50
5SX1 363-7	63
5SX1 370-7	70

CAPITULO 14

DISPOSITIVOS A CORRIENTE DIFERENCIAL-RESIDUAL

Zeon PDF Driver
www.zeon.com.tw

CAPITULO 14

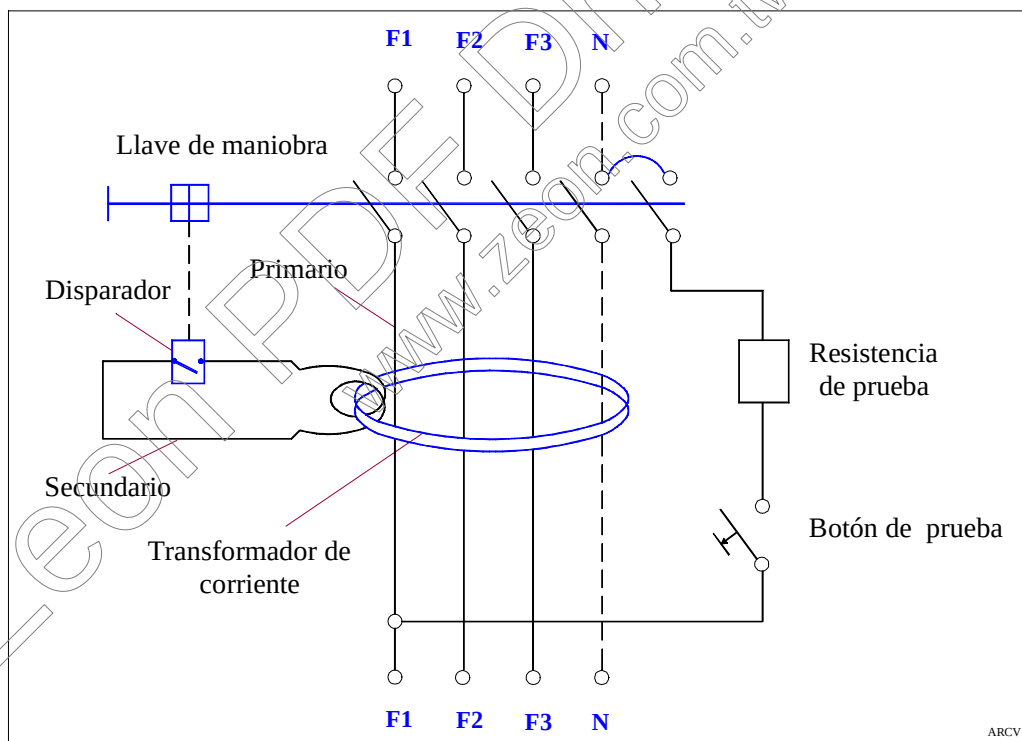
DISPOSITIVOS A CORRIENTE DIFERENCIAL-RESIDUAL

14.1 GENERALIDADES

Los dispositivos de protección a corriente diferencial-residual están constituidos esencialmente por un transformador totalizador de corriente, un disparador y una llave. Los conductores necesarios para la circulación de la corriente, incluido el neutro si existe, pasan a través del transformador. Esquema 14.1.

Si la parte de la instalación protegida por el dispositivo no tiene defecto, la corriente diferencial-residual será nula, en otras palabras los efectos magnéticos ejercidos por las corrientes en los conductores se compensan y por consiguiente no se induce ninguna tensión en el secundario del transformador de corriente. Por otro lado si ocurre una falla de aislamiento, después del dispositivo (en relación a la fuente de energía), fluye una corriente de falla a tierra, y la corriente diferencial-residual será diferente a cero, perturbando el equilibrio que existe en el transformador. El campo magnético que se establece en el núcleo induce en el secundario una tensión que interrumpe el circuito defectuoso, eliminando así la peligrosa tensión de contacto. Para comprobar o probar el funcionamiento del dispositivo, se puede simular un defecto a través de un botón de prueba y así hacer actuar el disparador.

Esquema 14.1
Dispositivo a corriente diferencial-residual



Los dispositivos diferenciales aseguran la protección contra tensiones de contacto peligrosas, provenientes de defectos de aislación en aparatos conectados a tierra. Los dispositivos diferenciales protegen contra contactos indirectos la totalidad de la instalación, parte de la misma, o consumidores individuales dependiendo de su ubicación en el circuito de instalación.

Los dispositivos con una corriente de fuga igual a 30 mA protegen además contra contactos directos con partes activas de la instalación.

Las corrientes de falla a tierra que alcanzaran el valor de la corriente de falla nominal, también son suprimidas (protección contra incendios).

Los dispositivos diferenciales se pueden dividir en tres partes funcionales:

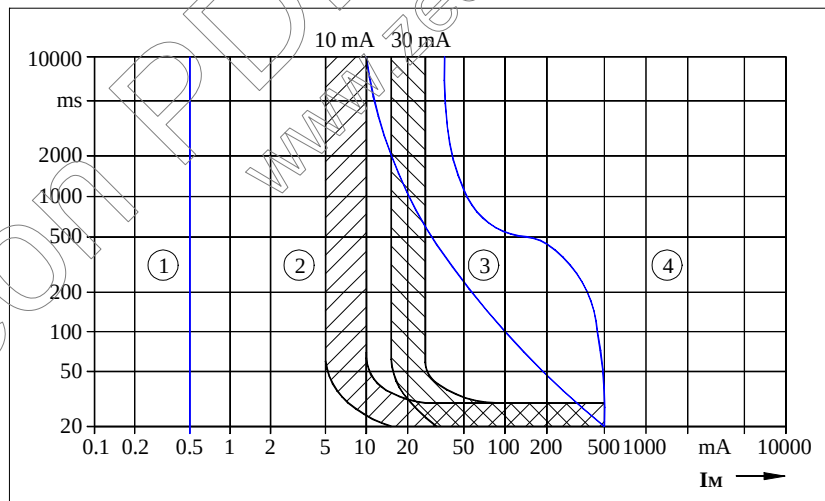
- a) Transformador toroidal para la detección de las corrientes de falla a tierra
- b) Disparador para la conversión de una falla eléctrica en una acción mecánica
- c) Mecanismo móvil con los elementos de contacto.

Los dispositivos de protección para corriente diferencial residual basan su principio de funcionamiento en el hecho que: De acuerdo a la segunda ley de Kirchhoff, la suma geométrica de las corrientes en los conductores de fase y neutro en una instalación eléctrica sin defectos debe ser nula. El campo magnético generado también es nulo, así como la tensión inducida en el secundario.

Cuando existe un defecto de aislamiento en este circuito, la suma de las corrientes de los conductores activos dejará de ser nula. Aparecerá entonces una corriente de fuga, el campo magnético dejará de ser nulo e inducirá una tensión en el bobinado secundario que será utilizada para activar el disparador, que a su vez abrirá el mecanismo móvil con los elementos de contacto.

El Gráfico 14.1 muestra las reacciones fisiológicas del cuerpo humano, distinguidas en regiones según el efecto de la corriente. Se puede observar que los valores en la región 4 son peligrosos por que pueden causar fibrilación cardiaca, lo que puede llevar a la muerte de la persona. Los rangos de disparo de los disyuntores diferenciales con corrientes de disparo de 10 y 30 mA se muestran en el Gráfico. Se puede observar entonces que estos dispositivos son los únicos que protegen la vida humana aún si llegara a fluir alguna corriente debido a contacto no intencionado.

Gráfico 14.1
Reacciones fisiológicas del cuerpo humano



Región 1: Usualmente ninguna reacción

Región 2: Usualmente no se presenta efectos patofisiológicos peligrosos

Región 3: Usualmente no existe peligro de fibrilación cardiaca.

Región 4: Peligro de fibrilación cardiaca

Los fenómenos fisiológicos que produce el paso de la corriente eléctrica en el organismo humano son debidos al valor de la intensidad de corriente y no a la tensión, pudiendo provocar accidentes graves e incluso la muerte.

La fibrilación ventricular del corazón es una acción independiente de las fibras musculares cardíacas que produce una contracción incoordinada y que entraña la supresión inmediata de la actividad fisiológica del corazón, al no poder circular la sangre oxigenada y, en particular, la imposibilidad de hacerla llegar al cerebro, produciéndose lesiones cerebrolulares graves.

Los dispositivos de protección a corriente diferencial-residual designados FI, son dispositivos interruptores y por tanto, de baja capacidad de interrupción.

Sus características nominales típicas se muestran en la Tabla 14.1.

Tabla 14.1
Características nominales típicas de un dispositivo FI

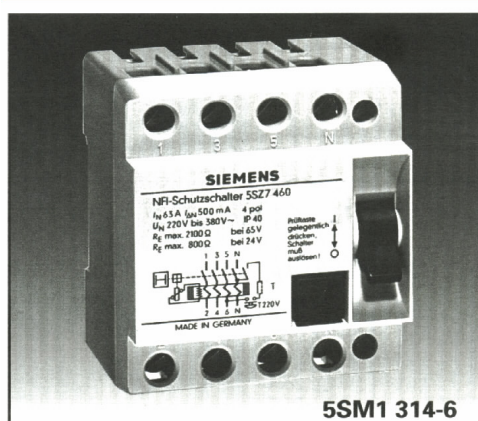
Corriente nominal (A)	Corriente diferencial – residual nominal (mA)	Tensión nominal (V)	Capacidad de interrupción (A)
40	30	380	1500
40	500	500	1500
63	30	380	1500
125	500	380	1500

Los llamados disyuntores de protección contra choque eléctrico, combinan las funciones de un disyuntor termomagnético con las de un dispositivo a corriente diferencial-residual. Generalmente son dispositivos unipolares de corriente nominal de 15 a 30 A y capacidad de interrupción de 10 kA, usados en la protección de circuitos derivados.

Tabla 14.2
Características de los disyuntores diferenciales

Disyuntor diferencial bipolar			
Tipo	Corriente nominal (A)	Corriente de fuga (A)	Tensión nominal (V)
5SM1 312-6	25	30	220
5SM1 314-6	40	30	220

Esquema 14.2
Disyuntor diferencial (Siemens)



CAPITULO 15

CONDUCTORES DE PROTECCION

Zeon PDF Driver
www.zeon.com.tw

CAPITULO 15

CONDUCTORES DE PROTECCION

15.1 GENERALIDADES

Los conductores de protección sirven, para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos con el fin de asegurar la protección contra los contactos indirectos.

Se define también, como el conductor utilizado en ciertas medidas de protección contra las descargas eléctricas en caso de falla, y para conectar las masas; a otras masas, elementos conductores, tomas de tierra, a un conductor conectado a tierra.

Las prescripciones que deben cumplir los conductores de protección y los conductores de conexión equipotencial principales y que en este inciso se desarrollará en sus principales aspectos (se basan con las publicaciones IEC 364-5-51-1979 “Electrical installations of Buildings - parte 5: Selección and erection of Electrical Equipamente - chapter 51: “Common rules”)

15.2 DIMENSIONAMIENTO DE LOS CONDUCTORES DE PROTECCION

La sección de los conductores de protección, debe ser por lo menos igual a la determinada por la siguiente fórmula (aplicable solamente para tiempos de ruptura no mayores a 5 segundos).

$$S \geq \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{K}$$

Donde:

S = Sección del conductor de protección en milímetros cuadrados.

I = Valor eficaz de la corriente de falla que puede atravesar el dispositivo de protección en caso de falla de impedancia despreciable, en amperios.

t = Tiempo de funcionamiento del dispositivo de ruptura, en segundos.

K = Factor cuyo valor depende de la naturaleza del metal del conductor de protección, de las aislaciones y otras partes y de las temperaturas inicial y final.

Las Tablas 15.1, 15.2 y 15.3 indican los valores de K

Tabla 15.1

Valores de k para conductores de protección aislados no incorporados a los cables o conductores de protección desnudos en contacto con el recubrimiento de los cables.

	Naturaleza del aislante del conductor de protección o de los cables		
	PVC	Polietileno reticulado o etileno propileno	Caucho butilo
Temperatura final	165° C	250° C	220° C
Material del conductor	K		
Cobre	143	176	166
Aluminio	95	116	110
Acero	52	64	60

Nota: Se asume que la temperatura inicial del conductor es 30° C

Tabla 15.2
Valores de k para conductores de protección que forma parte de un cable multiconductor

	Naturaleza del aislante		
	PVC	Polietileno reticulado o etileno propileno	Caucho butilo
Temperatura inicial	70° C	90° C	85° C
Temperatura final	160° C	250° C	220° C
Material del conductor	K		
Cobre	115	143	134
Aluminio	76	94	89

Tabla 15.3
Valores de k para conductores desnudos donde no existe riesgos de daños a materiales vecinos como efecto de la temperatura indicada

Condiciones		Visible y en áreas restringidas *	Condiciones normales	Riesgo de incendio
Mat. del conductor				
Cobre	Temp. máxima	500° C	200° C	150° C
	K	228	159	138
Aluminio	Temp. máxima	300° C	200° C	150° C
	K	125	105	91
Acero	Temp. máxima	500° C	200° C	150° C
	K	82	58	50

Nota: Se asume que la temperatura inicial del conductor es 30° C.

* Se supone que los valores indicados de la temperatura no comprometen la calidad de las conexiones.

Para la aplicación de las anteriores relaciones, la norma hace las siguientes observaciones:

- Debe tomarse en cuenta el efecto de la limitación de la corriente, por las impedancias del circuito y del poder limitador del dispositivo de protección.
- Si la aplicación de la fórmula conduce a valores no normalizados, debe utilizarse los conductores cuya sección normalizada sea inmediatamente superior.
- Es necesario que la sección así calculada, sea compatible con las condiciones impuestas a la impedancia del bucle de falla.
- Debe tomarse en cuenta las temperaturas máximas admisibles para las conexiones.

Una alternativa a la aplicación de la relación indicada anteriormente, es la selección del conductor de protección a partir de una tabla donde la sección mínima del conductor de protección está dada en función de las secciones del conductor de fase. En este caso no es necesario la verificación a partir de la fórmula.

Tabla 15.4
Sección mínima de los conductores de protección

Sección de los conductores de fase de la instalación $S \text{ (mm}^2\text{)}$	Sección mínima de los conductores de protección $S_p \text{ (mm}^2\text{)}$
$S \leq 16$	S
$16 \leq S \leq 35$	16
$S \geq 35$	$S/2$

Para la aplicación de la Tabla 15.4 se hacen las siguientes observaciones:

- Si la aplicación de la tabla conduce a valores no normalizados, deben utilizarse los conductores cuya sección normalizada sea más cercana.
- Los valores de la tabla son válidos para conductores de protección constituidos del mismo metal que los conductores activos. Si no es así, las secciones de los conductores de protección se determinarán de tal manera que presenten una conductancia equivalente a la que resulta de la aplicación de la Tabla 15.4.

La norma señala también que en todos los casos, los conductores de protección que no forman parte del conductor de alimentación deben tener por lo menos una sección de:

- 2.5 mm^2 si los conductores de protección comparten una protección mecánica.
- 4 mm^2 si los conductores de protección no comparten protección mecánica.

15.3 TIPOS DE CONDUCTORES DE PROTECCION

15.3.1 Pueden ser utilizados como conductores de protección:

- Conductores en cables multiconductores.
- Conductores aislados o desnudos que tienen una chaqueta común, con conductores activos.
- Conductores separados desnudos o aislados.
- Revestimientos metálicos, por ejemplo chaquetas, pantallas, armaduras, etc, de ciertos cables.
- Ductos metálicos o de otros tipos metálicos para conductores.
- Ciertos elementos conductores.

15.3.2 Cuando la instalación consta de cajas prefabricadas metálicas y sistemas de barras conductoras empotradas metálicas, éstas pueden ser utilizadas como conductores de protección si satisfacen simultáneamente las tres siguientes condiciones:

- Su continuidad eléctrica debe estar protegida contra los deterioros mecánicos, químicos o electroquímicos.
- Su conductancia debe ser por lo menos igual a la resultante de la aplicación de la relación.

$$S \geq \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{K}$$

- Deben permitir la conexión con otros conductores de protección en todo lugar de derivación predeterminada.

Las chaquetas metálicas (desnudas o aisladas) de ciertos conductores en particular, la chaqueta exterior de los conductores blindados con aislante mineral y ciertos ductos metálicos pueden ser utilizados, como conductores de protección en los circuitos correspondientes, si satisfacen simultáneamente a las condiciones a) y b) del párrafo anterior. Otros ductos no podrán servir como conductores de protección.

15.3.3 Los elementos conductores (que según la norma IEC, son los materiales que sin ser parte de la instalación eléctrica pueden establecer una diferencia de potencial), pueden ser utilizados como conductores de protección si satisfacen simultáneamente las siguientes cuatro condiciones:

- a) Su continuidad eléctrica debe estar asegurada, ya sea por construcción o por medio de conexiones apropiadas, de manera que esté protegida contra los deterioros mecánicos o electroquímicos.
- b) Su conductancia debe ser por lo menos igual a la resultante de la aplicación de la relación.

$$S \geq \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{K}$$

- c) No podrán ser desmontados a menos de proveer medidas compensatorias.
- d) Que hayan sido estudiados para este uso y si es necesario, adaptados adecuadamente.

La utilización de cañerías metálicas de agua, está admitida bajo reserva de acuerdo a la autoridad competente, las cañerías de gas no deben ser utilizadas como conductores de protección.

Los elementos conductores no deben ser utilizados como conductores PEN.

15.4 CONSERVACION Y CONTINUIDAD ELECTRICA DE LOS CONDUCTORES DE PROTECCION

Los conductores de protección deben ser convenientemente protegidos contra los deterioros mecánicos, químicos y esfuerzos electrodinámicos.

Las conexiones deben ser accesibles para la verificación y ensayos, a excepción de aquellos efectuados en cajas llenas de material de relleno o en juntas selladas

Ningún aparato de apagado-encendido debe ser insertado en el conductor de protección, para que las conexiones que puedan ser desmontadas con la ayuda de una herramienta puedan ser utilizadas durante los ensayos.

Cuando se emplea un dispositivo de control de continuidad de tierra, los arrollamientos no deben ser insertados en los conductores de protección.

Las marcas de los materiales que deben conectarse a los conductores de protección no deben ser conectados en un circuito de protección.

CAPITULO 16

AISLACIONES DE EQUIPOS ELECTRICOS

Zeon PDF Driver Trial
www.zeon.com.tw

CAPITULO 16

ASLACIONES DE EQUIPOS ELECTRICOS

16.1 GENERALIDADES

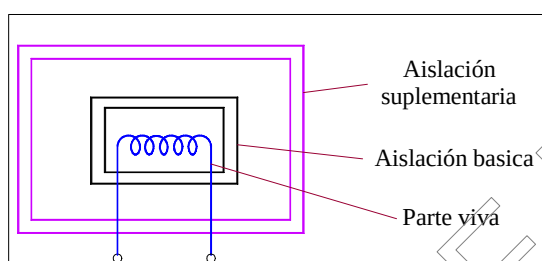
La norma IEC publicación 536 (1976) clasifica los equipos y materiales eléctricos (y electrónicos) en cuanto la protección contra los choques eléctricos. Tal clasificación se aplica a los equipos (no a sus componentes) previstos para ser alimentados por fuente externa en tensiones hasta 400 V entre fases, o 250 V entre fase y neutro y destinados a uso público en residencias, oficinas, escuelas, consultorios y gabinetes para práctica médica u odontológica.

Esta norma es utilizada como referencia de la norma boliviana de instalaciones.

La aislación básica es la aplicada a las partes vivas para asegurar una protección básica contra choques eléctricos. La aislación suplementaria es una aislación adicional y distinta, aplicada sobre la básica, para aumentar la protección contra choques eléctricos. Una aislación que comprenda la básica y suplementaria se llama aislación doble (Esquema 16.1).

Esquema 16.1

Esquema de un equipo con aislamiento doble



Se llama aislación reforzada al sistema de aislación única, aplicada a las partes vivas, que asegura un grado de protección equivalente a la aislación doble. El término “sistema de aislación único” no implica que la aislación deba ser un todo homogéneo, pudiendo comprender varias capas que, por tanto, no pueden ensayarse separadamente como aislación básica y aislación suplementaria.

La impedancia de seguridad es una impedancia colocada entre partes vivas y masas, cuyo valor es tal que la corriente, en uso normal o en condiciones previsibles de falla en el equipo, está limitada a un valor seguro.

16.2 CLASIFICACION DE EQUIPOS Y MATERIALES ELECTRICOS

Los equipos eléctricos y electrónicos se clasifican en cuatro tipos; clase 0, I, II y III.

- **En un equipo eléctrico clase 0.-** La protección contra los choques eléctricos depende exclusivamente de la aislación básica, no previéndose medios para conectar las masas al conductor de protección de la instalación, dependiendo la protección, en caso de falla de la aislación básica, exclusivamente del medio ambiente.
- **En un equipo eléctrico clase I.-** La protección contra choques eléctricos no depende excesivamente de la aislación básica, e incluye una precaución adicional sobre la forma de medios de conexión de las masas al conductor de protección de la instalación. Los cables o cordones flexibles de conexión de estos equipos deben poseer un conductor de protección. Muchos equipos de uso común en las instalaciones residenciales o domiciliarias en ambientes de riesgo como cocinas y baños, emplean equipos clase I. Este equipo (cocinas, lavaplatos, refrigeradores, duchas) deben aterrarse para ser seguros. Debe tomarse en cuenta que un baño y una cocina cuando el piso está mojado presentan condiciones de alto riesgo de descarga eléctrica para la persona, cuando el equipo no está aterrado, como señalan las instrucciones de los equipos.

La forma de aterrar más conveniente es el sistema TN. En caso de usar el sistema TT o IT, deben incluirse dispositivos diferencial-residual en las protecciones de los circuitos.

- **En un equipo clase II.-** La protección contra choques eléctricos no depende exclusivamente de la aislación básica, e incluye precauciones adicionales, tales como aislación doble o reforzada, no habiendo medios de aterramiento de protección y no dependiendo de las condiciones de instalación. Veamos algunas observaciones en cuanto a esta clase de material eléctrico.
 - a) En ciertos casos particulares, por ejemplo, para todos los terminales de señales de materiales electrónicos, puede utilizarse una impedancia de seguridad, si la norma del material lo permite, esa técnica puede ser utilizada sin disminución del nivel de seguridad.
 - b) Estos equipos o materiales pueden poseer medios para garantizar la continuidad de los circuitos de protección, a condición de que esos medios sean parte del material eléctrico y aislados de acuerdo con las prescripciones de la clase II.
 - c) En ciertos casos puede ser necesario hacer distinción entre materiales clase II totalmente aislados y con cubierta metálica; los con cubierta metálica solo podrán poseer medios para la conexión de un conductor de equipotencialidad si esto es específicamente exigido por la norma del material.
 - d) Los equipos o materiales eléctricos de este tipo solo podrán poseer medios para un aterramiento funcional (diferente del aterramiento de protección) si estos fueran exigidos especialmente por la norma del equipo o material.
Los equipos electrodomésticos, (licuadoras, picadoras, etc.) son de la clase II. Los equipos eléctricos móviles son también clase II.

Para verificar que el equipo es clase II es conveniente identificar el símbolo  que es el empleado para identificar los equipos clase II.

- **En equipo eléctrico clase III.-** La protección contra choques eléctricos se basa en la conexión del equipo o material eléctrico a una instalación de extra-baja tensión de seguridad. Veamos algunas observaciones relativas a esta clase de material.
 - a) Estos equipos no deben poseer terminales para la conexión de conductores de protección
 - b) Un material de esta clase, con cubierta metálica, solo podrá poseer medios para la conexión de un conductor de equipotencialidad a la cubierta, cuando éste es específicamente exigido por la norma del material.
 - c) Los equipos o materiales de esta clase solo podrán poseer medios para un aterramiento con fines funcionales, si éstos fueran específicamente exigidos por la norma del material.

La Tabla 16.1 señala las principales características de los equipos o materiales eléctricos, en función de su clasificación e indica las precauciones necesarias de seguridad en caso de falla de la aislación básica.

Tabla 16.1
Características principales de los equipos eléctricos

	Clase 0	Clase I	Clase II	Clase III
Características principales del equipo o material	Sin medios de protección por aterramiento	Protección por aterramiento previsto	Aislación suplementaria pero sin medios de protección por aterramiento	Provisto para alimentación a través de instalación en extra-baja tensión de seguridad
Precauciones de seguridad	Medio ambiente sin tierra	Conexión al aterramiento de protección	No es necesaria cualquier protección	Conexión a la instalación de extra-baja tensión de seguridad

CAPITULO 17

GRADOS DE PROTECCION DE CUBIERTAS DE EQUIPOS ELECTRICOS

Zeon PDF Driver
www.zeon.com.tw

CAPITULO 17

GRADOS DE PROTECCION DE CUBIERTAS DE EQUIPOS ELECTRICOS

17.1 GENERALIDADES

Las cubiertas de equipos eléctricos, de acuerdo con las características del local en que serán instaladas y de su accesibilidad, deben ofrecer un determinado grado de protección, tanto para el equipamiento en sí, como para las personas, que sean o no, sus operadores. Así, por ejemplo, un equipo a ser instalado en un local sujeto a gotas de agua debe poseer una cubierta capaz de soportar tales gotas, sobre determinados valores de presión y ángulo de incidencia, sin que haya penetración de agua.

La norma IEC, define los grados de protección de los equipos eléctricos con las letras “IP” seguidas de dos números codificados.

El primero indica el grado de protección contra la penetración de cuerpos sólidos extraños y contactos accidentales, en tanto que el segundo número de código indica el grado de protección contra la penetración de líquidos. Las Tablas 17.1, 17.2 y 17.3 especifican los números de código utilizados.

Así por ejemplo, un dispositivo de maniobra con grado de protección IP65 posee protección total contra polvo y contactos accidentales y también contra gotas de agua. Muchas veces se indica sólo el primer número de código, representándose el segundo por la letra X, esto es, no especificando la protección contra la penetración de líquidos. Así el grado IP2X asegura la protección contra el contacto de dedos con partes internas sobre tensión o en movimiento y contra penetración de cuerpos sólidos de tamaño medio.

Tabla 17.1

Protección de personas contra el contacto con partes bajo tensión o en un movimiento y protección del equipo contra la penetración de cuerpos sólidos extraños

Primer número de código	Grado de protección
0	Ninguna protección de personas contra el contacto de partes sobretensión o en movimiento. Ninguna protección al equipo contra la penetración de cuerpos sólidos extraños.
1	Protección contra contacto accidental o inadvertido de gran superficie del cuerpo humano, por ejemplo, la mano, con partes sobretensión o en movimiento. No constituye, por tanto contra acceso propuesto a tales partes. Protección contra la penetración de grandes cuerpos sólidos extraños.
2	Protección contra el contacto de los dedos con partes internas sobretensión o en movimiento. Protección contra la penetración de cuerpos sólidos extraños de tamaño medio.
3	Protección contra contacto de herramientas, alambres u otros objetos, de dimensión mínima superior a 2,5 mm con partes internas sobretensión o en movimiento. Protección contra la penetración de cuerpos sólidos de tamaño pequeño.
4	Protección contra contactos de herramientas, alambres u otros objetos, de dimensión mínima superior a 1 mm con partes internas sobretensión o en movimiento. Protección contra la penetración de cuerpos sólidos de tamaño pequeño.
5	Protección total contra contactos con partes sobretensión o en movimiento dentro de la cubierta. Protección contra acumulaciones perjudiciales de polvo. La penetración de polvo no es evitada totalmente, sin embargo, el polvo no puede entrar en tal cantidad que pueda perjudicar el funcionamiento del equipo.
6	Protección total contra el contacto con partes sobretensión o en movimiento. Protección total contra la penetración de polvo.

Tabla 17.2
Protección del equipo contra la penetración de líquidos

Segundo número de código	Grado de protección
0	Ninguna protección contra la penetración de líquidos.
1	Protección contra gotas de líquidos condensados; las gotas no deben tener efectos perjudiciales.
2	Protección contra gotas de líquidos. La caída de gotas de líquidos no debe tener efecto perjudicial, con una inclinación de la cubierta no superior a 15 grados en relación a la vertical.
3	Protección contra lluvia. La caída de agua en forma de lluvia, en ángulo no superior a 60 grados en relación a la vertical, no debe tener efecto perjudicial
4	Protección contra salpicaduras. Salpicaduras de líquidos, provenientes de cualquier dirección no deben tener efecto perjudicial
5	Protección total contra chorros de agua, no deberá tener efecto perjudicial a agua proyectada por una abertura, llave, etc., proveniente de cualquier dirección, sobre las condiciones prescritas.
6	Protección contra las condiciones de cubierta de navíos (equipos a prueba de agua para cubiertas). El agua no debe penetrar las cubiertas, sobre las condiciones prescritas.
7	Protección contra inmersión en agua. El agua no debe penetrar la cubierta en condiciones prescritas de presión y tiempo.
8	Protección contra inmersión por tiempo indefinido en agua sobre condiciones de presión prescritas. El agua no debe penetrar la cubierta.

Tabla 17.3
Grados de protección usuales de motores eléctricos

Motores		1er N° de código		2do N° de código
		Protección contra contactos	Protección contra cuerpos extraños	Protección contra agua
MOTORES ABIERTOS	IP00	No tiene	No tiene	No tiene
	IP02	No tiene	No tiene	Gotas de agua hasta una inclinación de 15° con la vertical
	IP11	Toque accidental con la mano	Cuerpos extraños sólidos de dimensiones mayores a 50 mm	Gotas de agua verticales
	IP12	Toque accidental con la mano	Cuerpos extraños sólidos de dimensiones mayores a 50 mm	Gotas de agua hasta una inclinación de 15° con la vertical
	IP13	Toque accidental con la mano	Cuerpos extraños sólidos de dimensiones mayores a 50 mm	Agua de lluvia hasta una inclinación de 60° con la vertical
	IP21	Toque con los dedos	Cuerpos extraños sólidos de dimensiones mayores a 12 mm	Gotas de agua verticales
	IP22	Toque con los dedos	Cuerpos extraños sólidos de dimensiones mayores a 12 mm	Gotas de agua hasta una inclinación de 15° con la vertical
	IP23	Toque con los dedos	Cuerpos extraños sólidos de dimensiones mayores a 12 mm	Agua de lluvia hasta una inclinación de 60° con la vertical
MOT. CERRADOS	IP44	Toque con herramientas ò alambre	Cuerpos extraños sólidos de dimensiones mayores a 1 mm	Proyección en todas las direcciones
	IP54	Protección completa contra toque	Protección contra acumulaciones de polvo	Proyección en todas las direcciones
	IP55	Protección completa contra toque	Protección contra acumulaciones de polvo	Chorros de agua en todas las direcciones
	IP56	Protección completa contra toque	Protección contra acumulaciones de polvo	Numeración temporaria
	IP65	Protección completa contra toque	Protección contra polvaredas	Chorros de agua en todas las direcciones

Esquema 17.1
Grados de protección contra líquidos y cuerpos extraños

Sin protección	Protección contra el ingreso de líquidos							
	Protección contra gotas de líquidos		Protección contra Lluvia	Protección contra Proyecciones	Protección contra Chorros	Protección contra Inmersión temporal	Protección contra Inmersión	Protección contra Agua bajo presión
IP...0	IP...1	IP...2	IP...3	IP...4	IP...5	IP...6	IP...7	IP...8

Sin protección	Protección contra contactos e ingresos de cuerpos extraños		
	IP1...	IP2...	IP3...
	IP4...	IP5...	IP6...
IP...0			
	$d_{max} = 50 \text{ mm.}$	$d_{max} = 12 \text{ mm.}$	$d_{max} = 2.5 \text{ mm.}$
	$d_{max} = 1 \text{ mm.}$		

CAPITULO 18

PROTECCION CONTRA LOS CONTACTOS ELECTRICOS

Zeon PDF Driver
www.zeon.com.tw

CAPITULO 18

PROTECCION CONTRA LOS CONTACTOS ELECTRICOS

18.1 GENERALIDADES

La protección contra contactos eléctricos está orientada a garantizar la seguridad de las personas que hacen uso de las instalaciones eléctricas.

La protección contra los contactos eléctricos comprende:

- Protección simultánea contra contactos directos e indirectos.
- Protección contra contactos directos.
- Protección contra contactos indirectos.

18.2 PROTECCION SIMULTANEA CONTRA CONTACTOS DIRECTOS E INDIRECTOS

Los circuitos se alimentan con una tensión muy baja, a manera de garantizar la seguridad, ésta condición se satisface cuando:

- La tensión más elevada del circuito no excede el límite superior del rango I (50 V en CA).
- La fuente de alimentación es una fuente de seguridad como se indica en el punto 18.2.1.
- La instalación se realiza de acuerdo a las condiciones establecidas en el punto 18.2.2.

18.2.1 Fuente de seguridad

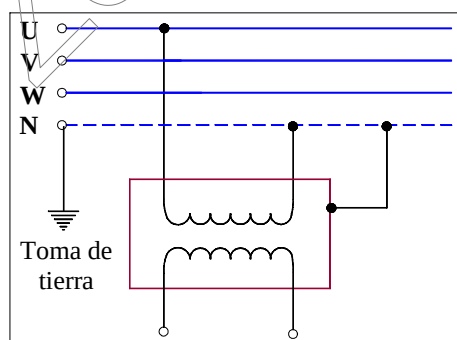
La principal fuente de seguridad reconocida por la norma es el transformador de separación de seguridad, que proporciona una separación de seguridad galvánica entre la tensión más alta y la tensión más baja. Estos transformadores tienen una aislación que debe soportar condiciones muy rigurosas para impedir, con toda seguridad, una transmisión de tensión más elevada al circuito de extra-baja tensión.

Estos transformadores presentan un núcleo similar a los núcleos de transformadores de medida, es decir en condiciones normales, están muy próximos a su punto de inflexión de su curva de magnetización, de manera que cualquier elevación de tensión en el primario, no se refleja en el secundario porque el núcleo saturado no permite el establecimiento de mayores líneas de campo magnético. Dicho de otra forma es un sistema de protección que consiste en separar el circuito de utilización, donde se van a conectar los aparatos del circuito, de la fuente de energía. Se suele llevar a cabo por medio de transformadores separadores de seguridad (circuito) que mantienen aislados de tierra todos los circuitos de utilización incluyendo el neutro.

El Esquema 18.1 muestra las conexiones de uno de estos transformadores:

Esquema 18.1

Transformador de separación de seguridad



Son considerados también como fuentes de seguridad:

- Fuente de corriente que proporciona un grado de seguridad equivalente a los transformadores de separación de seguridad, como por ejemplo, motor y generador separados o grupo motor-generator con arrollamientos separados eléctricamente.
- Fuente electroquímica (pilas o acumuladores) u otra fuente que no dependa de circuitos de tensión más elevada.

- c) Dispositivos electrónicos en los cuales hayan sido tomadas medidas para asegurar que en caso de defecto interno del dispositivo, la tensión en los terminales de salida no puede ser superior a los límites de extra-baja tensión.

18.2.2 Condiciones de instalación

Las condiciones de instalación mencionadas en 18.2.1 c) son siete y aseguran la llamada protección por extra-baja tensión de seguridad y son los siguientes:

- 1) Las partes activas de los circuitos a extra-baja tensión de seguridad no deben estar conectadas eléctricamente a partes activas o conductores de protección pertenecientes a otros circuitos o a tierra.
- 2) Las masas de los materiales eléctricos no deben conectarse intencionalmente a tierra, a conductores de protección o masas de otras instalaciones o a elementos conductores. Si las masas fueran susceptibles de estar en contacto (efectiva o fortuitamente) con masas de otros circuitos, la seguridad de las personas no deberá basarse a sólo la protección por extra-baja tensión de seguridad, sino también a las medidas de protección que a esas masas se apliquen, a no ser que sea posible garantizar que no hay posibilidad de que esas masas puedan ser llevadas a un potencial superior al admitido para la extra-baja tensión de seguridad.
- 3) Entre las partes activas de circuitos de extra-baja tensión de seguridad las de circuitos de tensión más elevada, debe existir una separación eléctrica, por lo menos equivalente a la que existe entre el primario y el secundario de un transformador de seguridad. En particular, una separación de este tipo debe ser prevista entre las partes vivas de materiales eléctricos tales como relés, contactores, interruptores auxiliares y cualquier parte de un circuito de tensión más elevada.
- 4) Los conductores de los circuitos de extra-baja tensión de seguridad, deben ser separados físicamente de todos los conductores de otros circuitos. Si esto no fuera posible, una de las siguientes condiciones debe ser atendida:
 - a) Los conductores del circuito de extra-baja tensión, además de la aislación, deben poseer capa.
 - b) Los conductores de los circuitos a otras tensiones deben ser separados por una tela metálica aterrada o por un blindaje metálico aterrado
 - c) Un cable multiconductor o un agrupamiento de conductores puede contener circuitos diferentes, por lo tanto, los conductores del circuito o extra-baja tensión de seguridad deben aislarse individualmente o colectivamente, para la mayor tensión presente. En los casos a) y b), la aislación básica de cada uno de los conductores precisa corresponder, sólo a la tensión del respectivo circuito.
- 5) Los tomacorrientes deben satisfacer los siguientes requerimientos:
 - a) No debe ser posible insertar enchufes o clavijas de circuitos a extra-baja tensión de seguridad, en tomas alimentadas a otras tensiones.
 - b) Los tomacorrientes deben impedir la introducción de clavijas de sistemas de tensión diferentes.
 - c) Los tomacorrientes no deben poseer contacto para conductor de protección
- 6) Los transformadores de seguridad a los grupos motor-generator movibles deben poseer aislación Clase II o reforzada.
- 7) Cuando la tensión nominal del circuito sea superior a 25 V en corriente alterna, o a 60 V en corriente continua, la protección contra los contactos directos deben asegurarse por:
 - a) Barreras, cajas o cubiertas con grado de protección IP2X, ó
 - b) Aislamiento que pueda soportar 500 V por 1 minuto.

18.3 PROTECCION CONTRA LOS CONTACTOS DIRECTOS

18.3.1 Protección por aislación de las partes activas

La aislación esta destinada a impedir todo contacto con las partes activas de la instalación eléctrica, recubriendo completamente las partes activas por un aislamiento que solamente podrá ser removido por destrucción.

La aislación de los equipos y materiales debe ser efectuada con un material aislante capaz de soportar, de manera permanente, los esfuerzos mecánicos, eléctricos o térmicos a los que pueda estar sometido. En general las lacas, matrices y productos análogos no se consideran como aislante suficiente para asegurar la protección contra los contactos directos.

18.3.2 Protección por medio de barreras o cajas

Las barreras o cajas están destinadas a impedir todo contacto con las partes activas de la instalación eléctrica.

Las partes activas deben ser colocadas dentro de cajas o detrás de barreras que respondan por lo menos a un grado de protección IP2X (asegura la protección contra el contacto de dedos con partes internas sobre tensión o en movimiento y contra penetración de cuerpos sólidos de tamaño medio). Sin embargo, sí es necesario una abertura más grande que la admitida en IP2X para permitir el reemplazo de las partes o para asegurar el buen funcionamiento de los equipos y materiales.

- a) Deben tomarse precauciones apropiadas para impedir que las personas puedan tocar accidentalmente las partes activas y
- b) Debe asegurarse en la medida de lo posible, que las personas sean concientes de que las partes accesibles por las aberturas son partes activas y no deben ser tomadas voluntariamente (letreros, avisos, etc.)

Las barreras o cajas deben ser fijadas de manera segura y poseer una robustez y durabilidad suficientes para mantener los grados de protección requeridos, con una separación suficiente de las partes activas.

Cuando sea necesario abrir barreras, cajas o retirar partes de ellas, esto debe ser posible únicamente:

- a) Con la ayuda de una llave o de una herramienta, ó
- b) Después de la puesta fuera de tensión de las partes activas protegidas por estas barreras o cajas, tensión que no podrá ser reestablecida hasta después de haber puesto en su lugar las barreras o cajas, ó
- c) Si una segunda barrera es la que impide el contacto con las partes activas, ésta solo podrá ser retirada con la ayuda de una llave o de una herramienta.

18.3.3 Protección por medio de obstáculos

Los obstáculos están destinados a impedir los contactos fortuitos con las partes activas, pero no los contactos voluntarios por una tentativa deliberada de burlar el obstáculo.

Los obstáculos pueden ser desmontados sin el empleo de una herramienta o llave, sin embargo deben estar fijados de tal manera que impidan retiro involuntario.

18.3.4 Protección por puesta fuera de alcance

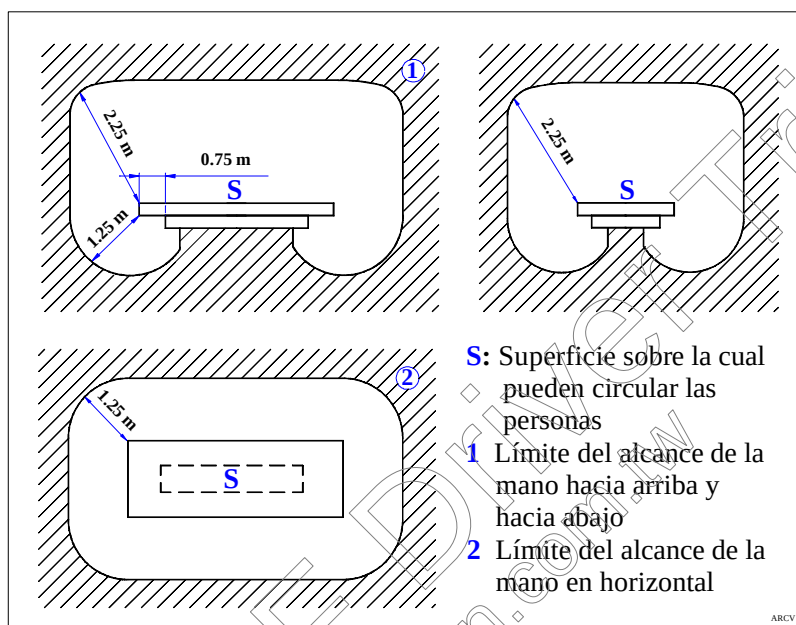
La puesta fuera de alcance está solamente destinada a impedir los contactos fortuitos con las partes activas.

Partes simultáneamente accesibles que se encuentran a potenciales diferentes no deben encontrarse en el interior del volumen de accesibilidad. Dos partes son consideradas simultáneamente accesibles

cuando la distancia entre ellas es menor a 2.50 m, esta distancia debe aumentarse en función de los objetos conductores que pueden ser manipulados o transportados en los locales correspondientes.

Cuando el espacio en el que se encuentran y circulan normalmente las personas, está limitado por un obstáculo que presenta un grado de protección inferior a IP2X, el volumen de accesibilidad al contacto comienza a partir de este obstáculo.

Esquema 18.2
Volúmenes de accesibilidad



18.4 PROTECCION CONTRA LOS CONTACTOS INDIRECTOS

18.4.1 Protección por ruptura automática de la alimentación

La ruptura automática de la alimentación después de la aparición de una falla, está destinada a impedir la permanencia de una tensión de contacto de duración peligrosa. Las recomendaciones posteriores son aplicables sólo a instalaciones de corriente alterna.

Esta medida de protección requiere la coordinación entre los sistemas de conexión a tierra y las características de los dispositivos de protección.

18.4.1.1 Tensión de contacto

Se denomina tensión de contacto (U_B), a la tensión que puede aparecer accidentalmente entre dos puntos simultáneamente accesible. La tensión límite convencional (de contacto) (U_L) es el valor máximo de tensión de contacto que puede ser mantenido indefinidamente sin riesgo a la seguridad de personas o animales domésticos.

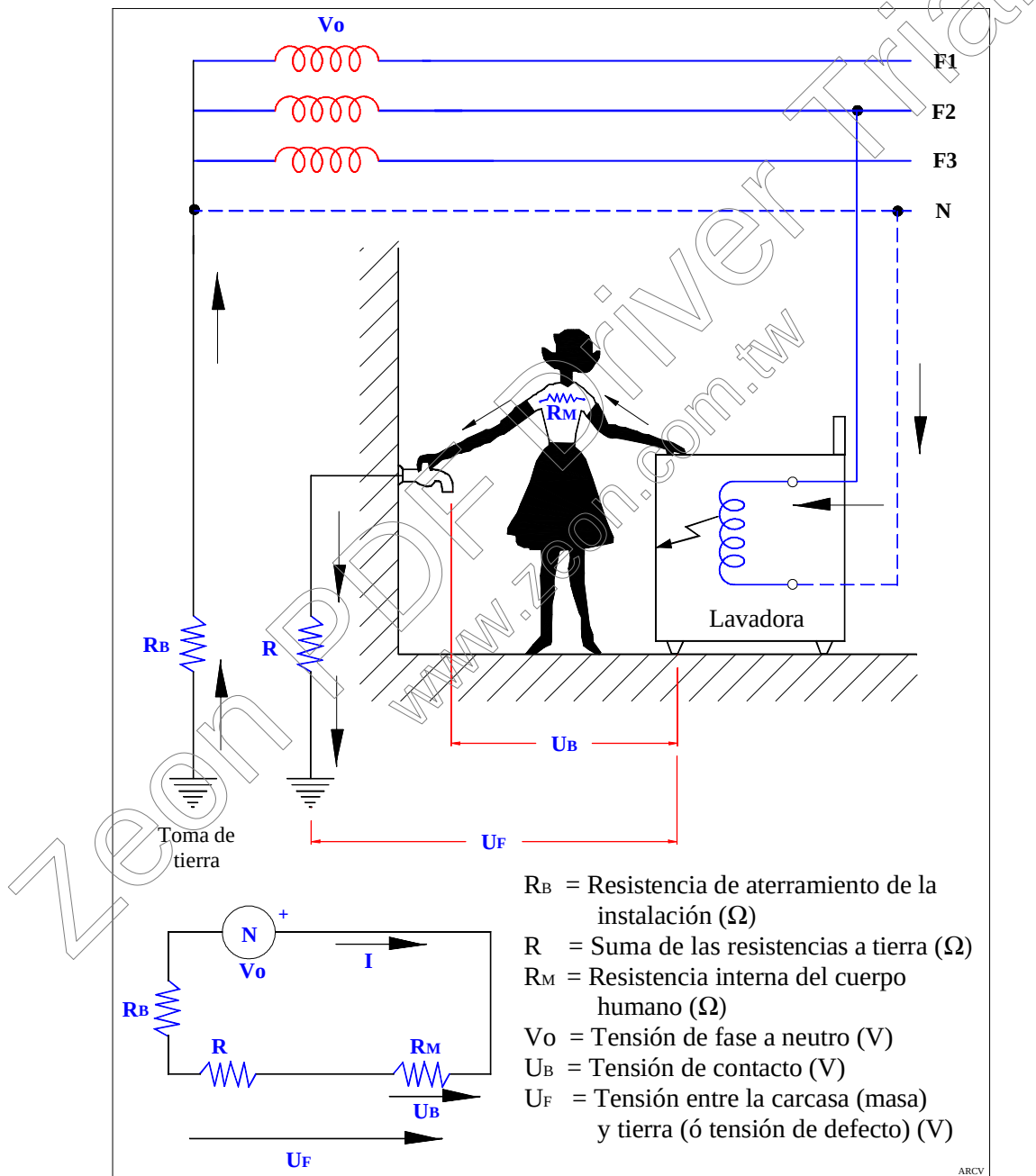
Para condiciones normales de influencias externas, se considera peligrosa una tensión superior a 50 V, en corriente alterna, o a 120 V, en corriente continua.

Los efectos de la energía eléctrica en el cuerpo de las personas dependen antes que nada, del valor de la corriente que circula en caso de accidente (I_M)

El cuerpo humano posee, como promedio y sin considerar situaciones especiales, una resistencia (R_M) en un rango de 1300 a 3000 Ohms. de ésta manera, para una tensión de contacto $U_B = U_L = 50$ V la corriente no peligrosa resulta ser:

$$I_M \leq \frac{U_B}{R_M} = \frac{50}{1300 \leq R_M \leq 3000} = 16.7 \leq I_M \leq 38.5 \text{ mA}$$

Esquema 18.3
Tensión de defecto y tensión de contacto



El Esquema 18.3 esclarece con un ejemplo corriente, el concepto de función de contacto. Una máquina de lavar ropa (aislada del piso), donde, por un defecto, existe un contacto entre fase y la carcasa (masa), y es tocada por una persona que, simultáneamente, toca una instalación de agua aterrada. Como se desprende de la figura, la tensión de contacto esta dada por.

$$U_B = Z \frac{U_F \cdot R_M}{R + R_M}$$

Donde:

U_F = Tensión entre la carcasa (masa) y tierra (V)

R = Suma de las resistencias a tierra (Ω)

R_M = Resistencia interna del cuerpo humano (Ω)

Según la norma boliviana, un dispositivo de protección debe separar automáticamente la alimentación de la parte de la instalación protegida por éste dispositivo de tal manera que inmediatamente después de una falla de impedancia despreciable en esta parte, no puede mantenerse una tensión de contacto superior a la establecida en la Tabla 18.1.

Tabla 18.1
Duración máxima de permanencia de la tensión de contacto

Tiempo máximo de desconexión (S)	Tensión de contacto previsible (en C.A. valor eficaz) (V)
∞	≤ 50
5	50
1	75
0.5	90
0.2	110
0.1	150
0.05	220
0.03	280

18.4.1.2 Conexiones equipotenciales

En cada edificación, un conductor principal de equipotencialidad debe interconectar los siguientes elementos conductores:

- El conductor principal de protección
- El conductor principal de tierra
- La canalización colectiva de agua, si es metálica
- La canalización colectiva de gas
- Las columnas verticales de calefacción central y de climatización

Se recomienda incluir además los elementos metálicos de la construcción

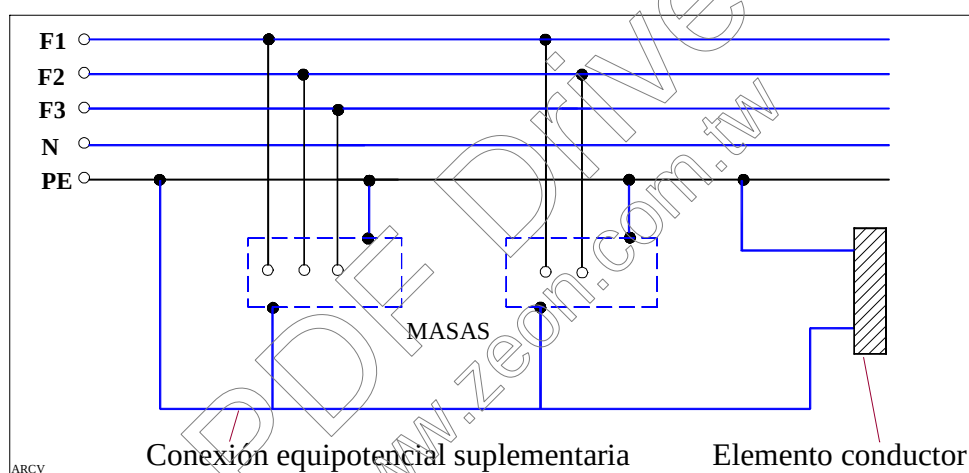
Una conexión equipotencial principal, debe realizarse a la entrada de las diversas canalizaciones del local. Su finalidad primordial es evitar que como consecuencia de una falla de origen externo al local, aparezca, en su interior, una diferencia de potencial entre los elementos conductores.

El conductor principal de equipotencialidad, debe satisfacer en general las prescripciones sobre los conductores de protección además de las siguientes limitaciones en cuanto a su sección. Esta debe ser, como mínimo, igual a la mitad de la sección del conductor de protección principal de la instalación, no pudiendo ser inferior a 6 mm^2 y su valor máximo puede ser limitado a 25 mm^2 , en cobre, o su sección equivalente a otro metal.

Si en una instalación, o en parte de una instalación las condiciones establecidas para la protección contra los contactos indirectos por ruptura automática de la alimentación (indicadas posteriormente) no pudiesen ser satisfechas, debe hacerse una conexión equipotencial local llamada suplementaria.

Este tipo de conexión debe comprender todas las partes conductoras simultáneamente accesibles, ya sea que se trate de masas de aparatos fijos o de elementos conductores, incluyendo en la medida de lo posible, las armaduras principales de hormigón armado utilizado en la construcción del edificio. A este sistema equipotencial deben ser conectados los conductores de protección, todos los materiales, incluyendo las tomas de corriente.

Esquema 18.4
Conexión equipotencial suplementaria
(Ejemplo)



La conexión equipotencial suplementaria debe hacerse a través de conductores de protección adecuadamente dimensionados. Debe asegurarse que la conexión equipotencial entre dos masas pertenecientes a circuitos de secciones muy diferentes no provoque, en el conductor de menor sección, el paso de una corriente de falla que produzca una sollicitación térmica superior a la admisible en este conductor.

El conductor utilizado en la conexión equipotencial suplementaria, o conductor de equipotencialidad suplementaria, debe satisfacer las siguientes prescripciones en cuanto a su sección:

- Si se conecta dos masas, su sección no debe ser inferior a la más pequeña de los conductores de protección conectados a estas masas.
- Si conecta una masa a un elemento conductor, su sección no debe ser inferior a la mitad de la sección del conductor de protección conectada a esta masa, observando los límites mínimos de 2.5 mm^2 para conductores con protección mecánica y de 4 mm^2 para conductores sin protección mecánica.

La conexión equipotencial suplementaria puede ser asegurada ya sea por, elementos conductores no desmontables, tales como estructuras metálicas, ya sea por conductores suplementarios, o ya sea por una combinación de ambos.

En caso de duda, la eficacia de la conexión equipotencial suplementaria se verifica asegurándose que la impedancia Z entre toda masa considerada y todo elemento conductor simultáneamente accesible, cumpla la siguiente condición:

$$Z \leq \frac{U}{I_a}$$

Donde:

U = Tensión de contacto presunto (V)

I_a = Corriente de funcionamiento del dispositivo de protección de conformidad con la Tabla 18.1.

En la práctica, cuando se utilizan fusibles, basta verificar que esta condición está satisfecha para la tensión U_L (tensión límite convencional) y para la corriente que asegure el funcionamiento del fusible en un tiempo máximo de 5 segundos.

18.4.1.3 Esquema TN

Todas las masas deben ser conectadas mediante los conductores de protección al punto de la alimentación puesta a tierra.

El conductor de protección debe ser puesto a tierra en la proximidad de cada transformador de potencia o de cada generador de la instalación. Si existen otras posibilidades eficaces de puesta a tierra se recomienda llevar allí el conductor de protección en el mayor número de puntos posibles. Una puesta a tierra múltiple, en puntos regularmente repartidos, puede ser necesaria para asegurar que el potencial del conductor de protección se mantenga en caso de falla, lo más próximo posible del de la tierra. Por la misma razón, se recomienda conectar el conductor de protección al de tierra en el punto de entrada de cada edificación o establecimiento.

Los dispositivos de protección y las secciones de conductores deben seleccionarse de manera tal que si se produce en un lugar cualquiera de la instalación una falla de impedancia despreciable entre un conductor de fase y el conductor de protección o una masa, la ruptura automática tenga lugar dentro del tiempo máximo igual al especificado en la Tabla 18.1.

Esta exigencia es satisfecha si se cumple la siguiente condición:

$$Z_s \cdot I_a \leq V_0$$

Donde:

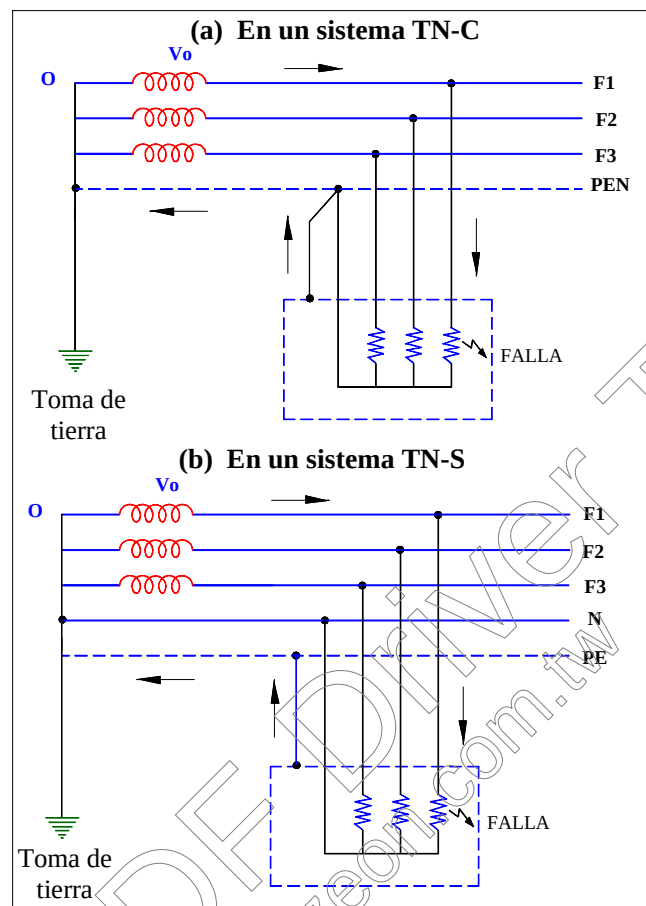
Z_s = Impedancia del bucle de falla (Ω)

I_a = Corriente que asegura el funcionamiento del dispositivo de ruptura automática en un tiempo máximo indicado en la Tabla 18.1 o en 5 segundos en los casos de partes de la instalación que solo alimentan equipos fijos.

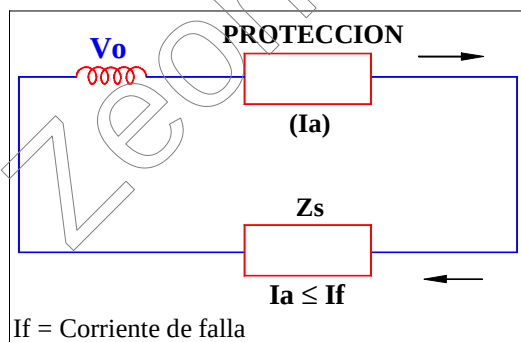
V_0 = Tensión entre fase y neutro (V)

En otras palabras, la corriente que garantice la actuación del dispositivo de protección, en el tiempo adecuado, debe ser, como máximo, igual a la corriente de falla, como se indica en el Esquema 18.6.

Esquema 18.5
Recorrido de la corriente de falla a) En un sistema TN-C, c) En un sistema TN-S



Esquema 18.6
Condición de ruptura automática de alimentación en un sistema TN



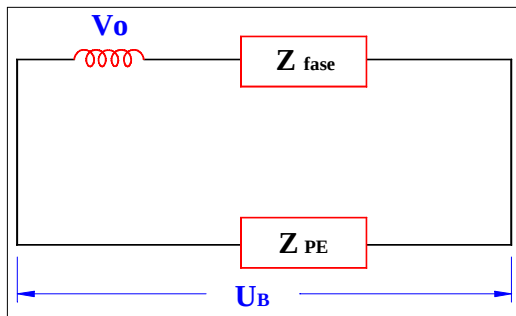
$$I_f \geq \frac{V_0}{Z_s}$$

La impedancia Z_s puede determinarse por cálculo o por medición, si se la calcula puede hacerse tomando en cuenta las impedancias de la fuente, los conductores y los diversos dispositivos de control y/o maniobra existentes en el camino de la corriente de falla. Como regla se puede tomar sólo las impedancias de los conductores despreciando las demás.

En la práctica, el cálculo de la impedancia Z_s sólo es posible cuando el conductor de protección (PE o PEN) se encuentra, en toda la instalación, en las proximidades inmediatas de los conductores vivos del circuito. Es lo que ocurre, por ejemplo, cuando el conductor de protección es uno de los conductores del mismo cable multipolar o está contenido en el mismo electroducto.

Esquema 18.7

Valor máximo de tensión de contacto en un sistema TN en condiciones particulares



$$a) \left. \begin{array}{l} Z_{fase} \quad Z \quad R \\ Z_{PE} \quad Z \quad R \end{array} \right\} U_B = Z \frac{V_0}{2}$$

$$b) \left. \begin{array}{l} Z_{fase} \quad Z \quad R \\ Z_{PE} \quad Z \quad 2R \end{array} \right\} U_B = Z \frac{2V_0}{3}$$

Si un conductor de protección presenta una misma resistencia que los conductores de fase (por ejemplo si tienen la misma sección), la tensión de contacto presunta será $U_B = V_0/2$ (Esquema 18.7). Si el conductor de protección presenta una resistencia igual o doble de los conductores de fase (por ejemplo, si tienen la mitad de la sección) la tensión de contacto presunta como máximo será $U_B = 2V_0/3$ (Esquema 18.7).

Si el conductor de protección no está en las proximidades de los conductores vivos del circuito, no será posible, en la práctica, determinar la impedancia Z_s del camino recorrido por la corriente de falla; ese valor sólo podrá ser determinado a través de mediciones hechas después de ejecutada la instalación. El distanciamiento del conductor de protección aumenta sensiblemente el valor de Z_s , principalmente si hay, elementos metálicos en el recorrido de la corriente es a través de estructuras metálicas. En este caso, la tensión de contacto presunta, U_B , será igual a:

$$U_B = Z \frac{V_0 R}{Z_s}$$

Donde:

R = Resistencia medida entre cualquier masa y el punto más próximo de la conexión equipotencial principal, en Ω (Esquema 18.8)

Esquema 18.8

Tensión de contacto presunta cuando el conductor de protección se encuentra distante de los conductores vivos (Conexión equipotencial)

$$I_f \leq \frac{V_0}{Z_s}$$

$$U_B \leq R \cdot I_f \leq \frac{R \cdot V_0}{Z_s}$$

Cuando la condición $Z_0 \cdot I_a \leq V_0$ no puede ser satisfecha, es necesario instalar una conexión equipotencial suplementaria.

En casos excepcionales en los que puede producirse una falla directa entre un conductor de fase y la tierra, por ejemplo, en líneas aéreas, la siguiente condición debe ser satisfecha a fin de que el conductor de protección y las masas conectadas a él, no puedan presentar una tensión superior a U_L (tensión límite convencional).

$$\frac{R_B}{R_E} \leq \frac{U_L}{V_0 - U_L}$$

Donde:

R_B = Resistencia global de las puestas a tierra (Ω)

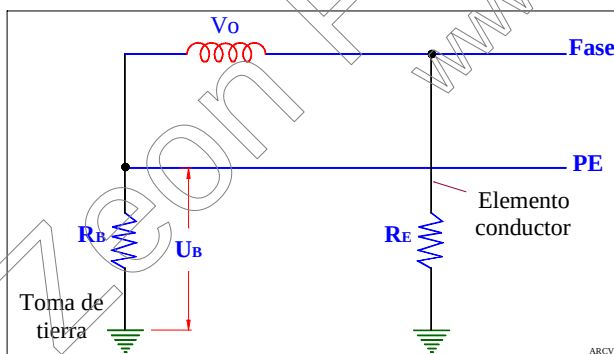
R_E = Resistencia mínima presunta de contacto a tierra de los elementos conductores no conectados al conductor de protección, y por los cuales puede producirse defectos entre fase y tierra (Ω)

V_0 = Tensión entre fase y neutro (V)

U_L = Tensión límite convencional, 50 V.

El Esquema 18.9 ilustra ésta condición:

Esquema 18.9
Condición a cumplirse en un sistema TN,
en el caso de un defecto entre fase y tierra



Por ejemplo:

Si se supone que $R_E = 5 \Omega$
 $V_0 = 220 \text{ V}$
 $U_L = 50 \text{ V}$

$$R_B \leq \frac{50}{220 - 50} \approx 0.25 \leq 1.47 \Omega$$

En instalaciones fijas, un solo conductor de sección no menor a 10 mm^2 puede ser utilizado a la vez como conductor de protección y conductor neutro (conductor PEN), satisfaciendo las condiciones mencionadas en “Conductores de Protección” Capítulo 15.

La sección mínima del conductor utilizado como conductor neutro y de protección (PEN) puede reducirse a 4 mm^2 a condición que el conductor sea tipo concéntrico, que rodee los conductores de fase.

En este sistema, pueden utilizarse los siguientes dispositivos de protección:

- a) Dispositivos de protección a corriente máxima
- b) Dispositivos de protección a corriente diferencial - residual

Cuando el sistema posee conductores PEN la protección debe estar asegurada por dispositivos de máxima corriente.

Cuando se utiliza dispositivos de protección a corriente diferencial - residual, las masas pueden no estar conectadas al conductor de protección a condición de que ellas estén conectadas a una toma de tierra cuya resistencia se adapte a la corriente de funcionamiento del dispositivo de protección diferencial - residual. El circuito protegido de esta manera debe considerarse de acuerdo al Esquema TT y a sus condiciones que se indican posteriormente.

Sin embargo, si no existe toma de tierra eléctricamente distinta, la conexión al conductor de protección debe efectuarse en el lado de la fuente de la alimentación del dispositivo de protección a corriente diferencial - residual.

El conductor PEN, en un sistema TN-C o TN-C-S, no debe ser interrumpido o seccionado. Es fácil entender por qué. Admitamos un equipo al cual está conectado un conductor PEN; si este fuese seccionado o interrumpido, sea por seccionamiento o ruptura intencional, entonces sin que exista ninguna falla o defecto aparece en su superficie (metálica) una tensión entre fase y tierra (Esquema 18.10).

Esquema 18.10
Tensión entre fase y tierra

En un sistema TN-S, la simple ruptura del conductor de protección (PE) no resulta en el apareamiento de tensión de contacto peligrosa, a no ser que ocurra una falla de fase a masa.

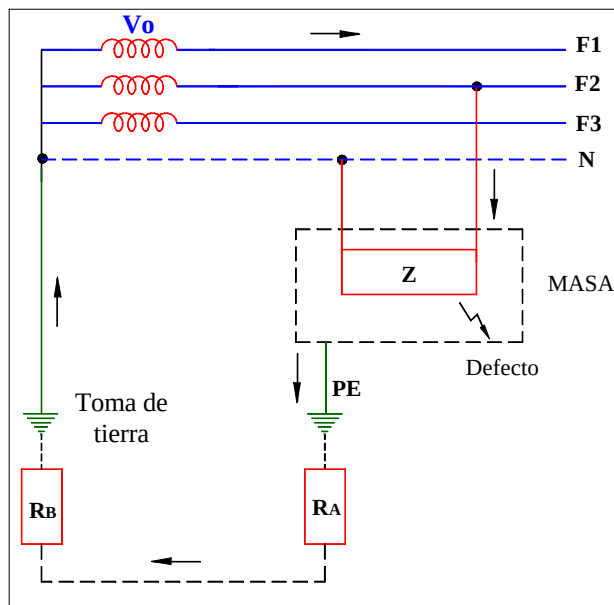
En estas condiciones, vemos que los sistemas TN-S ofrecen mayor seguridad que los sistemas TN-C, cuando se utilizan conductores de pequeña sección o sujetos a esfuerzos mecánicos.

18.4.1.4 Esquema TT

Todas las masas de los equipos y/o materiales eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección, deben ser interconectados por un mismo conductor de protección provisto de una toma de tierra común. Si varios dispositivos de protección son montados en serie, esta protección se aplica a cada grupo de masas protegidas por un mismo dispositivo.

Las masas simultáneamente accesibles deben conectarse a la misma toma de tierra.

Esquema 18.11
Recorrido de la corriente de defecto en un sistema TT



El Esquema 18.11 muestra el camino de la corriente de defecto entre fase y masa en un sistema TT. Este camino está constituido por el conductor de fase, conductor de protección, aterramiento de las masas, aterramiento del neutro y arrollamiento del transformador. Generalmente la suma de las resistencias de los electrodos de puesta a tierra de las masas (R_A) y del neutro (R_B) es muy elevada comparando con la impedancia de los otros elementos del camino de la corriente de defecto y difiere poco de la impedancia total.

Para que, en un sistema TT, se produzca la ruptura automática de la alimentación, de manera que en caso de una falla de aislamiento, no pueda mantenerse en cualquier punto de la instalación, una tensión de contacto superior a la indicada en la Tabla 18.1, debe cumplirse la siguiente condición:

$$R_A \cdot I_A \leq U$$

Donde:

R_A = Resistencia de la toma de tierra de las masas (Ω)

I_A = Corriente que asegura el funcionamiento del dispositivo de protección en el tiempo especificado en la Tabla 18.1

U = tensión límite convencional U_L o tensión de contacto presunta U_B según el caso (V)

Cuando las masas estuviesen protegidas por dispositivos diferentes y conectadas al mismo electrodo de puesta a tierra, el valor I_A a considerar es el del dispositivo de mayor corriente nominal.

Cuando se hace uso de un dispositivo de protección a corriente diferencial-residual, I_A es igual a la corriente diferencial-residual nominal de funcionamiento I y U es igual U_L .

Cuando la condición $R_A \cdot I_A \leq U$ no puede ser respetada, debe hacerse una conexión equipotencial suplementaria.

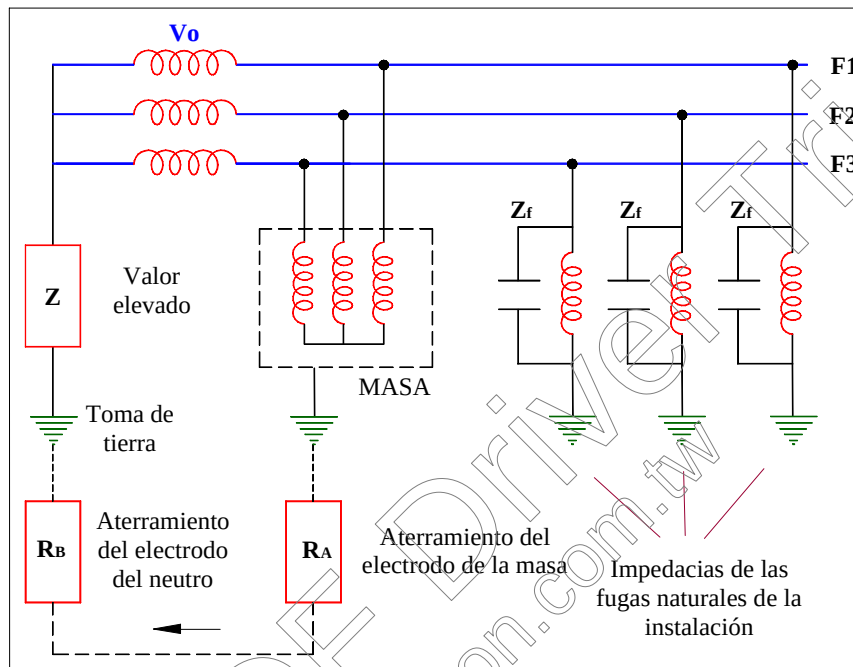
En los sistemas TT deben utilizarse, con preferencia, dispositivos de protección a corriente diferencial-residual, pero esto no excluye la utilización de dispositivos de protección a tensión de falla. La utilización de dispositivos a máxima corriente o de sobrecorriente exige, normalmente, valores muy bajos de resistencia del electrodo de puesta a tierra de las masas para que pueda cumplirse la condición $R_A \cdot I_A \leq U$, en tanto que los dispositivos a corriente diferencial-residual, actuando por principio con corrientes bajas en relación a los de sobrecorriente, permiten la utilización de electrodos de aterramiento en condiciones bastante desfavorables.

18.4.1.5. Sistema IT

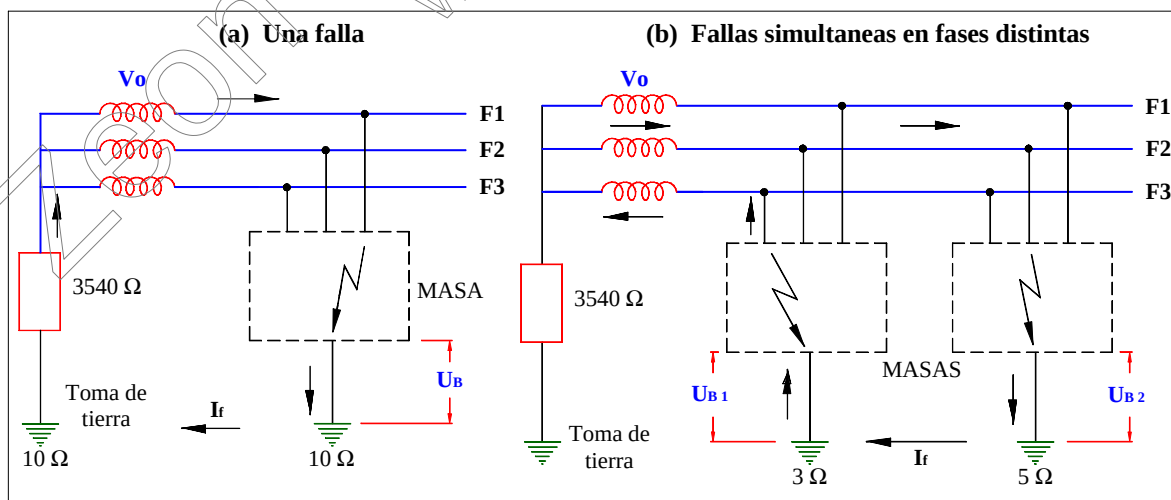
En los sistemas IT, la impedancia de puesta a tierra de la alimentación debe ser tal que la corriente de falla, en caso de una sola falla a la masa o a la tierra sea de débil intensidad. La desconexión de la alimentación no es necesaria en la primera falla, pero deben adoptarse medidas para evitar los peligros en caso de aparición de dos defectos simultáneos que afecten a conductores vivos diferentes.

El Esquema 18.12 muestra las impedancias que deben considerarse en el camino de falla de un sistema IT aterrado a través de una impedancia elevada. El Esquema 18.13 a) y b) muestran respectivamente, las condiciones impuestas por una falla y por dos fallas simultáneas en fases diferentes.

Esquema 18.12
Impedancia de un sistema IT aterrado por una impedancia elevada



Esquema 18.13
Fallas en un sistema IT
a) Una falla, b) Fallas simultáneas en fases distintas
(Ejemplo)



En un sistema IT ningún conductor activo de la instalación debe ser conectado directamente a tierra en la instalación.

A fin de reducir las sobretensiones y de amortiguar las oscilaciones de voltaje de la instalación, pueden ser necesarias puestas a tierra suplementarias por intermedio de impedancias a puntos neutros artificiales, las características deben ser apropiadas a la de la instalación.

Las masas deben ser puestas a tierra, ya sea individualmente, por grupos, o por conjunto. Masas simultáneamente accesibles deben conectarse a la misma toma de tierra.

Además, la siguiente condición debe ser satisfecha:

$$R_A \cdot I_d \leq U_L$$

Donde:

R_A = Resistencia de puesta a tierra de las masas conectadas a una toma de tierra (Ω)

I_d = Corriente de falla en caso del primer defecto franco de débil impedancia entre un conductor de fase a una masa. El valor de I_d toma en cuenta las corrientes de fuga y la impedancia total de la instalación eléctrica.

U_L = Tensión límite convencional (V)

En los sistemas IT debe preverse un dispositivo detector de falla de aislamiento, si es necesario, para indicar la aparición de una primera falla entre una parte activa y la masa, o tierra. Este dispositivo debe:

- a) Accionar, ya sea una señal sonora o visual
- b) Cortar automáticamente la alimentación.

Se recomienda eliminar una primera falla en un plazo tan corto como sea posible.

Después de la aparición de una primera falla, las condiciones de protección y de ruptura para una segunda falla son las definidas para los sistemas TN o TT, dependiendo de que todas las masas se encuentren o no, conectadas a un conductor de protección.

Los siguientes dispositivos pueden ser utilizados en el sistema IT:

- a) Detector de falla de aislamiento.
- b) Dispositivo de protección a máxima corriente.
- c) Dispositivo de protección a corriente diferencial-residual.
- d) Dispositivos a tensión de falla.

18.4.2 Protección por empleo de equipos de la Clase II o por instalación equivalente

1) El empleo de equipos Clase II o aislamiento equivalente, está destinado a impedir, en caso de defecto del aislamiento primario (aislación básica) de las partes activas, de la aparición de tensiones peligrosas en las partes accesibles de los equipos de la instalación, esa protección debe ser asegurada por la utilización de:

- a) Equipos eléctricos de los siguientes tipos que hayan aprobado los ensayos tipo que les correspondan.
 - Equipos con aislación doble o reforzada (equipos de Clase II)
 - Equipo eléctrico construido en fábrica con aislación total.
- b) Una aislación suplementaria aplicada en el curso de la instalación de los materiales eléctricos provistos de una aislación primaria y que garanticen una seguridad equivalente a los equipos del punto a) y que cumplan las condiciones indicadas en los incisos 2 a 6.

- c) Aislación reforzada que recubra las partes, activas desnudas y montadas en el curso de la instalación eléctrica garantizando una seguridad en las condiciones indicadas en los equipos eléctricos del punto a) y que cumplan los incisos 2 a 6. Tal aislación no es admitida, si no cuando razones de construcción no permiten la realización de la doble aislación.
- 2) Una vez en funcionamiento, todas las partes conductoras separadas de las partes activas solo por una aislación primaria deben estar dentro de una caja aislante que posea por lo menos un grado de protección IP2X.
- 3) La caja aislante debe soportar los esfuerzos mecánicos, eléctricos o térmicos susceptibles a producirse. Los revestimientos de pintura, barniz y de productos similares no son, en general, considerados como suficientes para estas prescripciones.
- 4) Cuando la caja aislante no haya sido ensayada con anterioridad y existan dudas en cuanto a su efectividad, debe efectuarse un ensayo dieléctrico.
- 5) La caja aislante no debe ser atravesada por partes conductoras susceptibles de propagar un potencial. No debe llevar tornillos en material aislante cuyo reemplazo por un tornillo metálico, podría comprometer el aislamiento de la caja.
- 6) Cuando la caja contenga puertas o tapas que puedan ser abiertas sin la ayuda de un instrumento o de una llave, todas las partes conductoras al abrirse la puerta o tapa deben ser protegidas por una barrera aislante de manera de impedir que las personas toquen accidentalmente esas partes. Esta barrera aislante no debe poder ser retirada sin la ayuda de un instrumento.
- 7) Las partes conductoras situadas al interior de una caja aislante no deben ser conectadas a un conductor de protección. Sin embargo, deben tomarse medidas adecuadas para la conexión de conductores de protección que pasen necesariamente a través del recinto para conectar otros materiales eléctricos cuyo circuito de alimentación pasa a través de la caja. En el interior de estos, los conductores y sus bornes, deben ser aislados como partes activas y los bornes identificados en forma apropiada.
- 8) La caja no debe afectar las condiciones de funcionamiento del equipo protegido.
- 9) La instalación de los materiales enunciados en el punto 1-a) (fijación, conexión de los conductores, etc.), debe efectuarse de manera de no alterar la protección prevista a las especificaciones de construcción de estos equipos.

18.4.3. Protección en los locales (o lugares) no conductores

Esta medida de protección está destinada a impedir, en caso de defecto de aislamiento primario de las partes activas, el contacto simultáneo con las partes susceptibles de ser llevadas a potenciales diferentes. Se admite la utilización de materiales de clase 0 bajo reserva de respetar el total de las siguientes condiciones:

- 1) Las masas deben ser dispuestas de manera que en condiciones normales las personas no puedan entrar en contacto simultáneo con:
 - a) Dos masas, o
 - b) Con una masa y con cualquier otro elemento conductor (conductor extraño).

Siempre que estos elementos puedan encontrarse a potenciales diferentes en caso de una falla de aislamiento

- 2) En los locales (o lugares) no conductores no deben instalarse conductores de protección.
- 3) La exigencia del punto 1, se satisface si:
 - a) Las paredes o piso de los locales (o lugares) son aislantes, y,
 - b) La distancia entre dos elementos es superior a 2 m.

- 4) Las paredes y pisos aislantes deben presentar en todo punto una resistencia no menor a:
 - a) 50 K Ω si la tensión nominal de la instalación es menor a 500 V, y
 - b) 100 K Ω si la tensión nominal de la instalación es superior a 500 V.
- 5) Deben adoptarse disposiciones para evitar que los elementos conductores propaguen potenciales fuera del lugar considerado.
- 6) Las disposiciones adoptadas deben ser durables, y no deben convertirse en ineficaces. Deben igualmente asegurar la protección cuando se prevé la utilización de materiales y/o equipos portátiles.

Se llama la atención sobre el riesgo de introducir posteriormente, en instalaciones eléctricas no estrictamente supervisadas, elementos (por ejemplo, materiales portátiles de la Clase I o elementos conductores, tales como cañerías) que pueden anular las condiciones de seguridad del punto 6.

Es necesario que la humedad no comprometa la aislación de las paredes y pisos.

18.4.4. Protección por conexiones equipotenciales en locales no conectados a tierra

Las conexiones equipotenciales locales están destinadas a impedir la aparición de tensiones de contacto peligrosas.

Los conductores de equipotencialidad deben conectar todas las masas y todos los elementos simultáneamente accesibles.

La conexión equipotencial, así realizada no debe estar en contacto directo con la tierra, ni directamente, ni por intermedio de masas o de elementos conductores, Ej. para hospitales. (Si esta condición no puede ser satisfecha se aplicará las medidas de protección por ruptura automática de la alimentación).

Deben adoptarse disposiciones para asegurar que las personas que ingresen a un local equipotencial no se encuentren expuestas a una diferencia de potencial peligrosa. Se aplica especialmente al caso de un piso conductor aislado del suelo, en contacto con una conexión equipotencial local.

18.4.5 Protección por separación eléctrica

La separación eléctrica de un circuito individual, está destinada a evitar las corrientes de contacto que pudieran resultar de un contacto con las masas susceptibles de ser puestas bajo tensión en caso de falla de la aislación primaria de las partes activas de ese circuito.

La protección o separación eléctrica debe asegurarse respetando las siguientes prescripciones: (Se recomienda que el producto de la tensión nominal del circuito en voltios por la longitud del circuito en metros no sea superior a 100.000 V m y que la longitud del circuito no sea superior a 500 metros).

- 1) El circuito debe ser alimentado por intermedio de una fuente de separación es decir:
 - a) De un transformador de separación, ó
 - b) De una fuente de corriente que brinde un grado de seguridad equivalente.

Las fuentes de separación móviles deben ser de Clase II o poseer aislamiento equivalente. Las fuentes de separación fijas deben ser de Clase II o Poseer aislamiento equivalente y adicionalmente el circuito secundario debe estar separado del circuito primario y de la carcasa también por un aislamiento clase II.

Si la fuente alimenta varios aparatos, las masas de estos no deben ser conectados a la carcasa metálica de la fuente.

- 2) La tensión nominal del circuito separado no debe ser superior a 500 V.
- 3) Las partes activas del circuito separado no deben tener ningún punto común con otro circuito, ni ningún punto puesto a tierra.
- 4) Los conductores flexibles deben ser visibles en toda su longitud susceptible de sufrir daños mecánicos.
- 5) Todos los conductores del circuito separado deben ser instalados físicamente alejados de los otros circuitos.

Cuando el circuito separado alimenta un solo aparato, las masas del circuito no deben ser conectadas intencionalmente con un conductor de protección ni con las masas de otros circuitos.

Si se adoptan precauciones para proteger el circuito secundario de todo daño y de fallas de aislamiento, se podrá alimentar varios aparatos mediante una fuente de separación, siempre que se cumplan las siguientes prescripciones:

- 1) Las masa de los circuitos separados deben ser conectados entre sí, mediante conductores de equipotencialidad no puestos a tierra. Tales conductores no deben ser conectados a conductores de protección, ni a masa de otros circuitos, ni a elementos conductores.
- 2) Todos los tomacorrientes deben estar provistos de un contacto de tierra, que debe ser conectado al conductor de equipotencialidad del punto 1.
- 3) Todos los conductores flexibles llevarán un conductor de protección utilizado como conductor de equipotencialidad.
- 4) En caso de dos fallas francas alimentadas por 2 conductores de polaridad distinta que afecten a dos masas, un dispositivo de protección debe asegurar la ruptura en un tiempo máximo igual al de la Tabla 18.1.

CAPITULO 19

PROTECCION CONTRA LAS SOBRECORRIENTES

Zeon PDF Driver
www.zeon.com.tw

CAPITULO 19

PROTECCION CONTRA LAS SOBRECORRIENTES

19.1 REQUISITOS DE PROTECCION CONTRA LAS SOBRECORRIENTES

Los conductores activos, deben ser protegidos contra las sobrecorrientes provocadas por sobrecargas y cortocircuitos. Además, la protección contra sobrecargas y cortocircuitos deben ser coordinadas adecuadamente como se indica más adelante.

19.2 NATURALEZA DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCION

Los dispositivos de protección, se deben seleccionar entre los siguientes:

- 1) Dispositivos que aseguran a la vez la protección contra las corrientes de sobrecargas y protección contra las corrientes de cortocircuito.

Los dispositivos de protección deben poder interrumpir toda sobrecorriente inferior o igual a la corriente de cortocircuito presunta en el punto de instalación del dispositivo. Estos dispositivos pueden ser:

- Disyuntores con disparo de sobrecarga
- Disyuntores asociados con fusibles
- Los siguientes tipos de fusibles:
 - a) Fusibles gI ensayados de conformidad a la norma respectiva.
 - b) Fusibles que llevan elementos de reemplazo del gII probados en un dispositivo especial de prueba de alta conductividad térmica.

- 2) Dispositivos que brindan protección únicamente contra corrientes de sobrecarga.

Son dispositivos que poseen generalmente una característica de funcionamiento a tiempo inverso, y puedan tener un poder de ruptura inferior a la corriente de cortocircuito presunta en el punto de instalación.

- 3) Dispositivos que brindan protección únicamente contra corrientes de cortocircuito.

Estos dispositivos pueden ser utilizados cuando la protección contra las sobrecargas, es realizada por otros medios; o cuando se admite la dispensación de la protección contra las sobrecargas. Deben poder interrumpir toda corriente de cortocircuito inferior o igual a la corriente de cortocircuito presunta. Estos dispositivos pueden ser:

- a) Disyuntores con disparo a máxima corriente.
- b) Fusibles.

19.3 PROTECCION CONTRA CORRIENTES DE SOBRECARGA

19.3.1 Regla general

Los dispositivos de protección, deben estar previstos para interrumpir toda corriente de sobrecarga en los conductores del circuito antes de que ésta pueda provocar calentamiento que afecte la aislación, las conexiones, los terminales, o el medio ambiente.

19.3.2 Coordinación entre los conductores y los dispositivos de protección

La característica de funcionamiento de un dispositivo que protege un conductor contra corrientes de sobrecarga, debe satisfacer las siguientes condiciones simultáneamente.

$$I_{\text{Cir}} \text{ á } I_n \text{ á } I_C$$

$$I_2 \text{ á } 1.45 I_C$$

Donde:

I_{Cir} = Corriente de diseño del circuito

I_C = Corriente admisible del conductor

I_n = Corriente nominal del dispositivo de protección

I_2 = Corriente que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección; en la práctica I_2 es igual a:

- a) La corriente de funcionamiento en el tiempo convencional, para disyuntores.
- b) La corriente de fusión en el tiempo convencional, para fusibles del tipo gI.
- c) 0.9 veces la corriente de fusión en el tiempo convencional para fusibles del tipo gII.

Cabe hacer las siguientes observaciones:

- Para los dispositivos de protección regulables, I_n es la corriente de regulación seleccionada.
- La protección prevista por este inciso, no asegura una protección completa en algunos casos, por ejemplo, contra las sobrecorrientes prolongadas inferiores a I_2 y no conduce necesariamente a una solución económica. Por esta razón, se supone que el circuito está concebido de tal manera que no se produzcan frecuentemente pequeñas sobrecargas de larga duración.

19.3.3 Protección de los conductores en paralelo

Cuando un dispositivo de protección protege varios conductores en paralelo, el valor de I_z es la suma de las corrientes admisibles en los diferentes conductores, a condición sin embargo que los conductores estén dispuestos de tal manera que transporten corrientes sensiblemente iguales.

19.4 PROTECCION CONTRA CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

19.4.1 Regla General

Los dispositivos de protección deben ser previstos para interrumpir toda la corriente del cortocircuito en los conductores, antes que ésta pueda causar daños como consecuencia de los efectos térmicos y mecánicos producidos en los conductores y en las conexiones.

19.4.2 Determinación de las corrientes de cortocircuito

Las corrientes de cortocircuito, deben ser determinadas en los lugares de la instalación que sean necesarios. Esta determinación puede ser efectuada por cálculo o por medición.

19.4.3 Características de los dispositivos de protección contra los cortocircuitos

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

- 1) Su poder de ruptura debe ser por lo menos, igual a la corriente de cortocircuito presunta en el punto en que se encuentra instalado, salvo en el caso descrito en el siguiente párrafo:
Puede admitirse un dispositivo de poder de ruptura inferior al previsto, a condición de que por el lado de la alimentación se instale un otro dispositivo con poder de ruptura necesario.
- 2) El tiempo de ruptura de toda corriente resultante de un cortocircuito producido en un punto cualquiera del circuito, no debe ser superior al tiempo que se requiera para llevar la temperatura de los conductores al límite admisible.

Para cortocircuitos de duración de hasta 5 seg., el tiempo t en el cual una corriente de cortocircuito elevará la temperatura de los conductores desde la máxima temperatura admisible en servicio normal hasta el valor límite, puede ser calculado, en primera aproximación con la ayuda de la fórmula siguiente:

$$t \geq \frac{K \cdot S^2}{I}$$

Donde:

I = Corriente en Amperes

t = Duración en segundos

S = Sección en milímetros cuadrados

K = Cte.

- $K = 115$ para conductores de cobre aislados con PVC.
- $K = 135$ Para conductores de cobre aislados con goma, en polietileno reticulado o goma etileno propileno.
- $K = 74$ Para conductores en aluminio aislados con PVC.
- $K = 87$ Para conductores en aluminio aislados con goma, en polietileno reticulado o goma etileno propileno.
- $K = 115$ Para conexiones soldadas en estaño en los conductores de cobre que responden a una temperatura de 160°C .

Para duraciones muy cortas (menores a 0.1 seg.) donde la asimetría es importante para los dispositivos que limitan la corriente, $K^2 \cdot S^2$ debe ser superior al valor de energía ($I^2 \cdot t$) que deja pasar el dispositivo de protección, especificada por el fabricante.

19.5 COORDINACION ENTRE LA PROTECCIÓN CONTRA CORRIENTES DE SOBRECARGA Y LA PROTECCIÓN CONTRA CORRIENTES DE CORTOCIRCUITOS

19.5.1 Protección brindada por el mismo dispositivo

Si un dispositivo de protección contra las corrientes de sobrecarga responde a las prescripciones de protección contra corrientes de sobrecarga y posee un poder de ruptura por lo menos igual a la corriente de cortocircuito presunta en el punto en que está instalado, se considera que también brinda protección contra corrientes de cortocircuito de los conductores situados del lado de la carga en ese punto.

19.5.2 Protección asegurada por diferentes dispositivos

Las prescripciones de protecciones contra sobrecarga y contra cortocircuitos deben aplicarse respectivamente a los dispositivos contra las sobrecargas y contra los cortocircuitos.

19.6 LIMITACION DE LAS SOBRECORRIENTES POR LAS CARACTERISTICAS DE LA ALIMENTACION

Se consideran como protegidos contra sobre corriente, los conductores alimentados por una fuente cuya impedancia es tal que la corriente máxima que proporciona no sea superior a la corriente admisible en los conductores (tales como ciertos transformadores de timbre, de soldadura y ciertos generadores acoplados o motores térmicos).

19.7 APLICACION DE LAS MEDIDAS DE PROTECCION PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD EN LA PROTECCION CONTRA LAS SOBRECORRIENTES.

Estas prescripciones no toman en cuenta las condiciones debidas a influencias externas.

19.7.1 Protección contra corrientes de sobrecarga

19.7.1.1 Ubicación de los dispositivos de protección.

Debe instalarse un dispositivo que asegure la protección contra las sobrecargas en los lugares en que un cambio trae consigo una reducción del valor de la corriente admisible de los conductores, por ejemplo, un cambio de sección, de naturaleza, de modo de instalación, con las excepciones que se indican más adelante.

Estos dispositivos de protección pueden ser instalados en un punto cualquiera sobre el recorrido del conductor, si entre éste punto y en el que se produce el cambio de la sección, de la naturaleza, de modo de instalación, el conductor no reporta derivaciones, ni tomas de corriente y responde a uno de los casos siguientes:

- a) Está protegido contra los cortocircuitos, ó
- b) Su longitud no es mayor a 3 metros, está instalado de manera a reducir al mínimo, el riesgo de un cortocircuito y no se encuentra cerca de materiales combustibles.

19.7.1.2 Dispensación de protección contra las sobrecargas

Los diferentes casos enunciados en este inciso no se aplican a instalaciones situadas dentro de locales o lugares que presenten riesgos de incendio o de explosión y cuando reglas particulares especifiquen condiciones diferentes.

Está permitido no prever protección contra las sobrecargas:

- a) En un conductor situado del lado de la carga en un cambio de sección, de naturaleza, o de modo de instalación y efectivamente protegido contra las sobrecargas por un dispositivo de protección instalado del lado de la fuente.
- b) En un conductor que muy probablemente no lleva corrientes de sobrecarga, a condición que esté protegido contra los cortocircuitos y que no comparte a derivaciones ni tomas de corriente.
- c) En instalaciones de telecomunicaciones, comando, señalización y análogas.

19.7.1.3 Ubicación y dispensa de protección contra las sobrecargas en el sistema IT

Las posibilidades de desplazar o dispensar la instalación de dispositivos de protección contra las sobrecargas, no son aplicables en el Sistema IT, a menos que cada circuito no protegido contra sobrecargas se encuentre protegido por un dispositivo de protección a corriente diferencial-residual, o que todos los materiales y/o equipos alimentados por tales circuitos (incluyendo los conductores) fuesen con aislamiento Clase II, o posean aislación suplementaria equivalente.

19.7.1.4 Casos en que la dispensa de protección contra las sobrecargas se recomienda por razones de seguridad.

Se recomienda no instalar dispositivos de protección contra las sobrecargas en circuitos de alimentación, donde la apertura inesperada del circuito pueda presentar un peligro.

Ejemplos de tales casos son:

- Los circuitos de excitación de máquinas rotativas.
- Los circuitos de alimentación de electro-imanes de elevación.
- Los circuitos secundarios de los transformadores de corriente.

En tales casos puede ser útil prever un dispositivo de alarma de sobrecarga.

19.7.2 Protección contra los cortocircuitos

19.7.2.1 Ubicación de los dispositivos de protección

Un dispositivo que asegure la protección contra cortocircuitos debe ser instalado en el lugar en que una reducción de sección, de la naturaleza, o de modo de instalación provoque una reducción de la capacidad de conducción de los conductores, para interrumpir cualquier corriente de cortocircuito de los conductores, para interrumpir cualquier corriente de cortocircuito, antes que sus efectos térmicos y mecánicos puedan tornarse peligrosos para los conductores y terminales.

19.7.2.2 Alternativa de ubicación del dispositivo de protección

Se admite instalar dispositivos de protección contra cortocircuitos en un lugar diferente al indicado en el Punto 19.7.2.1 en los siguientes casos:

- 1) Cuando la parte del conductor comprendida entre la reducción de la sección u otro cambio y el dispositivo de protección, responda simultáneamente a las siguientes tres condiciones:
 - a) Su longitud no exceda a 3 metros
 - b) Esté instalado de manera de reducir al mínimo riesgos de cortocircuito.
 - c) No esté instalado cerca o en la proximidad de materiales combustibles.
- 2) Cuando un dispositivo de protección instalado en el lado de la alimentación en el punto de reducción de sección u otro cambio, tiene características de funcionamiento tales que protege contra los cortocircuitos al conductor situado al lado de la carga.

19.7.2.3 Casos en los que se puede dispensar la protección contra los cortocircuitos

Se dispensa la protección contra los cortocircuitos en los casos enumerados a continuación:

- a) Conductores que conectan máquinas generadoras, transformadores, rectificadores, baterías o acumuladores con sus correspondientes tableros de comando provistos de dispositivos de protección adecuados.
- b) Circuitos donde la ruptura podría entrañar peligros para el funcionamiento de las instalaciones.
- c) Ciertos circuitos de medición.

Siempre que la instalación sea ejecutada de manera de reducir al mínimo el riesgo de cortocircuito y los conductores no estén instalados en la proximidad de materiales combustibles.

19.7.2.4 Protección contra los cortocircuitos de conductores en paralelo.

Un solo dispositivo de protección puede proteger varios conductores en paralelo contra los cortocircuitos, a condición que las características de funcionamiento del dispositivo y el modo de instalación de los conductores en paralelo sean coordinados en forma apropiada para la selección del dispositivo de protección.

19.7.3 Protección contra las sobrecorrientes de acuerdo con la naturaleza de los circuitos

19.7.3.1 Protección de los conductores de fase

- 1) La detección de sobrecorrientes debe ser prevista para todos los conductores de fase, debe provocar la desconexión del conductor donde se han detectado las sobrecorrientes, pero no provocará necesariamente la desconexión de los otros conductores activos, a excepción del caso mencionado en el punto 2.

- 2) En el sistema TT, sobre circuitos alimentados entre fases en los cuales el conductor neutro no se encuentra distribuido, la detección de sobrecorrientes puede ser obviada sobre uno de los conductores de fase, bajo la reserva de que las siguientes condiciones sean satisfechas simultáneamente.
- a) Si existe, sobre el mismo circuito, o del lado de la alimentación, una protección diferencial que provoca la desconexión de todos los conductores de fase, y
 - b) Si el conductor neutro no se encuentra distribuido después del dispositivo diferencial mencionado en a).

Es importante observar que, si el seccionamiento de una única fase puede causar peligro, por ejemplo, en el caso de motores trifásicos, debe tomarse precauciones apropiadas, como el uso de protección suplementaria contra falta de fase.

19.7.3.2 Protección de conductor neutro

1) Sistema TT o TN

- a) Cuando la sección del conductor neutro es por lo menos igual o equivalente a la de los conductores de fase, no es necesario prever una detección de sobrecorriente ni un dispositivo de desconexión en el conductor neutro.
- b) Cuando la sección del conductor neutro es inferior a las de fases, es necesario prever una detección de sobrecorriente en el conductor neutro, apropiado a la sección de ese conductor, esta detección debe provocar la desconexión de los conductores de fase, pero no necesariamente la del conductor neutro.

Sin embargo, no es necesario prever detección de sobrecorrientes sobre el conductor neutro si las dos condiciones siguientes se cumplen simultáneamente:

- El conductor neutro está protegido contra cortocircuitos por el dispositivo de protección de los conductores de fase del circuito.
- En servicio normal, la corriente máxima susceptible de atravesar el conductor neutro es netamente inferior al valor de la corriente admisible en ese conductor (como ocurre cuando la mayor parte de la potencia suministrada que está designada a la alimentación de cargas trifásicas).

2) Sistema IT

Dentro del sistema IT, se recomienda no distribuir el conductor neutro.

Sin embargo, cuando el conductor neutro es distribuido, es generalmente necesario prever una detección de sobrecorriente en el conductor neutro de cada circuito, detección que debe provocar la desconexión de todos los conductores activos del circuito correspondiente, incluyendo el conductor neutro. Esta disposición no es necesaria si:

- a) El conductor neutro considerado, está efectivamente protegido contra los cortocircuitos por un dispositivo de protección colocado en el lado de la fuente de alimentación, por ejemplo, en el origen de la instalación.
- b) El circuito considerado está protegido por un dispositivo de protección a corriente diferencial-residual cuyo valor nominal no excede 0.15 veces de la corriente admisible en el conductor neutro correspondiente. Este dispositivo debe desconectar todos los conductores activos del circuito correspondiente incluyendo el conductor neutro.

19.7.3.3 Desconexión y reconexión del conductor neutro

Cuando se describe la desconexión del conductor neutro, ésta desconexión y su reconexión deben ser tales que el conductor neutro no sea desconectado antes que los conductores de fase y que sea reconectado al mismo tiempo o antes que los conductores de fase.

19.8 SELECTIVIDAD

Es la característica que debe tener un sistema eléctrico, cuando está sometido a corrientes anormales, de hacer actuar los dispositivos de protección de manera de desenergizar solamente la parte del circuito afectada.

La selectividad, proporciona a un sistema eléctrico una adecuada coordinación de la actuación de dos o varios elementos de protección. Esos elementos se encuentran en un determinado sistema, formando las siguientes combinaciones:

- Fusible en serie con otro fusible;
- Fusible en serie con disyuntor de acción termomagnética;
- Disyuntor de acción termomagnética en serie con fusible;
- Disyuntor en serie entre sí.

Cada una de esas combinaciones, merece un análisis individual para el dimensionamiento adecuado de los dispositivos que componen el sistema de protección.

19.8.1 Fusible en serie con otro fusible (F-F)

Prácticamente la selectividad entre fusibles del mismo tipo y tamaño es inmediatamente subsiguientes y natural. Para asegurar la selectividad entre fusibles, es necesario que la corriente nominal del fusible protector (fusible hacia la fuente) sea igual o superior a 160% del fusible protegido (fusible hacia la carga), esto es:

$$I_{ff} \geq 1.6 I_{fc}$$

Donde:

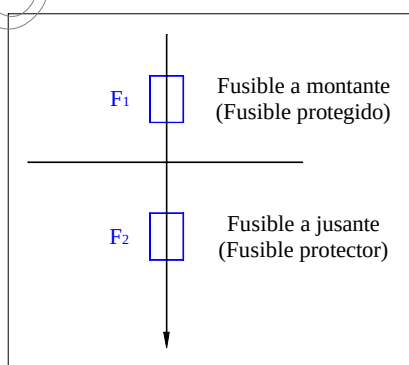
I_{ff} = Corriente nominal del fusible (lado fuente)

I_{fc} = Corriente nominal del fusible (lado carga)

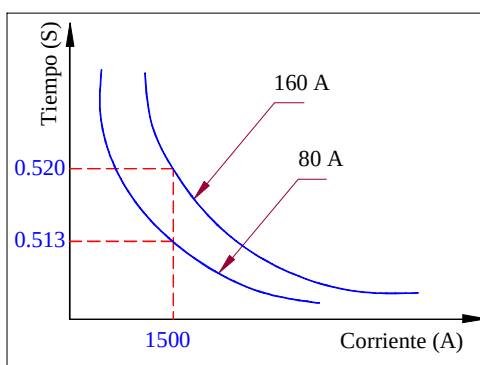
Para mejor claridad de las posiciones que los fusibles ocupan en un sistema, ver el Esquema 19.1.

El Esquema 19.2 muestra los tiempos que deben ser optados en la selectividad de los fusibles, de tipo NH, de 80 y 160 A, instalados en el circuito del Esquema 19.3.

Esquema 19.1
Fusible en serie con otro fusible

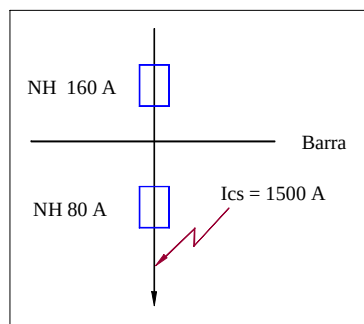


Esquema 19.2
Curvas de selectividad entre fusible

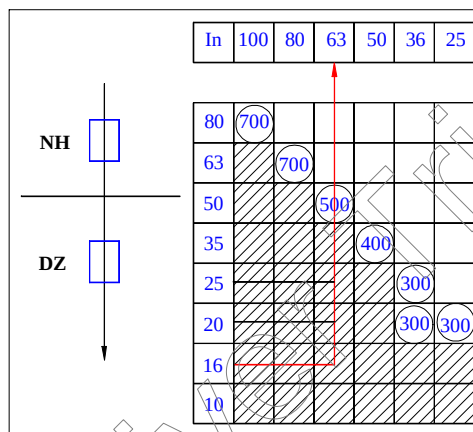


Para facilitar el dimensionamiento de dos fusibles en serie, se puede emplear los dos gráficos, respectivamente, válidos para fusible en serie NH-DZ y NH-NH de los Esquemas 19.4 y 19.5.

Esquema 19.3
Ejemplo de la instalación de dos fusibles NH



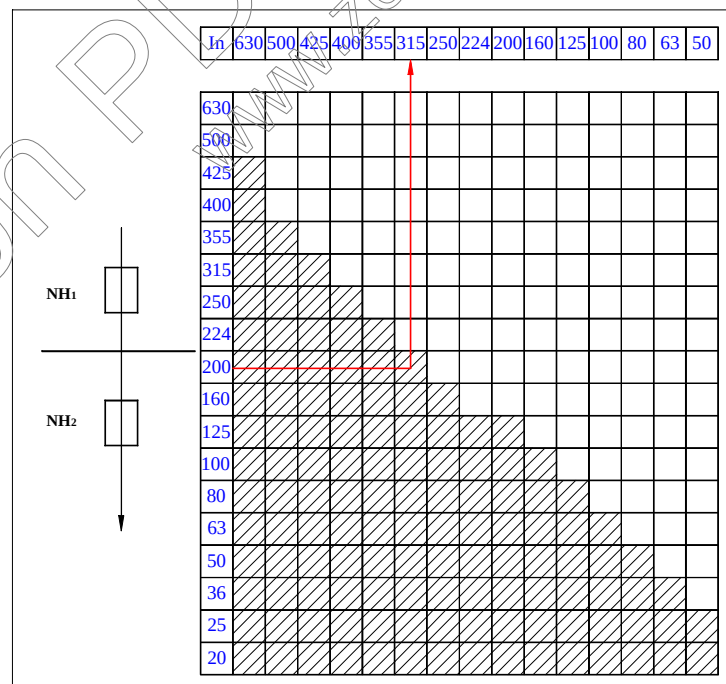
Esquema 19.4
Selectividad entre fusibles NH Y DIAZED



La selectividad de tipo rápido y retardado debe ser efectuada entre elementos diferenciados, de por lo menos, una unidad padronizada.

Las unidades de tipo NH pueden estar sometidas a sobrecorriente de corta duración, aproximadamente a 70% del tiempo de fusión de las mismas, sin que haya alteración en las características del elemento fusible.

Esquema 19.5
Selectividad entre fusibles NH



19.8.2 Fusible en serie con disyuntor de acción termomagnética (F-D)

19.8.2.1 Faja de sobrecarga

Considerando esta faja, la selectividad se garantiza cuando la curva de desconexión del relé térmico del disyuntor no corta la curva del fusible, como se observa en el Esquema 19.6, cuya protección del dispositivo se muestra en el Esquema 19.7.

19.8.2.2 Faja de cortocircuito

En la faja característica de corriente de cortocircuito, para obtener la selectividad, es necesario que el tiempo de actuación del fusible sea igual o superior en 50 ms al tiempo de disparo del relé electromagnético:

$$T_{af} \geq T_{ad} + 50 \text{ ms.}$$

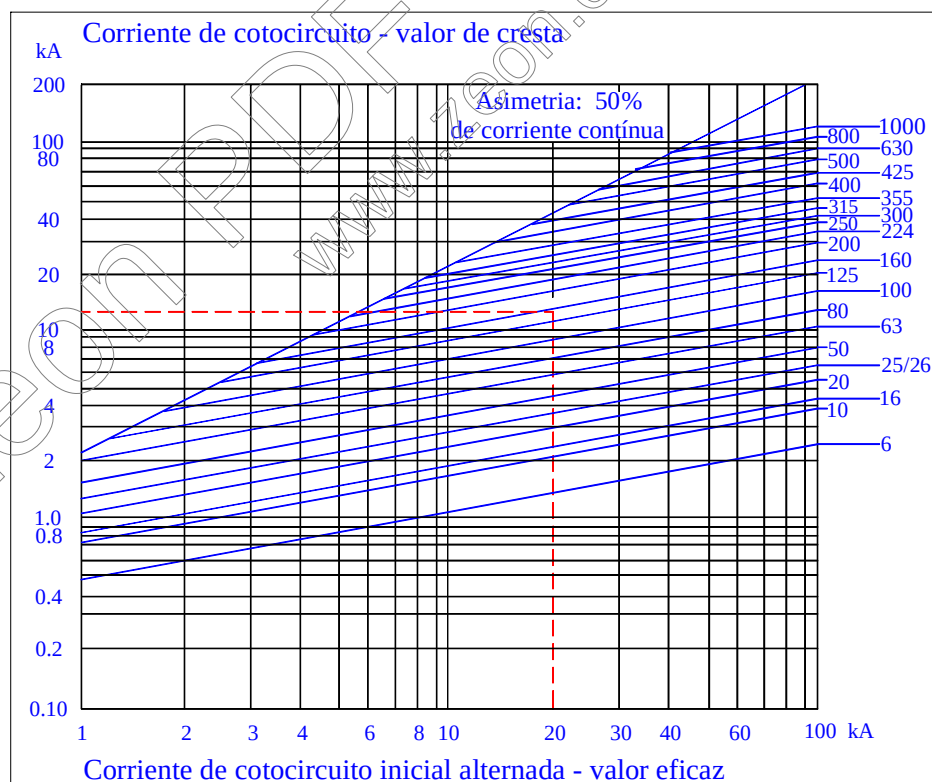
Donde:

T_{af} = tiempo de actuación del fusible en ms

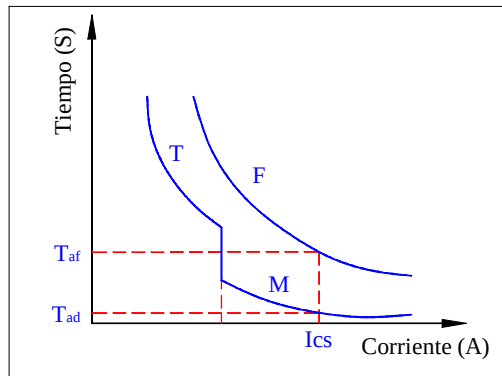
T_{ad} = tiempo de actuación del disyuntor en ms

Un caso particular de los fusibles en serie con disyuntor, es frecuentemente empleado aquel en el que se desea proteger al disyuntor contra corrientes elevadas de cortocircuito, cuyo valor sea superior a su capacidad de ruptura. Se utiliza en este caso, las propiedades de los fusibles, de tipo NH, delimitando la corriente de cresta. Pero en el Gráfico 19.1, se puede observar, entretanto, que, para corrientes muy elevadas, los fusibles no responden a estas características,

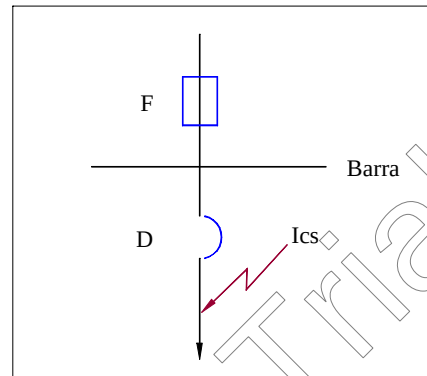
Gráfico 19.1
Capacidad limitadora de los fusibles NH



Esquema 19.6
Fusible en serie con disyuntor



Esquema 19.7
Posición de fusible y disyuntor



19.8.3 Disyuntor de acción termomagnética en serie con un fusible (D-F)

19.8.3.1 Faja de sobrecarga

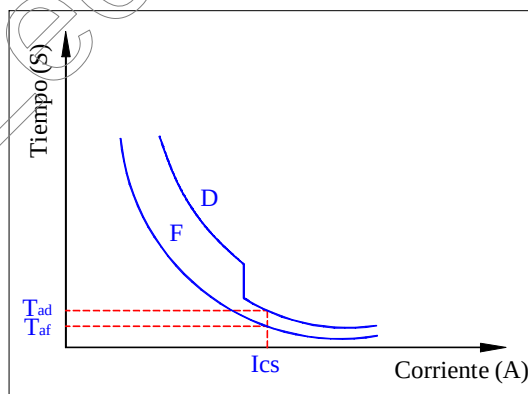
Considerando esta faja, la selectividad se garantiza cuando la curva de desconexión del relé térmico del disyuntor no corta a la curva del fusible, como se puede observar en el Esquema 19.8, cuya posición del dispositivo está mostrada en el Esquema 19.9.

19.8.3.2 Faja de cortocircuito

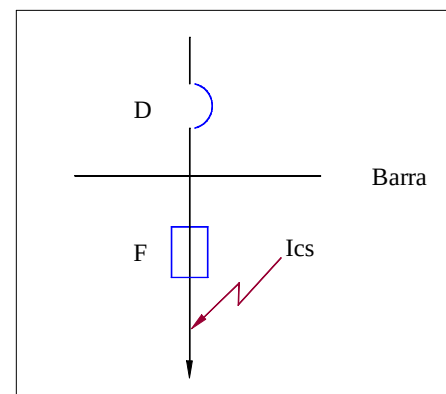
La faja característica de cortocircuito, para obtener la selectividad, es necesario que el tiempo de actuación del relé electromagnético del disyuntor sea igual o superior en 100 ms. al tiempo de disparo del fusible, ó sea:

$$T_{ad} \geq T_{af} + 100 \text{ ms}$$

Esquema 19.8
Disyuntor en serie con fusible



Esquema 19.9
Posición del disyuntor y fusible

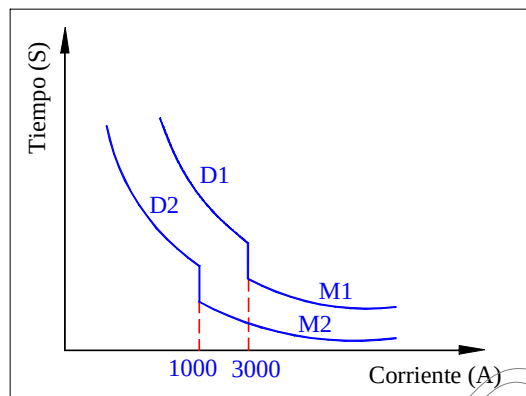


19.8.4 Disyuntor en serie con disyuntor (D-D)

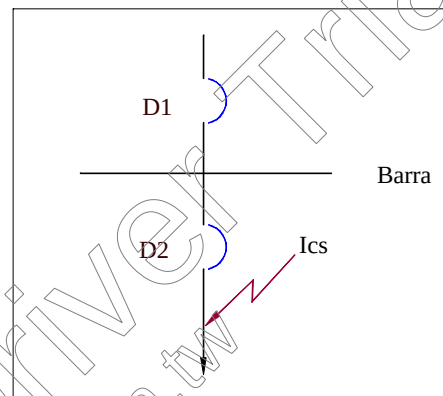
19.8.4.1 Faja de sobrecarga

Considerando esta faja, la selectividad se garantiza cuando las curvas de los dos disyuntores no se cortan, conforme puede ser visto en el Esquema 19.10, cuya posición de los dispositivos se muestra en el Esquema 19.11.

Esquema 19.10
Disyuntor en serie con disyuntor



Esquema 19.11
Posición de dos disyuntores



19.8.4.2 Faja de cortocircuito

Se debe tener cuidado que los disyuntores satisfagan las corrientes de cortocircuito. De este modo se debe garantizar que la capacidad de ruptura de los disyuntores sea compatible con las corrientes de falla en el sitio de una instalación a objeto de que no sean afectados dinámicamente, durante la operación de disparo. En la práctica para que se tenga garantía de la selectividad con las corrientes de cortocircuito, es necesario que se establezcan las siguientes condiciones, conforme puede ser observado en el Esquema 19.12.

- a) El tiempo de actuación del relé electromagnético del disyuntor, instalados en los puntos más próximos de la fuente, debe ser igual o superior en 150 ms al tiempo de actuación del relé electromagnético del disyuntor instalado al lado de la carga, esto es:

$$T_{ad1} \geq T_{ad2} + 150 \text{ ms.}$$

Donde:

T_{ad1} = Tiempo de actuación del disyuntor D1, en ms,
 T_{ad2} = Tiempo de actuación del disyuntor D2, en ms.

- b) Las corrientes que caracterizan el accionamiento de las unidades térmicas y magnéticas de los disyuntores deben satisfacer las siguientes condiciones:

$$I_{ad1} = 1.25 \cdot I_{ad2}$$

Donde:

I_{ad1} = Corriente de actuación del relé electromagnético del disyuntor D1,
 I_{ad2} = Corriente de actuación del relé electromagnético del disyuntor D2.

Cuando las corrientes de cortocircuito en los puntos de instalación de los disyuntores son bastante diferentes, de tal modo que la corriente de accionamiento del disyuntor (lado fuente) del circuito sea superior a la corriente de defecto en el punto de instalación del disyuntor (lado carga), se obtiene una buena selectividad por escalonamiento de corrientes, no siendo ya más necesarias las verificaciones anteriores.

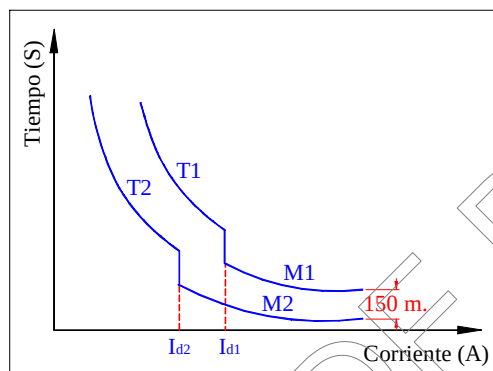
Sabiendo que ya hemos visto en términos de selectividad, se debe estudiar los casos particulares de dos o más circuitos de distribución en paralelo. Esta condición es favorable, ya que las corrientes de cortocircuito se dividen igualmente entre las ramas, cuando estas presentan impedancias iguales. Pueden ser analizados dos casos más conocidos en la práctica, ó sea:

a) Dos alimentadores iguales y simultáneos

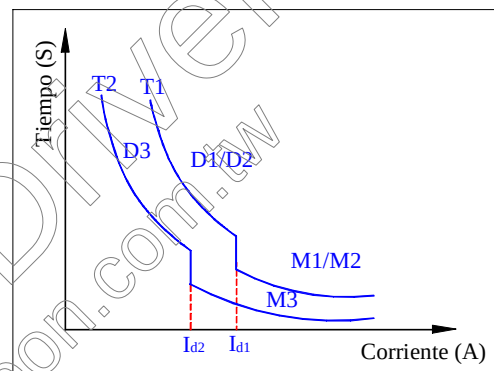
Las curvas características del disyuntor D1 y D2 no deben cortar la curva del disyuntor D3, conforme se observa en el Esquema 19.13, relativo a la configuración del Esquema 19.14.

Como la corriente de cortocircuito es dividida por los dos transformadores, las curvas de los relés D1 y D2 deben ser multiplicadas por 2 solamente en la escala de las corrientes.

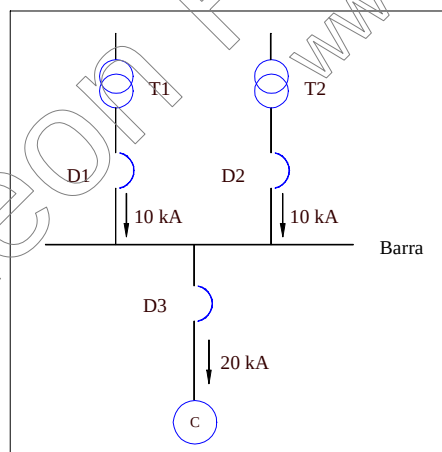
Esquema 19.12
Disyuntor en serie con disyuntor



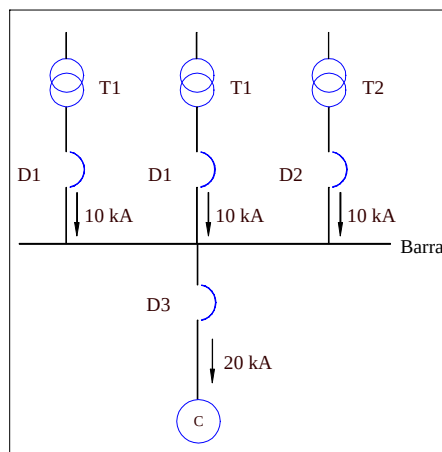
Esquema 19.13
Curva característica de los disyuntores



Esquema 19.14



Esquema 19.15



b) Tres alimentadores iguales y simultáneos

Conforme se ve en el Esquema 19.15, las mismas consideraciones anteriores pueden ser aplicadas adecuadamente en este caso.

CAPITULO 20

INSTALACIONES EN LOCALES DE PUBLICA CONCURRENCIA

Zeon PDF Driver
www.zeon.com.tw

CAPITULO 20

INSTALACIONES EN LOCALES DE PUBLICA CONCURRENCIA

20.1 LOCALES DE PUBLICA CONCURRENCIA

A efectos de aplicación de la presente instrucción los locales de pública concurrencia comprenden:

20.1.1 Locales de espectáculos

Se incluyen en este grupo toda clase de locales destinados a espectáculos cualquiera que sea su capacidad.

20.1.2 Locales de reunión

Se incluyen en este grupo los centros de enseñanza con elevado número de alumnos, iglesias, salas de conferencias, salas de baile, hoteles, bancos, restaurantes, cafés, bibliotecas, museos, casinos, aeropuertos, estaciones de viajeros, establecimientos importantes, ya sean comerciales o de servicios y en general todos los locales con gran afluencia de público.

20.1.3 Establecimientos sanitarios

Se incluyen en este grupo los hospitales, sanatorios y en general todo local destinado a fines análogos.

20.2 ALUMBRADOS ESPECIALES

Las instalaciones destinadas a alumbrados especiales tienen por objeto asegurar, aún faltando el alumbrado general, la iluminación en los locales y accesos hasta las salidas, para una eventual evacuación del público, o iluminar otros puntos que se señalen (quirófanos, etc.).

Se incluyen dentro estas iluminaciones las de emergencia, señalización y reemplazamiento.

20.2.1 Alumbrado de emergencia

Es aquel que debe permitir, en caso de fallo del alumbrado general, la evacuación segura y fácil de público hacia el exterior. Solamente podrá ser alimentado por fuentes propias de energía, sean o no exclusivas para dicho alumbrado pero no por fuente de suministro exterior. Cuando la fuente propia de energía esté constituida por baterías de acumuladores, se podrá utilizar un suministro exterior para proceder a su carga.

El alumbrado de emergencia deberá poder funcionar durante un mínimo de una hora, proporcionado en el eje de los pasos principales una iluminación adecuada.

El alumbrado de emergencia estará previsto para entrar en funcionamiento automáticamente al producirse el fallo del alumbrado general o cuando la tensión de éste baje a menos del 70 por 100 de su valor nominal.

El alumbrado de emergencia se instalará en los locales y dependencias que se indiquen en cada caso y siempre en las salidas de éstas y en las señales indicadoras de la dirección de las mismas. En el caso de que exista un cuadro principal de distribución, en el local donde éste se instale, así como sus accesos estarán provistos de alumbrado de emergencia.

20.2.2 Alumbrado de señalización

Es el que se instala para funcionar de un modo continuo durante determinados períodos de tiempo. Este alumbrado debe señalar de modo permanente la situación de puertas, pasillos, escaleras y salidas de los locales durante todo el tiempo que permanezcan con público. Deberá ser alimentado, al menos por dos suministros de energía sean ellos normal, complementario o procedente de fuente propia de energía eléctrica de las admitidas en el punto 20.3 de esta instrucción técnica. Deberá proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 lux.

El alumbrado de señalización se instalará en los locales o dependencia que en cada caso se indiquen siempre en las salidas de éstos y en las señales indicadoras de la dirección de las mismas. Cuando los locales, dependencias o indicaciones que deben iluminarse con éste alumbrado coincidan con los que precisan alumbrado de emergencia, los puntos de luz de ambos alumbrados podrán ser los mismos.

Cuando el suministro habitual del alumbrado de señalización falle, o su tensión baje a menos del 70 por 100 de su valor nominal, la alimentación del alumbrado de señalización deberá pasar automáticamente al segundo suministro.

20.2.3 Alumbrado de reemplazamiento

Este alumbrado debe permitir la continuación normal del alumbrado total durante un mínimo de dos horas y deberá, obligatoriamente, ser alimentado por fuentes propias de energía pero no por ningún suministro exterior. Si las fuentes propias de energía están constituidas por baterías de acumuladores o por aparatos autónomos automáticos, podrá utilizarse un suministro exterior para su carga.

20.2.4 Instrucciones complementarias

Para las tres clases de alumbrados especiales mencionadas en la presente instrucción, se emplearán lámparas de incandescencia o lámparas de fluorescencia con dispositivos de encendido instantáneo, alimentadas por fuentes propias de energía cuando corresponda según los apartados anteriores.

Los distintos aparatos de control, mando y protección generales para las instalaciones de los alumbrados especiales que se mencionan en la presente instrucción, entre los que figurará un voltímetro de clase 2.5 por lo menos, se dispondrán en un cuadro central situado fuera de la posible intervención del público. No será precisa la instalación de este cuadro cuando los alumbrados especiales se hagan por medio de aparatos autónomos automáticos.

Las líneas que alimentan directamente los circuitos individuales de las lámparas de los alumbrados especiales estarán protegidos por interruptores automáticos con una intensidad nominal de 10 amperios como máximo. Una misma línea no podrá alimentar más de 12 puntos de luz de alumbrado especial, éstos deberán ser repartidos, al menos entre dos líneas diferentes, aunque su número sea inferior a doce.

Las canalizaciones que alimenten los alumbrados especiales se dispondrán cuando se instalen sobre paredes, o empotradas en ellas, a 5 cm como mínimo, de otras canalizaciones eléctricas, y cuando se instalen en huecos de la construcción estarán separadas de ésta por tabiques incombustibles no metálicos.

20.2.5 Locales que deberán ser provistos de alumbrados especiales

20.2.5.1 Con alumbrado de emergencia

Todos los locales de reunión que puedan albergar a 300 personas o más, los locales de espectáculos y los establecimiento sanitarios.

20.2.5.2 Con alumbrado de señalización

Estacionamientos subterráneos de vehículos, teatros y cines en sala oscura, grandes establecimientos comerciales, casinos, hoteles, establecimientos sanitarios y cualquier otro local donde puedan producirse aglomeraciones de público en horas o lugares en que la iluminación natural de luz solar no sea suficiente para proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 lux.

20.2.5.3 Con alumbrado de reemplazamiento

Establecimientos sanitarios: únicamente en quirófanos, salas de cura y unidades de vigilancia intensiva.

20.3 FUENTES PROPIAS DE ENERGIA

La fuente propia de energía estará constituida por baterías de acumuladores o aparatos autónomos automáticos, o grupos electrógenos: la puesta en funcionamiento de unos y otros se realizará al producirse la falta de tensión en los circuitos alimentados por el suministro de la Empresa Distribuidora de la energía eléctrica, o cuando la tensión descienda por debajo del 70% de su valor nominal.

La fuente propia de energía en ningún caso podrá estar constituida por baterías de pilas.

La capacidad mínima de esta fuente propia de energía será como norma general, la precisa para proveer al alumbrado de emergencia en las condiciones señaladas en 20.2.1 de esta Instrucción.

En los establecimientos sanitarios, grandes hoteles, locales de espectáculos de gran capacidad, estaciones de viajeros, estacionamientos subterráneos, aeropuertos y establecimientos comerciales con gran afluencia de público, las fuentes propias de energía eléctrica deberán poder suministrar además de los alumbrados especiales, la potencia necesaria para atender servicios urgentes e indispensables.

Las fuentes propias de energía deben ser dimensionadas, especificadas, equipadas y previstas, para atender toda la carga de emergencia durante por lo menos 1 1/2 hora.

Dependiendo de las diferentes exigencias de continuidad de servicio de cargas de una misma instalación, se deberá prever de una llave automática de transferencia, con los respectivos dispositivos, relés y accesorios de modo que la operación sea automática, al transferir la carga de emergencia a la fuente propia de energía, cuando falle la fuente principal y reponerla cuando esta última se reponga o habilite y reponga.

20.4 PRESCRIPCIONES DE CARACTER GENERAL

Las instalaciones en los locales a que afectan las presentes prescripciones, cumplirán las condiciones de carácter general que a continuación se señalan, así como para determinados locales, las complementarias que más adelante se fijan:

- a) Será necesario disponer de una acometida individual, siempre que el conjunto de las dependencias del local considerado constituya un edificio independiente o, igualmente, en el caso en que existan varios locales o viviendas en el mismo edificio y la potencia instalada en el local de pública concurrencia lo justifique.
- b) El cuadro general de distribución deberá colocarse en el punto más próximo posible a la entrada de la acometida o de la derivación individual y se colocará junto o sobre él dispositivo de mando y protección preceptivo. Cuando no sea posible la instalación del cuadro general en este punto, se instalará, de todas formas en dicho punto, un dispositivo de mando y protección. Del citado cuadro general saldrán las líneas que alimentan directamente los aparatos receptores o bien las líneas generales de distribución a las que se conectará mediante cajas o a través de cuadros secundarios de distribución los distintos circuitos alimentadores. Los aparatos

receptores que consuman más de 15 amperios se alimentarán directamente desde el cuadro general o desde los secundarios.

- c) El cuadro general de distribución e, igualmente, los cuadros secundarios, se instalarán en locales o recintos a los que no tenga acceso el público y que estarán separados de los locales donde exista un peligro acusado de incendio o de pánico (cabinas de proyección, escenarios, salas de público, escaparates, etc.), por medio de elementos a prueba de incendios y puertas no propagadoras del fuego. Los contadores podrán instalarse en otro lugar, de acuerdo con la empresa distribuidora de energía eléctrica, y siempre antes del cuadro general.
- d) En el cuadro general de distribución o en los secundarios se dispondrán dispositivos de mando y protección para cada una de las líneas generales de distribución, y la de alimentación directa a receptores. Cerca de cada uno de los interruptores de cuadro se colocará una placa indicadora del circuito a que pertenecen.
- e) En las instalaciones para alumbrado de locales o dependencias donde se reúna público, el número de líneas secundarias y su disposición en relación con el total de lámparas a alimentar, deberá ser tal que el corte de corriente en cualquiera de ellas no afecte a más de la tercera parte del total de lámparas instaladas en los locales o dependencias que se iluminan alimentadas por dichas líneas.
- f) Las canalizaciones estarán constituidas por:
 - Conductores aislados, de tensión nominal no inferior a 600 V, colocados bajo tubos protectores, de tipo no propagador de la llama, preferentemente empotrados, en especial en las zonas accesibles al público
 - Conductores aislados de tensión nominal no inferior a 600 V, con cubierta de protección, colocados en huecos de la construcción, totalmente contruidos en materiales incombustibles.
 - Conductores rígidos, aislados de tensión nominal no inferior a 1000 V, armados, colocados directamente sobre las paredes.
- g) Se adoptarán las disposiciones convenientes para que las instalaciones no puedan ser alimentadas simultáneamente por dos fuentes de alimentación independientes entre sí.

20.5 PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS PARA LOCALES DE ESPECTACULOS

Además de las prescripciones generales señaladas en el punto 20.4, se cumplirán en estos locales las complementarias siguientes:

- a) A partir del cuadro general de distribución se instalarán líneas distribuidoras generales, accionadas por medio de interruptores omnipolares, al menos, para cada uno de los siguientes grupos de dependencias o locales:
 - Sala de público.
 - Vestíbulo, escaleras y pasillos de acceso a la sala desde la calle, y dependencias anexas a ellos.
 - Escenario y dependencias anexas a él, tales como camerinos, pasillos de acceso a éstos, almacenes, etc.
 - Cabinas cinematográficas o de proyectores para alumbrado.

Cada uno de los dos últimos grupos señalados dispondrá de su correspondiente cuadro secundario de distribución, que deberá contener todos los interruptores, conmutadores, combinadores, etc., que sean precisos para las distintas líneas, baterías, combinaciones de luz y demás efectos obtenidos en escena.

- b) En las cabinas cinematográficas y en los escenarios, así como en los almacenes y talleres anexos a éstos, se utilizarán únicamente canalizaciones constituidas por conductores aislados, de tensión nominal no inferior a 600 V, colocados bajo tubos protectores de tipo no propagador de la llama, con preferencia empotrados. Los dispositivos de protección contra sobretensiones estarán constituidos siempre por interruptores automáticos, magnetotérmicos, de sensibilidad adecuada; las canalizaciones móviles estarán constituidas por conductores del tipo de aislamiento reforzado, y los receptores portátiles tendrán un aislamiento de la clase II.
- c) Los cuadros secundarios de distribución, deberán estar colocados en locales independientes o en el interior de un recinto construido con material no combustible.
- d) Será posible cortar, mediante interruptores omnipolares, cada una de las instalaciones eléctricas correspondientes a:
 - Camerinos.
 - Almacenes.
 - Otros locales con peligro de incendio.
 - Los reóstatos, resistencias y receptores móviles del equipo escénico.
- e) Las resistencias empleadas para efectos o juegos de luz o para otros usos, estarán montadas a suficiente distancia de los telones, bambalinas y demás material del decorado y protegidas suficientemente para que una anomalía en su funcionamiento no pueda producir daños. Estas precauciones se hacen extensivas a cuantos dispositivos eléctricos se utilicen y especialmente a las linternas de proyección y a las lámparas de arco de las mismas.
- f) El alumbrado general deberá ser completado por un alumbrado de señalización, conforme a las disposiciones del punto 20.2.2, el cual funcionará constantemente durante el espectáculo y hasta que el local sea evacuado por el público.

20.6 PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS PARA LOCALES DE REUNION

Además de las prescripciones generales señaladas en el punto 20.4, se cumplirán en estos locales las complementarias siguientes:

- a) A partir del cuadro general de distribución se instalarán líneas distribuidoras generales, accionadas por medio de interruptores omnipolares, al menos, para cada uno de los siguientes grupos de dependencias o locales:
 - Salas de venta o reunión, por planta del edificio.
 - Escaparates.
 - Almacenes.
 - Talleres.
 - Pasillos, escaleras y vestíbulos.

20.7 PRESCRIPCIONES COMPLEMENTARIAS PARA ESTABLECIMIENTOS SANITARIOS

Además de las prescripciones generales, señaladas en el punto 20.4, se cumplirán en estos locales las complementarias siguientes:

- Las salas de anestesia y demás dependencias donde puedan utilizarse anestésicos u otros productos inflamables, serán considerados como locales con riesgo de incendio Clase I, División I, salvo indicación en contrario, y como tales, las instalaciones deben satisfacer las condiciones para ellas establecidas.
- Las instalaciones de aparatos para usos médicos se realizarán de acuerdo con lo dispuesto en el punto 20.8.

20.7.1 Instalaciones eléctricas en quirófanos

Se prescribe el cumplimiento de las exigencias de tipo general del punto 20.8 que pudieran afectar a las instalaciones eléctricas en este tipo de locales, salvo en indicación en contrario.

Igualmente es necesario que el equipo electromédico empleado en el quirófano, cumpla con las normas técnicas nacionales que le afecten y en caso de no existir éstas, con normas internacionales de reconocida garantía, tales como IEC, ISO, VDE, etc.

Además de las condiciones generales anteriores, en estos locales se cumplirán las siguientes medidas complementarias.

20.7.1.1 Medidas de protección

a) Puesta a tierra de protección

La instalación eléctrica de los edificios con locales para la práctica médica y en concreto para quirófanos, deberá disponer de un suministro trifásico con neutro y de conductor de protección. Tanto el neutro como el conductor de protección serán conductores de cobre, tipo aislado, a lo largo de toda la instalación.

Todas las masas metálicas de los equipos electromédicos deben conectarse a través de un conductor de protección a un embarrado común de puesta a tierra de protección (PT. ver Esquema 20.1) y éste a su vez, a la puesta a tierra general del edificio.

La impedancia entre el embarrado común de puesta a tierra de cada quirófano y las conexiones a masa, o a los contactos de tierra de las bases de toma de corriente, no deberá exceder de 0.2 ohmios.

b) Conexión de equipotencialidad

Todas las partes metálicas accesibles han de estar unidas al embarrado de equipotencialidad (EE. ver Esquema 20.1) mediante conductores de cobre aislados e independientes. La impedancia entre estas partes y el embarrado (EE) no deberá exceder de 0.1 ohmios.

Se deberá emplear la identificación verde-amarillo para los conductores de equipotencialidad y para los de protección.

El embarrado de equipotencialidad (EE) estará unido al de puesta a tierra de protección (PT) por un conductor aislado con la identificación verde-amarillo, y de sección no inferior a 16 mm² de cobre.

La diferencia de potencial entre las partes metálicas accesibles y el embarrado de equipotencialidad no deberá exceder de 10 mV eficaces en condiciones normales.

c) Suministro a través de un transformador de aislamiento (de separación de circuito) para uso médico

Se prescribe el empleo de un transformador de aislamiento (como mínimo, por quirófano) para aumentar la fiabilidad de la alimentación eléctrica a aquellos equipos en los que una interrupción del suministro puede poner en peligro, directa o indirectamente, al paciente o al personal implicado y para limitar las corrientes de fuga que pudieran producirse (ver Esquema 20.1).

Se realizará una adecuada protección contra sobreintensidades del propio transformador y de los circuitos por él alimentados. Se concede importancia muy especial a la coordinación de las protecciones contra sobreintensidades de todos los circuitos y equipos alimentados a través de un transformador de aislamiento, con objeto de evitar que una falta en uno de los circuitos pueda dejar fuera de servicio la totalidad de los sistemas alimentados a través del citado transformador.

Para la vigilancia del nivel de aislamiento de estos circuitos, se dispondrá de un monitor de detección de fugas, que encenderá una señalización óptica (color rojo) cuando se detecte una pérdida

de aislamiento capaz de originar una corriente de fuga superior a 2 mA en instalaciones a 127 V y a 4 mA en instalaciones a 220 V siempre que se trate de medida por impedancia, o que sea inferior a 50000 ohmios cuando se trate de medida por resistencia, accionando a la vez una alarma acústica. Deberá disponer, además, de un pulsador de detención de la alarma acústica y de un indicativo óptico (color verde) de correcto funcionamiento.

La tensión secundaria del transformador de aislamiento no sobrepasará los 250 voltios eficaces: La potencia no excederá de 7,5 kVA.

El transformador de aislamiento y el dispositivo de vigilancia del nivel de aislamiento, cumplirán las normas internacionales.

Se dispondrá un cuadro de mando y protección por quirófano situado fuera del mismo, fácilmente accesible y en sus inmediaciones, este deberá incluir la protección contra sobrecorrientes, el transformador de aislamiento y el monitor de fugas. Es muy importante que en el cuadro de mando y panel indicador del estado del aislamiento todos los mandos queden perfectamente identificados, y de fácil acceso. El cuadro de alarma del monitor de fugas deberá estar en el interior del quirófano y fácilmente visible y accesible, con posibilidad de sustitución fácil de sus elementos.

d) Protección diferencial

Se emplearán dispositivos de protección diferencial de alta sensibilidad (≤ 30 mA) para la protección individual de aquellos equipos que no estén alimentados a través de un transformador de aislamiento, aunque el empleo de los mismos no exime de la necesidad de puesta a tierra y equipotencialidad. Se dispondrán las correspondientes protecciones contra sobrecorrientes.

Los dispositivos alimentados a través de un transformador de aislamiento, no deben protegerse con diferenciales en el primario ni en el secundario del transformador.

e) Empleo de pequeñas tensiones de seguridad

Las pequeñas tensiones de seguridad no deberán exceder de 24 V en c.a. y 50 V en c.c.

El suministro se hará a través de un transformador de seguridad, o de otros sistemas con aislamiento equivalente.

20.7.1.2 Suministros complementarios

Se debe disponer de un suministro general de reserva.

Se prescribe, además, disponer de un suministro especial complementario a base de, por ejemplo, baterías, para hacer frente a las necesidades de la lámpara de quirófano y equipos de asistencia vital, debiendo entrar en servicio en menos de 0.5 segundos. La lámpara de quirófano siempre será alimentada a través de un transformador de seguridad (ver Esquema 20.1).

Todo el sistema de protección deberá funcionar con idéntica fiabilidad tanto si la alimentación es realizada por el suministro normal como por el complementario.

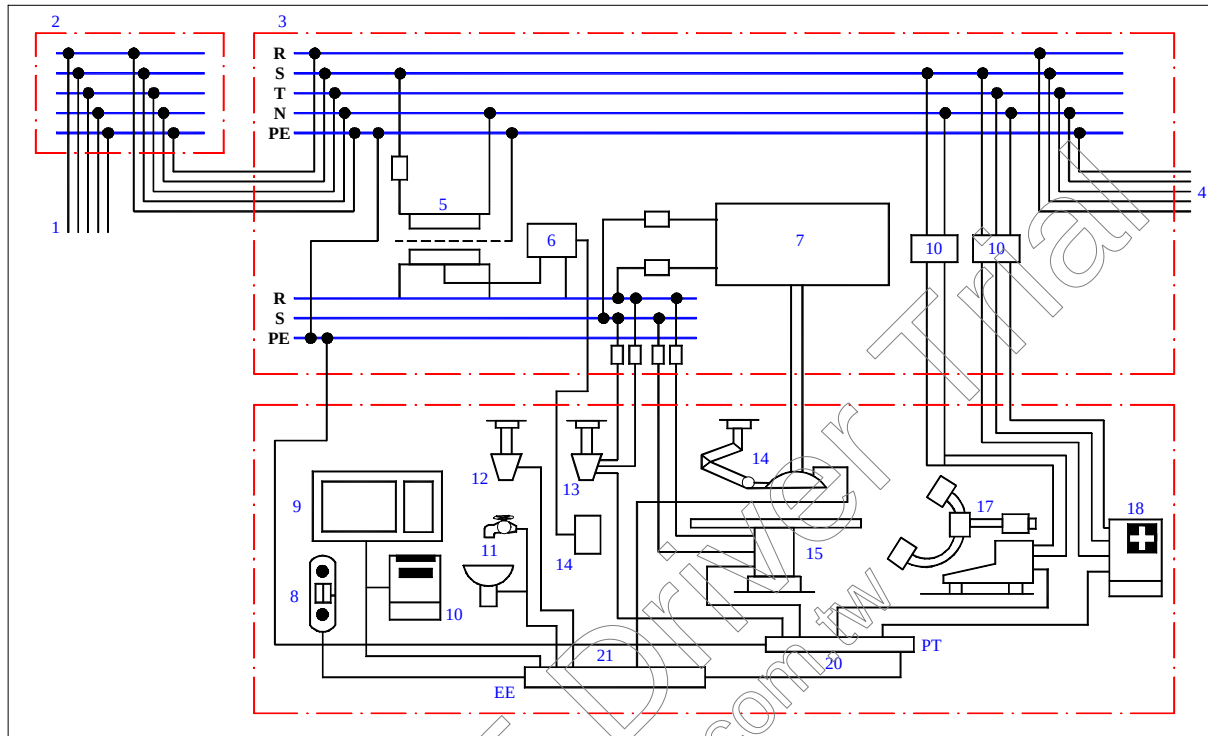
20.7.1.3 Medidas contra el riesgo de incendio o explosión

El Esquema 20.2 muestra las zonas G y M, que deberán ser consideradas como zonas sin riesgo de incendio o explosión.

Los suelos de los quirófanos serán del tipo antielectrostático y su resistencia de aislamiento no deberá exceder de un millón de ohmios, salvo que se asegure que un valor superior, pero siempre inferior a $100\text{ M}\Omega$, no favorezca la acumulación de cargas electrostáticas peligrosas.

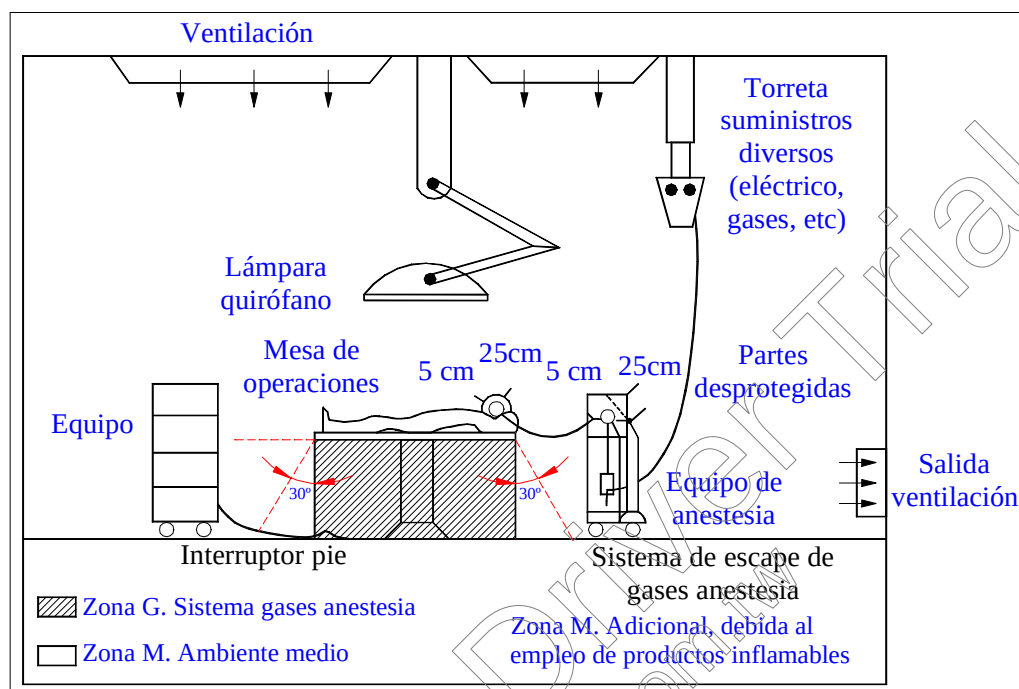
En general, se prescribe un sistema de ventilación adecuado que evite las concentraciones peligrosas de los gases empleados para la anestesia y desinfección.

Esquema 20.1
Ejemplo de un esquema general de la instalación eléctrica de un quirófano



- 1 Alimentación general o línea repartidora del edificio.
- 2 Distribución en la planta o derivación individual.
- 3 Cuadro de distribución en la sala de operaciones.
- 4 Suministro complementario.
- 5 Transformador de aislamiento tipo médico.
- 6 Dispositivo de vigilancia de aislamiento o monitor de detección de fugas.
- 7 Suministro normal y especial complementario para alumbrado de lámpara de quirófano.
- 8 Radiadores de calefacción central.
- 9 Marco metálico de ventanas.
- 10 Armario metálico para instrumentos.
- 11 Partes metálicas de lavados y suministro de agua.
- 12 Torreta área de tomas de suministro de gas.
- 13 Torreta área de tornas de corriente (con terminales para conexión equipotencial envolvente conectada al embarrado conductor de protección).
- 14 Cuadro de alarmas del dispositivo de vigilancia de aislamiento.
- 15 Mesa de operaciones (de mando eléctrico).
- 16 Lámpara de quirófano.
- 17 Equipo de rayos X.
- 18 Esterilizador.
- 19 Interruptor de protección diferencial.
- 20 Embarrado de puesta a tierra.
- 21 Embarrado de equipotencialidad.

Esquema 20.2
Zonas con riesgo de incendio y explosión en el quirófano, cuando se empleen mezclas anestésicas gaseosas o agentes desinfectantes inflamables



20.7.1.4 Control y mantenimiento

a) Antes de la puesta en servicio de la instalación

El instalador deberá proporcionar un informe escrito sobre los resultados de los controles realizados al término de la ejecución de la instalación, y que comprenderá al menos:

- Funcionamiento de las medidas de protección,
- Continuidad de los conductores activos y de los conductores de protección y puesta a tierra,
- Resistencia de las conexiones de los conductores de protección y de las conexiones de equipotencialidad,
- Resistencia de aislamiento entre conductores activos y tierra en cada circuito,
- Resistencia de puesta a tierra,
- Resistencia de aislamiento de suelos antielectrostáticos, y
- Funcionamiento de todos los suministros complementarios.

b) Instalaciones ya en servicio

Control, al menos semanal, del correcto estado de funcionamiento del dispositivo de vigilancia de aislamiento y de los dispositivos de protección.

Medidas de continuidad y de resistencia de aislamiento, de los diversos circuitos en el interior de los quirófanos, (a realizar en plazos máximos de un mes).

El mantenimiento de los diversos equipos deberá efectuarse de acuerdo con las instrucciones de sus fabricantes. La revisión periódica de la instalación, en general, deberá realizarse anualmente incluyendo, al menos lo indicado en la primera parte de este punto 20.7.1.4.

20.7.1.5 Libro de mantenimiento

Todos los controles realizados serán recogidos en un “libro de Mantenimiento” de cada quirófano, en el que se expresen los resultados obtenidos y las fechas en que se efectuaron, con firma del técnico que los realizó. En el mismo deberán reflejarse, con detalle, las anomalías observadas, para disponer de antecedentes que puedan servir de base en la corrección de deficiencias.

20.7.1.5 Varios

En los equipos electromédicos se exigirá el empleo de clavijas de toma de corriente del tipo acodado, o clavijas con dispositivo de retención del cable.

Las clavijas de toma de corriente para diferentes tensiones, tendrán separaciones o formas, también distintas entre los vástagos de toma de corriente.

Cuando la instalación de alumbrado general se sitúe a una altura del suelo inferior a 2.5 metros, o cuando sus interruptores presenten partes metálicas accesibles, deberá ser protegida mediante un dispositivo diferencial.

20.8 APARATOS MEDICOS, CONDICIONES GENERALES DE INSTALACION

Los aparatos médicos con partes bajo tensión no aislados, superiores a 80 voltios, estarán dispuestos de manera que dichas partes sólo sean accesibles desde un lugar aislado. Los aparatos sólo serán manipulados por personal especializado.

20.9 APARATOS DE RAYOS X, CONDICIONES GENERALES DE INSTALACION

Los aparatos de rayos X, tanto por uso médico o para cualquier otro fin, se instalarán de acuerdo con los siguientes requisitos:

En las partes de la instalación a tensión hasta 440 voltios serán admisibles autotransformadores solamente con fines de regulación y siempre que tensiones tanto primarias como secundarias no sobrepasen 440 voltios.

Cada aparato que genere tensiones superiores a 440 voltios será accionado por un interruptor exclusivo para él, de corte omnipolar simultáneo. El mando del interruptor estará situado dentro del local de utilización en un lugar fácilmente accesible y señalizado aún en la oscuridad. Las posiciones de cerrado y abierto del interruptor estarán igualmente señalizadas, tanto si se trata de interruptores de mando directo como de dispositivos de mando a distancia.

Cuando la instalación comprenda varios aparatos alimentados con un mismo generador de alta tensión, por intermedio de conmutador-seccionador, estará prevista una señalización que indique, automáticamente y antes de poner bajo tensión la instalación, cual es el aparato que va a ser puesta en servicio tanto estén estos situados en un mismo local o en sitios diferentes.

Los aparatos de rayos X de hasta 250 kV valor cresta, estarán protegidos por propia construcción, contra la accesibilidad de las canalizaciones de alta tensión. Para tensiones superiores, estas canalizaciones podrán estar constituidas por conductores desnudos, pero su instalación se efectuará de acuerdo a las siguientes condiciones:

- Las canalizaciones se encontrarán a una altura mínima del suelo de 1 metro si la tensión con relación a éste es inferior a 200 kV cresta, o 3.5 metros por valores superiores. Será admisible la separación de aquellas canalizaciones de los sitios de acceso a personas, por medio de protecciones constituidas por paredes, muros, etc, situadas como mínimo a 2 metros de altura.

La separación entre las citadas protecciones y las canalizaciones será, al menos, igual a $4 \times U$ metros, siendo U el valor en kV de la tensión de cresta con relación a tierra. Estas distancias se respetarán también respecto a la persona explorada.

- Las protecciones se fijarán de manera que no puedan maniobrase sin herramientas. Si presentaran ventanas o puertas, no podrán ser abiertas sin antes haber suprimido la alta tensión. Se tomarán, además, las medidas pertinentes para evitar falsas maniobras y por la puesta a tierra de las canalizaciones una vez puestas fuera de tensión.
- Los conductores se dispondrán de manera que se evite el riesgo de descarga disruptiva entre ellos o con las masas metálicas próximas.

En todos los casos será obligatorio la instalación, en el circuito de alimentación del generador, de interruptor automático previsto para funcionar rápidamente en caso de puesta a tierra accidental de un punto cualquiera del circuito de alta tensión, incluso en el caso de puesta a tierra por intermedio del cuerpo humano.

Las masas metálicas accesibles de los aparatos se pondrán a tierra y cuando se trate de aparatos o móviles llevarán, a este fin un conductor incorporado al cable de alimentación.

CAPITULO 21

***INSTALACIONES EN LOCALES CON
RIESGO DE INCENDIO O EXPLOSION***

Zeon PDF Driver
www.zeon.com.tw

CAPITULO 21

INSTALACIONES EN LOCALES CON RIESGO DE INCENDIO O EXPLOSION

21.1 LOCALES CON RIESGO DE INCENDIO O EXPLOSION

Se considerarán locales con riesgo de incendio o explosión todos aquellos en los que se fabriquen, manipulen, traten o almacenen cantidades peligrosas de materias sólidas, líquidas o gaseosas susceptibles de inflamación o explosión.

21.2 CLASIFICACION

A efectos de establecer los requisitos que han de satisfacer los distintos elementos constitutivos de la instalación en locales con riesgo de incendio o explosión, éstos se clasificarán en clases de acuerdo con las materias presentes en los mismos y divisiones según el grado de peligrosidad del modo que se indica a continuación:

21.2.1 Locales Clase I

Son aquellos en los cuales los gases o vapores están o pueden estar presentes en cantidad suficiente para producir mezclas explosivas o inflamables. Tales locales incluyen:

21.2.1.1 Clase I - División 1

Comprende:

- a) Locales en los cuales existen continuamente, intermitentemente o periódicamente, gases o vapores inflamables, en condiciones normales de funcionamiento.
- b) Locales donde concentraciones peligrosas de tales gases o vapores pueden existir frecuentemente debido a reparaciones u operaciones de mantenimiento de los equipos o por fugas en éstos.
- c) Aquellos en los que la falla mecánica o funcionamiento anormal de la maquinaria o equipo puede dar lugar a que se produzcan concentraciones peligrosas de gases o vapores y simultáneamente origine una fuente de ignición por falla del equipo eléctrico, por funcionamiento de los elementos de protección o por otras causas:

Entre estos locales se encuentran:

- Aquellos en los que se trasvase líquidos volátiles inflamables de un recipiente a otro.
- Los interiores de casetas de pintura donde se utilicen pistolas de pulverización.
- Los locales en los que haya tanques o tinas abiertas que contengan líquidos volátiles inflamables.
- Salas de gasógenos.
- Los interiores de refrigeradores y congeladores en los que se almacenen materiales inflamables en recipientes abiertos, fácilmente perforables o con cierres poco consistentes.

21.2.1.2 Clase I - División 2

- a) Locales donde líquidos volátiles o gases inflamables son manipulados, procesados o utilizados, pero donde tales materiales están normalmente contenidos dentro de recipientes cerrados de los que solamente pueden escapar en caso de rotura o perforación accidental de los mismos o por funcionamiento anormal del equipo.

- b) Aquellos en los que se previene la concentración peligrosa de gases o vapores inflamables, a menos que la transferencia se impida por medio de una ventilación adecuada de una fuente de aire limpio y dotada de medios efectivos contra fallas en el sistema de ventilación.
- c) Locales a los cuales pueden pasar concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables, a menos que la transferencia se impida por medio de una ventilación adecuada de una fuente de aire limpio y dotada de medios efectivos contra fallas en el sistema de ventilación.

21.2.2 Locales Clase II

Son aquellos considerados peligrosos debido a la presencia de polvo combustible. En esta clase están incluidos:

21.2.2.1 Clase II - División 1

Comprende:

- a) Locales donde polvos combustibles están o pueden estar en suspensión en el aire, continua, intermitente o periódicamente, en condiciones normales de servicio y en cantidad suficiente para producir una mezcla explosiva o inflamable.
- b) Locales en los que fallas mecánicas u operaciones anormales de las máquinas o equipos pueden causar tales mezclas y simultáneamente origine una fuente de ignición por falla del equipo eléctrico, por funcionamiento de los elementos de protección o por otras causas.
- c) Locales en los que puede haber polvos conductores de electricidad. Entre éstos se encuentran:
 - Las zonas de trabajo de las plantas de manipulación y almacenamiento de cereales.
 - Las salas que contienen molinos, pulverizadores, limpiadores, clasificadores, transportadores abiertos, depósitos o tolvas abiertas, mezcladoras, empaquetadoras u otra maquinaria o equipo similar productor de polvo en instalaciones de tratamiento de grano, de almidón, de molturación de heno.
 - Las plantas de pulverización de carbón (excepto aquellas en las que el equipo sea estanco al polvo).
 - Todas las zonas de trabajo en las que se producen, procesan, manipulan, empaquetan o almacenan polvos metálicos.

21.2.2.2 Clase II - División 2

Locales en los que no hay normalmente polvo combustible en el aire y tampoco es probable que el equipo y aparatos en su funcionamiento normal lo lance al aire en cantidad suficiente para producir mezclas inflamables o explosivas, pero sin que se formen acumulaciones sobre o en la vecindad del equipo eléctrico.

Comprende:

- a) Aquellas en los que los depósitos o acumulaciones de estos polvos pueden afectar la disipación de calor del equipo eléctrico.
- b) Aquellos en los que estos depósitos o acumulaciones sobre o en la vecindad del equipo eléctrico pueden llegar a ser inflamados por arcos, chispas o brasas procedentes de este equipo.

Entre estos locales se encuentran:

- Las salas y zonas que contienen mangueras y transportadores cerrados, depósitos y tolvas cerrados, máquinas y equipo de los que solamente escapan cantidades apreciables de polvo en condiciones anormales de funcionamiento.
- Las salas y zonas en las que se impide la formación de concentraciones explosivas o inflamables de polvo en suspensión por medio de equipo eficaz de control de polvo.
- Los almacenes de expedición donde los materiales productores de polvo se almacenan o manipulan en sacos contenedores.

21.2.3 Locales Clase III

Corresponden a aquellos considerados peligrosos debido a la presencia de fibras o volátiles fácilmente inflamables, pero en los que no es probable que estas fibras o volátiles estén en suspensión en el aire en cantidad suficiente para producir mezclas inflamables que tales locales incluyen.

21.2.3.1 Clase III - División 1

Son aquellos locales en los que se manipulan, fabrican o utilizan fibras o materiales productores de volátiles fácilmente inflamables.

Entre estos locales se encuentran:

- Algunas zonas de las plantas textiles de rayón, algodón, etc.
- Las plantas de fabricación y procesamiento de fibras combustibles.
- Las plantas desmontadoras de algodón.
- Las plantas de procesamiento de lino.
- Los talleres de confección.
- Las carpinterías establecimientos e industrias que presenten riesgos análogos.

21.2.3.2 Clase III - División 2

Locales en los que se almacenan o manipulan (excepto en procesos de fabricación) fibras fácilmente inflamables.

21.3 SISTEMAS DE PROTECCION

Contra el riesgo de inflamación y explosión que suponen los materiales eléctricos se cuenta con las siguientes técnicas o sistemas de protección:

- Envolvente antideflagrante
- Sobrepresión interna
- Inmersión en aceite
- Aislante pulverulento
- Seguridad intrínseca
- Seguridad aumentada

Contra el riesgo de inflamación y explosión debido a la presencia de polvo inflamable se cuenta con la protección “envolvente a prueba de inflamación de polvo”. Consiste en dotar al material eléctrico de una envolvente, que impida la entrada de polvo en cantidad suficiente para afectar el funcionamiento mecánico o características eléctricas de los aparatos y además impida que los arcos, chispas o en general calor producidos dentro de las mismas, puedan causar la inflamación de acumulaciones o suspensiones de polvo circundantes.

21.4 PRESCRIPCIONES PARA LAS INSTALACIONES EN ESTOS LOCALES

21.4.1 Prescripciones generales

En las instalaciones correspondientes a las plantas en las que haya locales con riesgo de incendio o explosión se procurará que el equipo esté situado en aquellos locales o zonas de los mismos en los que este riesgo sea mínimo o nulo. En aquellos puntos en los que la presencia de la mezcla inflamable o explosiva sea permanente o tenga duraciones muy prolongadas está rigurosamente prohibido el empleo de material eléctrico.

- La temperatura superficial del equipo y material eléctrico no debe sobrepasar en ningún caso la temperatura de inflamación del gas o vapor presente.
- La temperatura superficial del equipo y material eléctrico no debe sobrepasar en, ningún caso la capacidad de producir una deshidratación excesiva o carbonización gradual de las acumulaciones orgánicas que puedan depositarse sobre los mismos. El polvo carbonizado o excesivamente seco puede llegar a inflamarse espontáneamente. En general, la temperatura superficial a plena carga no debe sobrepasar en 165° C para el material que no es susceptible de sobrecargas y los 120° C para el que sí lo es, como por ejemplo, los motores y los transformadores.
- El material eléctrico debe estar dotado de una protección adecuada contra sobrecargas que no sobrepasen las temperaturas superficiales anteriores.

Estas instalaciones deberán ajustarse, además, en cada caso a las prescripciones particulares que se detallan a continuación:

21.4.2 Locales Clase I - División 1

Las instalaciones eléctricas en estos locales se ajustarán a las prescripciones siguientes:

21.4.2.1 Canalizaciones fijas

- a) El cableado deberá realizarse mediante conductores aislados en tubo metálico blindado roscado; conductores aislados en tubo flexible adecuado para esta zona; cable bajo plomo con armadura de acero; cable con aislamiento mineral y cubierta metálica, cable con aislamiento de PVC, armado y con cubierta exterior de PVC; cable con aislamiento de polietileno, armado y con cubierta exterior de PVC; cable con funda de aluminio sin costura.
- En ningún caso se permitirá que haya conductores o terminales desnudos en tensión.
 - Los cables que pueden entrar en contacto con líquidos o vapores donde pueda sufrir vibraciones capaces de romperla o aflojar sus uniones roscadas; donde como consecuencia de su rigidez puedan originarse esfuerzos excesivos; o donde pueda producirse corrosión o condensación interna de humedad excesiva.
 - La canalización en tubo flexible no podrá emplearse donde pueda sufrir vibraciones capaces de romper o aflojar sus uniones roscadas; o donde pueda producirse corrosión o condensación interna de humedad excesiva.
 - En los casos en que la canalización bajo tubo no sea adecuada, podrá emplearse cable bajo plomo armado. La armadura puede ser de fleje aunque se recomienda la de alambre.
 - El cable con aislamiento mineral y cubierta metálica no podrá emplearse donde pueda sufrir vibraciones capaces de dañarlo. En los casos en que pueda producirse una corrosión electrolítica en la cubierta del cable o en las superficies en contacto con ellas habrá que separarlas o proteger el cable con una cubierta de PVC.
-

- El cable aislado con polietileno armado y con cubierta de PVC, deberá tener los rellenos de material no higroscópico y el asiento de la armadura de PVC.
- El cable aislado con polietileno armado y con cubierta de PVC se puede utilizar para circuitos de telecomunicación y similares.
- El cable con funda de aluminio sin costura, debe ser armado o estar protegido debidamente en aquellos puntos donde esté expuesto a daños mecánicos o a roces que puedan producir chispas incendiarias.
- En lugar de PVC se podrán emplear otros materiales plásticos de características iguales o superiores a las de éste.

b) Las instalaciones bajo tubo habrán de cumplir los siguientes requisitos:

- Las uniones de los tubos a las cajas de derivación, accesorios y aparatos deberán ser roscados. Las uniones se montarán engarzando por lo menos 5 hilos completos de rosca.
- Las cajas de derivación y accesorios deberán ser de tipo antideflagrante.
- Se instalarán cortafuegos para evitar el corrimiento de gases, vapores, llamas por el interior de los tubos:
- En todos los tubos de entrada a envolventes que contengan interruptores, succionadores, fusibles, relés, resistencias y demás aparatos que produzcan arcos, chispas o temperaturas elevadas.
- En los tubos de entrada o envolventes o cajas de derivación que solamente contengan terminales, empalmes o derivaciones cuando el diámetro de los tubos sea igual o superior a 50 milímetros.
- Si en determinado conjunto el equipo que puede producir arcos, chispas o temperaturas elevadas, está situado en un compartimiento independiente del que contiene sus terminales de conexión y entre ambos hay pasamuros o prensa estopas antideflagrantes, la entrada al compartimiento de conexión puede efectuarse siguiendo lo indicado en el párrafo anterior.
- En los casos en que se precisen cortafuegos estos se montarán lo más cerca posible de las envolventes y en ningún caso a más de 450 milímetros de ellas.
- Cuando dos o más envolventes que de acuerdo con los párrafos anteriores precisen cortafuegos de entrada, estén conectadas entre sí por medio de un tubo de 900 milímetros o menos de longitud, bastará con poner un solo cortafuego entre ellas a 450 milímetros o menos de la más lejana.
- En los conductores que salen de una zona clase I, División 1, el cortafuegos se colocará en cualquiera de los dos lados de la línea límite, pero se diseñara e instalará de modo que los gases o vapores que puedan entrar en el sistema de tubo en el lugar División 1 no puedan correrse al otro lado del cortafuego. Entre el cortafuegos y la línea límite no se deberán instalar acoplamientos, cajas de derivación ni accesorios.
- La instalación de cortafuegos habrá de cumplir los siguientes requisitos:
- La pasta de sellado deberá ser adecuada para la aplicación; resistente a la atmósfera circundante y a los líquidos que pudiera haber presente y tener un punto de fusión por encima de los 90° C.
- El tapón formado por la pasta deberá tener una longitud igual o mayor al diámetro interior del tubo y, en ningún caso, inferior a 16 milímetros.
- Dentro de los cortafuegos no deberán hacerse empalmes ni derivaciones de cables; tampoco deberá llenarse con pasta ninguna caja o accesorios que contenga empalmes o derivaciones.
- Las instalaciones bajo tubo deberá dotarse de purgadores que impidan la acumulación excesiva de condensaciones o permitan una purga periódica.

c) Las instalaciones de cable con aislamiento mineral habrán de cumplir los siguientes requisitos:

- La entrada de los cables a los aparatos y cajas de derivación deberá efectuarse por medio de boquillas adecuadas.
- Las boquillas deberán ser del mismo grado de protección que la envolvente a la que van acopladas.
- Los cables deberán instalarse de modo que las boquillas no queden sometidas a ningún esfuerzo.
- Las cajas de derivación deberán ser de tipo antideflagrante.

d) Las instalaciones de cable armado habrán de cumplir los siguientes requisitos:

- La entrada de los cables a los aparatos y cajas de derivación deberá efectuarse por medio de prensa estopas adecuados.
- Los prensa estopas deberán ser del mismo grado de protección de la envolvente a la que van acoplados.
- Cuando los prensa estopas no estén dotados de elementos propios para la sujeción del cable, los cables deberán instalarse de modo que los prensa estopas no estén sometidos a ningún esfuerzo.
- Las cajas de derivación deberán ser antideflagrantes.

21.4.2.2 Luminarias

- a)** Las luminarias fijas deberán estar dotadas de uno de los sistemas de protección detallados en el punto 21.3 de este capítulo.
- b)** Las luminarias fijas podrán instalarse suspendidas de su tubo de alimentación, de cadenas o de otros elementos de suspensión adecuados. No se permitirá en ningún caso que penden directamente de su cable de alimentación.
- c)** Las cajas, accesorios y conectadores de suspensión serán adecuados para este fin y se ajustarán a lo prescrito en el punto 21.4.2.1.

21.4.2.3 Tomacorrientes

Los tomacorrientes estarán provistos de uno de los sistemas de protección detallados en el punto 21.3 de este capítulo y además enclavados con un interruptor de modo que su conexión y desconexión se realicen sin tensión.

Cuando la conexión y desconexión se efectúen en una cámara antideflagrante podrá prescindirse de este interruptor.

21.4.2.4 Aparatos de conexión y corte

Se entenderán incluidos en este grupo todos los aparatos dotados de contactos para establecer o interrumpir la corriente, tales como succionadores, interruptores, conmutadores, contactores, pulsadores, etc.

Estos aparatos deben estar dotados de uno de los sistemas de protección detallados en punto 21.3 de este capítulo.

21.4.2.5 Sistemas de señalización, alarma, control y comunicación

Todos los equipos de señalización, alarma, control y comunicación se protegerán por uno de los sistemas de protección detallados en el punto 21.3 de este capítulo.

Las canalizaciones se efectuarán de acuerdo con lo prescrito en 21.4.2.1.

21.4.3 Locales Clase I - División 2

El material eléctrico instalado en estos locales se ajustarán a las siguientes prescripciones:

21.4.3.1 Canalizaciones fijas

Se ajustarán a los requisitos de 21.4.2.1 con las siguientes salvedades:

- a) Las cajas de conexión, accesorios y prensa estopas que no vayan directamente conectados a envolventes que contengan equipo que pueda producir arcos, chispas o temperaturas elevadas no precisarían ser antideflagrantes.
- b) Las canalizaciones de entrada a envolventes o accesorios que contengan solamente terminales, empalmes o derivaciones, no precisarían cortafuegos sea cual fuere su diámetro.
- c) En los casos en que se precise cierta flexibilidad en los conductores, como por ejemplo, en las cajas de bornes de los motores, se podrá utilizar cable bajo tubo flexible con accesorios adecuados e incluso cable flexible sin armadura para servicio extrasevero, dotado de prensa estopas adecuado.

21.4.3.2 Luminarias

- a) Las luminarias fijas podrán ser estancas a los gases.
- b) Las luminarias fijas se protegerán contra daños mecánicos por medio de guardas o instalándolas en puntos adecuados.
- c) Las luminarias fijas podrán instalarse suspendidas como se indica en 21.4.2.2.

21.4.3.3 Tomacorrientes

Se ajustarán a la presente en 21.4.2.3.

21.4.3.4 Aparatos de conexión y corte

Se ajustarán a lo prescrito en 21.4.2.4 con la siguiente salvedad:

Cuando la cámara donde se realiza la interrupción esté herméticamente sellada contra la entrada de gases y vapores la envolvente del aparato podrá ser de uso general.

21.4.3.5 Sistemas de señalización, alarma, control y comunicación

- a) Las canalizaciones se efectuarán de acuerdo a lo prescrito en el punto 21.4.3.1.
- b) Los elementos de conexión y corte tales como conmutadores, interruptores, contactos de pulsadores, timbres, etc. se protegerán como se indica en 21.4.3.4

21.4.4 Locales Clase II - División 1

21.4.4.1 Canalizaciones fijas

Las canalizaciones destinadas a estos locales, deberán cumplir los mismos requisitos que las destinadas a locales Clase I - División 1, con las siguientes salvedades:

- a) Las cajas de conexión y accesorios deberán ser “a prueba de inflamación de polvo”.

- b) Las canalizaciones que comuniquen una envolvente que precise ser “a prueba de inflamación de polvo” con otra que no la precise deberán estar dotadas de medios adecuados para impedir la entrada de polvo en la envolvente a prueba de inflamación de polvo a través de la canalización.
- c) Cuando sea necesario emplear conexiones flexibles, éstas se efectuarán por medio de conectadores a prueba de inflamación de polvo, tubo metálico flexible con accesorios adecuados e incluso por medio de cable flexible para servicio extrasevero dotado de accesorios adecuados.

En los casos en que pueda haber presente polvos conductores de la electricidad no se empleará tubo metálico flexible.

21.4.4.2 Luminarias

- a) Las luminarias fijas serán a prueba de inflamación de polvo.
- b) Las luminarias fijas se protegerán contra daños mecánicos por medio de guardas e instalándose en puntos adecuados.
- c) Las luminarias fijas podrán instalarse suspendidas como se indica en 21.4.2.2.

21.4.4.3 Tomacorrientes

Estarán dotadas de protección a prueba de inflamación de polvo y de clavija de puesta a tierra.

21.4.4.4 Aparatos de conexión y corte

- a) Los aparatos de conexión y corte destinados a interrumpir o establecer la corriente estarán dotados de envolvente a prueba de inflamación de polvo, a menos que sus contactos de corte estén sumergidos en aceite o la interrupción de la corriente se efectúe en una cámara sellada contra la entrada de polvo, en este caso la envolvente puede ser de uso general.
- b) Todos los aparatos de conexión y corte destinados a locales en los que pueda haber polvos de magnesio, aluminio u otros metales que impliquen un riesgo similar deberán estar dotados de envolventes especialmente adecuados para esta aplicación.

21.4.4.5 Sistemas de señalización, alarma, control y comunicación

- a) Las canalizaciones se efectuarán de acuerdo con lo prescrito en 21.4.4.1.
- b) Cada uno de los distintos elementos constitutivos de los mismos se protegerán de acuerdo con sus prescripciones correspondientes.
- c) Cuando haya que albergar en una misma envolvente elementos que requieran distinto grado de protección, la envolvente se ajustará a las prescripciones más severas correspondientes a las mismas.

21.4.5 Locales Clase II - División 2

21.4.5.1 Canalizaciones fijas

Las canalizaciones fijas destinadas a estos locales deberán cumplir los mismos requisitos que las destinadas a Clase I, División 1, con las siguientes salvedades:

- a) En las instalaciones bajo tubo, además de tubo metálico blindado, se podrá emplear tubo de acero normal.
- b) Los conductores metálicos, accesorios y cajas en los que vayan empalmes o terminales deberán estar diseñados de modo que la entrada de polvo sea mínima; las tapas ajusten de tal modo que

impidan la salida de chispas o material de combustión y a través de sus paredes, no puedan llegar a inflamarse las acumulaciones de polvo o el material inflamable adyacente.

- c) Las conexiones flexibles cumplirán las prescripciones del punto 21.4.4.1.c)

21.4.5.2 Luminarias

- a) Las luminarias fijas llevarán sus lámparas y portalámparas alojados en envoltentes estancos al polvo y diseñados de modo que impidan la salida de chispas, material en combustión y metal caliente. Todas las luminarias irán claramente marcadas con la potencia en vatios de la mayor lámpara para la que la temperatura superficial en condiciones normales de servicio no exceda de 165° C.
- b) Las luminarias fijas se protegerán contra daños mecánicos por medio de guardas o instalándolas en puntos adecuados.
- c) Las luminarias fijas podrán instalarse suspendidas como se indica en 21.4.2.2.
- d) Las cajas, accesorios y conectadores de suspensión deberán ser adecuados para este fin y además, ajustarse a lo prescrito en 21.4.5.1.

21.4.5.3 Tomacorrientes

Estarán provistos de clavija de puesta a tierra y diseñados de modo que la conexión al circuito de alimentación no se pueda efectuar en las partes en tensión al descubierto.

21.4.5.4 Aparatos de conexión y corte

Los aparatos de conexión y corte se ajustarán a lo prescrito en el punto 21.4.4.4.

21.4.5.5 Sistemas de señalización, alarma, control y comunicación

- a) Las canalizaciones se efectuarán de acuerdo con lo prescrito en 21.4.5.1.
- b) Cada uno de los elementos constitutivos de los mismos se protegerán de acuerdo con sus prescripciones correspondientes.
- c) Cuando haya que albergar en una misma envoltente elementos que requieran distintos grados de protección, la envoltente común se ajustará a las prescripciones más severas correspondientes a los mismos.

21.4.6 Locales Clase III - División 1

21.4.6.1 Canalizaciones fijas

Se ajustarán a lo prescrito en el punto 21.4.5.1.

21.4.6.2 Luminarias

Se ajustarán a lo prescrito en el punto 21.4.5.2 con la salvedad de que sus envoltentes y las del equipo de arranque y control deberán ser estancas a las fibras y volátiles.

21.4.6.3 Tomacorrientes

Se ajustarán a lo prescrito en el punto 21.4.5.3.

21.4.6.4 Aparatos de conexión y corte

Se ajustarán a lo prescrito en el punto 21.4.4.4, con la salvedad de que las envolventes deberán ser estancos a las fibras y volátiles.

21.4.6.5 Sistemas de señalización, alarma, control y comunicación

Se ajustarán a lo prescrito en el punto 21.4.5.5.

21.4.7 Locales Clase II - División 2

21.4.7.1 Canalizaciones fijas

Se ajustarán a lo prescrito en el punto 21.4.5.1. Se permitirá el empleo de cable aislado sin armar, adecuadamente protegido contra golpes u otros daños mecánicos.

21.4.7.2 Luminarias

Se ajustarán a lo prescrito en 21.4.6.2.

21.4.7.3 Toma corrientes

Se ajustarán a lo prescrito en 21.4.5.3.

21.4.7.4 Aparatos de conexión y corte

Se ajustarán a lo prescrito en 21.4.6.4.

21.4.7.5 Sistemas de señalización, alarma, control y comunicación

Se ajustarán a lo prescrito en 21.4.6.5.

21.4.8 Puesta a tierra

La puesta a tierra se ajustará a las prescripciones indicadas en el capítulo N° 9 de este texto y además a las siguientes:

- a) Todas las masas tales como carcasas y superficie metálicas exteriores de motores, luminarias, armarios metálicos, cajas de conexión, canalizaciones de tubo se conectarán a tierra. También se conectarán a tierra las armaduras y fundas metálicas de los cables, aunque estén protegidas por una cubierta exterior no metálica.
- b) En el caso de las canalizaciones metálicas o de cable armado habrá que comprobar que todas las partes de las mismas están adecuadamente conectadas a tierra.

CAPITULO 22

INSTALACIONES EN LOCALES DE CARACTERISTICAS ESPECIALES

Zeon PDF Driver
www.zeon.com.tw

CAPITULO 22

INSTALACIONES EN LOCALES DE CARACTERISTICAS ESPECIALES

22.1 INSTALACIONES EN LOCALES HUMEDOS

Locales o emplazamientos húmedos son aquellos cuyas condiciones ambientales se manifiestan momentánea o permanentemente bajo la forma de condensación en el techo y paredes, manchas salinas o moho aún cuando no aparezcan gotas, ni el techo o paredes estén impregnados de agua.

En estos locales o emplazamientos el material eléctrico, cumplirá con las siguientes condiciones:

22.1.1 Canalizaciones

Las canalizaciones podrán estar constituidas por:

- a) Conductores flexibles o rígidos, aislados, de 600 voltios de tensión nominal, como mínimo colocados sobre aisladores.
- b) Conductores rígidos aislados, de 600 voltios de tensión nominal, como mínimo, bajo tubos protectores.
- c) Conductores rígidos aislados armados, de 600 voltios de tensión nominal, como mínimo, fijados directamente sobre las paredes o colocados en el interior de huecos de la construcción.

Los conductores destinados a la conexión de aparatos receptores, podrán ser rígidos o flexibles de 600 voltios de tensión nominal como mínimo.

Las canalizaciones serán estancas, utilizándose para terminales, empalmes y conexiones de las mismas, sistemas o dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua.

22.1.2 Conductores aislados

Los conductores aislados colocados sobre aisladores se dispondrán a una distancia mínima de 5 centímetros de las paredes y la separación entre conductores será de 3 centímetros, como mínimo.

La aislación de los conductores deberá ser resistente a la humedad.

El material utilizado para la sujeción de los conductores aislados fijados directamente sobre las paredes será hidrófugo, preferentemente aislante o estará protegido contra la corrosión.

22.1.3 Tubos

Los tubos serán preferentemente aislantes y, en caso de ser metálicos; deberán estar protegidos contra la corrosión. Cuando estos últimos se instalen en montaje superficial, se colocarán a una distancia de las paredes de 0.5 centímetros como mínimo.

22.1.4 Aparamenta

Las cajas de conexión, interruptores, tomas de corriente, y en general, toda la aparamenta utilizada, deberá presentar el grado de protección correspondiente a la caída vertical de gotas de agua. Sus cubiertas y las partes accesibles de los órganos de accionamiento no serán metálicos.

22.1.5 Receptores y aparatos portátiles de alumbrado

Los receptores de alumbrado tendrán sus piezas metálicas bajo tensión, protegidos contra la caída vertical de agua. Los portalámparas, pantallas y rejillas, deberán ser de material aislante.

22.2 INSTALACIONES EN LOCALES MOJADOS

Locales o emplazamientos mojados son aquellos en que los suelos, techos y paredes estén o puedan estar impregnados de humedad y donde vean aparecer, aunque solo sea temporalmente, lodo o gotas gruesas de agua debido a la condensación o bien estar cubiertos con moho durante largos períodos.

Se considerarán como locales o emplazamientos mojados los establecimientos de baños, los cuartos de duchas o para uso colectivo, los lavaderos públicos, las cámaras frigoríficas, tintorerías, etc., así como las instalaciones a la intemperie.

En estos locales o emplazamientos se cumplirán además de las condiciones 22.1.1 y 22.1.2 establecidas para los locales húmedos, las siguientes:

22.2.1 Canalizaciones

Las canalizaciones serán estancas, utilizándose para terminales, empalmes y conexiones de las mismas, sistemas y dispositivos que presenten el grado de protección correspondiente a las proyecciones de agua.

22.2.2 Tubos

Si se emplean tubos para alojamiento de los conductores, estos serán estancos, preferentemente aislantes, y en caso de ser metálicos, deberán estar protegidos contra la corrosión. Se colocarán en montaje superficial y los tubos metálicos se dispondrán, como mínimo a 2 centímetros de las paredes.

22.2.3 Aparatos de mando, protección y tomacorrientes

Se recomienda instalar los aparatos de mando, protección y tomacorrientes fuera de estos locales. Cuando no se puede cumplir esta recomendación, los citados aparatos serán de tipo protegido contra las proyecciones de agua, o bien se instalarán en el interior de cajas que les proporcionen una protección equivalente.

22.2.4 Dispositivos de protección

Se instalará en cualquier caso, un dispositivo de protección en el origen de cada circuito, derivado de otro que penetre en el local mojado.

22.2.5 Receptores de alumbrado

Los receptores de alumbrado tendrán sus piezas metálicas bajo tensión, protegidas contra las proyecciones de agua. La cubierta de los portalámparas serán en su totalidad de materia aislante hidrófuga, salvo cuando se instalen en el interior de cubiertas estancas destinadas a los receptores de alumbrado, lo que deberá hacerse siempre que éstas se coloquen en un lugar fácilmente accesible.

22.2.6 Volúmenes de protección en cuartos de baño o aseo

Para las instalaciones en cuartos de baño o aseo, se tendrán en cuenta los siguientes volúmenes y prescripciones para cada uno de ellos:

a) Volumen de prohibición

Es el volumen limitado por los planos verticales tangentes a los bordes exteriores de la bañera,

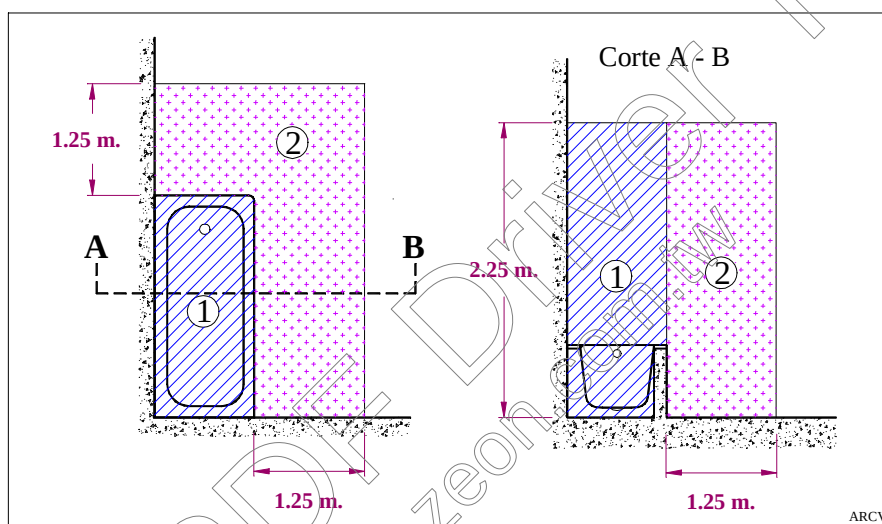
baño-aseo o ducha, y los horizontales constituidos por el suelo y por un plano situado a 2.25 metros por encima del fondo de aquellos o por encima del suelo, en el caso de que estos aparatos estuviesen empotrados en el mismo.

En el volumen de prohibición no se instalarán interruptores, tomacorrientes ni aparatos de iluminación.

b) Volumen de protección

Es el comprendido entre los mismos planos horizontales señalados para el volumen de prohibición y otros verticales situados a 1.25 metro de los del citado volumen. El Esquema 22.1 señala estos volúmenes:

Esquema 22.1
Volúmenes de protección en cuartos de baño o aseo



- 1 Volumen de prohibición
2 Volumen de protección

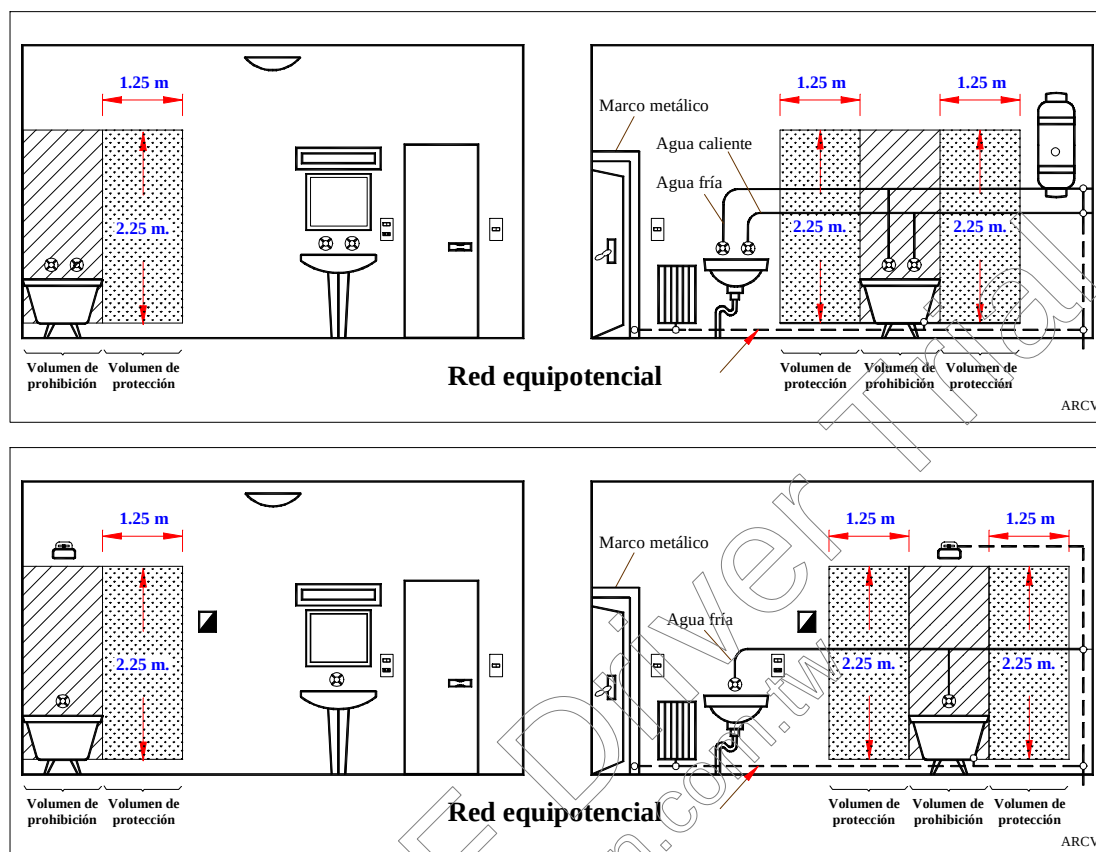
Se admiten por encima de este volumen el mando de elementos accionados por un cordón o cadena de material aislante no-higroscopio.

En el volumen de protección no se instalarán interruptores, pero podrán instalarse aparatos de alumbrado de instalación fija (preferentemente de aislamiento clase II), no presentarán ninguna parte metálica accesible y en los portalámparas no se podrán establecer contactos fortuitos con partes activas al poner o quitar las lámparas. En estos aparatos de alumbrado no se podrán disponer interruptores ni tomas de corriente.

Todas las masas metálicas existentes en el cuarto de baño (tuberías, desagües, calefacción, etc.) deberán estar unidas mediante un conductor de cobre, de manera que formen una red equipotencial. A su vez, esta red equipotencial se unirá al punto de puesta a tierra específico (ver Esquema 22.2), y se dimensionará según la sección del conductor de fase.

Fuera del volumen de prohibición y de protección, podrán instalarse interruptores, tomas de corriente y aparatos de alumbrado. Las tomas de corriente deben estar provistas de un contacto de puesta a tierra, a menos que sean tomas de seguridad. Del mismo modo, los aparatos de iluminación no pueden utilizarse suspendidos de conductores y no pueden emplearse portalámparas ni soportes metálicos para éstos.

Esquema 22.2
Red equipotencial



22.3 INSTALACIONES EN LOCALES CON RIESGO DE CORROSION

Locales o emplazamientos con riesgo de corrosión son aquellos en los que existen gases o vapores que puedan atacar a los materiales eléctricos utilizados en la instalación.

Se considerarán como locales con riesgo de corrosión, las fábricas de productos químicos, depósitos de éstos, etc.

En estos locales y emplazamientos se cumplirán las prescripciones señaladas para las instalaciones en locales mojados, debiendo protegerse, además, la parte exterior de los aparatos y canalizaciones con un revestimiento inalterable a la acción de dichos gases o vapores.

22.4 INSTALACIONES EN LOCALES POLVORIENTOS SIN RIESGO DE INCENDIO O EXPLOSION

Los locales o emplazamientos polvorientos son aquellos en que los equipos eléctricos están expuestos al contacto con el polvo en cantidad suficiente como para producir su deterioro o un defecto de aislamiento.

En estos locales o emplazamientos se cumplirán las siguientes condiciones:

- Queda prohibido el uso de conductores desnudos.
- Todo el material eléctrico utilizado deberá presentar el grado de protección que su emplazamiento exija.
- Los electromotores y otros aparatos que necesiten ventilación lo harán con aire tomado del exterior que esté exento de polvo o bien convenientemente filtrado.

22.5 INSTALACIONES EN LOCALES A TEMPERATURA ELEVADA

Locales o emplazamientos a temperatura elevada son aquellos donde la temperatura del aire ambiente es susceptible de sobrepasar frecuentemente los 40 grados centígrados, o bien se mantiene permanentemente por encima de los 35 grados centígrados.

En estos locales o emplazamientos se cumplirán las siguientes condiciones:

- Los conductores aislados con materias plásticas o elastómeros podrán utilizarse para una temperatura ambiente de hasta 50 grados centígrados aplicando el factor de reducción, para los valores de la intensidad máxima admisible, señalados en el capítulo N° 4 de este texto.
- Los conductores deberán tener una aislación resistente al calor, para temperaturas ambientes superiores a 50 grados centígrados se utilizarán conductores especiales con un aislamiento que presente una mayor estabilidad térmica.
- En estos locales son admisibles las canalizaciones con conductores desnudos sobre aisladores, especialmente en los casos en que sea de temer la no-conservación del aislamiento de conductores.
- Los aparatos utilizados deberán poder soportar los esfuerzos resultantes a que se verán sometidos debido a las condiciones ambientales. Su temperatura de funcionamiento a plena carga no deberá sobre pasar el valor máximo fijado en la especificación del material.

22.6 INSTALACIONES EN LOCALES A MUY BAJA TEMPERATURA

Locales o emplazamientos a muy baja temperatura son aquellos donde puedan presentarse y mantenerse temperaturas ambientales inferiores a menos 20 grados centígrados.

Se considerarán como locales a temperatura muy baja las cámaras de congelación de las plantas frigoríficas.

En estos locales o emplazamientos se cumplirán las siguientes condiciones:

- El aislamiento y demás elementos de protección del materia eléctrico utilizado, deberá ser tal que no sufra deterioro alguno a la temperatura de utilización.
- Los aparatos eléctricos deberán poder soportar los esfuerzos resultantes a que se verán sometidos debido a las condiciones ambientales.

22.7 INSTALACIONES EN LOCALES EN QUE EXISTAN BATERIAS DE ACUMULADORES

Los locales en que deban disponerse baterías de acumuladores con posibilidad de desprendimiento de gases, se considerarán como locales o emplazamientos con riesgo de corrosión, debiendo cumplir, además de las prescripciones señaladas para estos locales, las siguientes:

- El equipo eléctrico utilizado estará protegido contra los efectos de vapores y gases desprendidos por el electrolito.
 - Los locales deberán estar provistos de una ventilación natural o artificial que garantice una renovación perfecta y rápida del aire.
 - Los vapores evacuados no deben penetrar en locales contiguos.
 - La iluminación artificial se realizará únicamente mediante lámparas eléctricas de incandescencia o de descarga de baja presión.
 - Las luminarias serán de material apropiado para soportar el ambiente corrosivo, impedirán que los gases penetren en su interior.
 - Los acumuladores que no aseguren por sí mismos y permanentemente un aislamiento suficiente entre partes bajo tensión y tierra, deberán ser instalados con un aislamiento suplementario. Este aislamiento no será afectado por la humedad.
-

- Los acumuladores estarán dispuestos de manera que pueda realizarse fácilmente la sustitución y el mantenimiento de cada elemento. Los pasillos de servicio tendrán una anchura mínima de 0.75 metros.
- Si la tensión de servicio es superior a 250 voltios con relación a tierra, el suelo de los pasillos de servicio será eléctricamente aislante.
- Las piezas desnudas bajo tensión cuando entre éstas existan tensiones superiores a 250 voltios, deberán instalarse de manera que sea imposible tocarlas simultánea e inadvertidamente.

22.8 INSTALACIONES EN ESTACIONES DE SERVICIO, GARAJES Y TALLERES DE REPARACION DE VEHICULOS

Se considerarán como estaciones de servicio, los locales o emplazamientos donde se efectúan trasvases de gasolina, otros líquidos volátiles inflamables o gases licuados inflamables a vehículos, automóviles.

Como garajes se consideran aquellos locales en que puedan estar almacenados, más de tres vehículos al mismo tiempo.

Como talleres de reparación de vehículos se consideran los locales utilizados para la reparación y servicio de vehículos, automóviles, sean éstos de pasajeros, camiones, tractores, etc. y para los cuales se empleen como combustible líquidos o gases volátiles e inflamables.

a) Para las instalaciones eléctricas de los locales anteriormente citados, se tendrán en cuenta los volúmenes peligrosos que a continuación se señalan:

- En relación con suelos que estén a nivel de la calle o por encima de ésta, el volumen peligroso será el comprendido entre el suelo y un plano situado a 0.60 metros por encima de la parte más baja de las puertas exteriores o de otras aberturas para ventilación que den al exterior por encima del suelo. Cuando la ventilación de estos locales esté suficientemente asegurada, podrá considerarse únicamente como volumen peligroso el limitado por un plano situado a 0.60 metros del suelo del local.

El Esquema 22.3 a - b - c y d, señalan los valores peligros en diferentes casos.

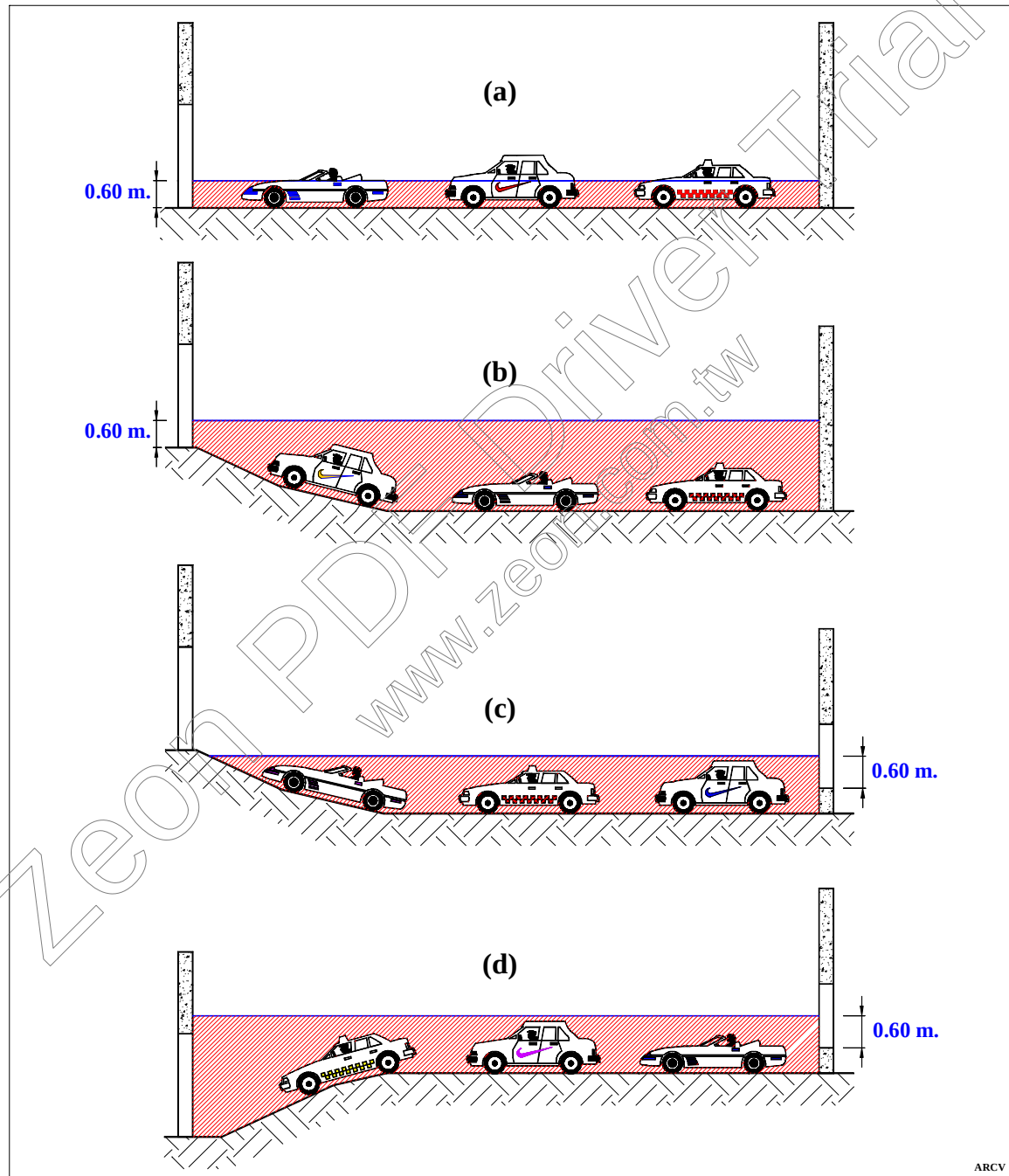
- Todo foso o depresión bajo el nivel de suelo se considerará como volumen peligroso.
- No se considerarán como volúmenes peligrosos las adyacentes a los volúmenes anteriormente citados en los que no sea probable la liberación de los combustibles inflamables y siempre que sus suelos estén sobre los de aquellos a 0.60 metros, como mínimo, o estén separados de los mismo por tabiques o brocales estancos de altura igual o mayor de 0.60 metros.

b) Las instalaciones y equipos destinados a estos locales cumplirán las siguientes prescripciones:

- Los volúmenes peligrosos serán considerados como locales con riesgo de Clase I, División 1 y en consecuencia, las instalaciones y equipos destinados a estos volúmenes deberán cumplir las prescripciones señaladas para estos locales.
- No se dispondrá dentro de los volúmenes peligrosos ninguna instalación destinada a la carga de baterías.
- Las canalizaciones situadas por encima de los volúmenes peligrosos podrán realizarse mediante conductores aislados bajo tubos rígidos blindados en montaje superficial o bien bajo tubos de otras características en montaje empotrado, igualmente podrán establecerse las canalizaciones con conductores aislados armados directamente sobre las paredes o no armados, en huecos de la construcción, cuando estos huecos presenten suficiente resistencia mecánica.
- Se colocarán cierres herméticos en las canalizaciones que atraviesen los límites verticales u horizontales de los volúmenes definidos como peligrosos. Las canalizaciones empotradas o enterradas en el suelo se considerarán incluidas en el volumen peligroso cuando alguna parte de las mismas penetre o atraviese dicho volumen.

- Las tomas de corriente o interruptores se colocarán a una altura mínima de 1.50 metros sobre el suelo a no ser que presenten una cubierta especialmente resistente a las acciones mecánicas.

Estos locales pueden presentar también, total o parcialmente, las características de un local húmedo o mojado, y en tal caso, deberán satisfacer igualmente lo señalado para las instalaciones eléctricas en éstos.

Esquema 22.3**Volúmenes peligrosos en estaciones de servicio, garajes y talleres de reparación de vehículos**

CAPITULO 23

INSTALACIONES CON FINES ESPECIALES

Zeon PDF Driver
www.zeon.com.tw

CAPITULO 23

INSTALACIONES CON FINES ESPECIALES

23.1 INSTALACIONES PARA MAQUINAS DE ELEVACION Y TRANSPORTE

Se considerarán como máquinas de elevación y transporte:

- a) Las grúas y puentes rodantes, tornos, cabrestantes, cintas transportadoras montacargas, etc., destinados exclusivamente al transporte de mercancías, tanto si utilizan o no jaulas para dicho fin.
- b) Los ascensores, escaleras mecánicas y o tras máquinas utilizadas para el transporte de personas.

Serán aplicables a estas instalaciones las siguientes prescripciones, además de las fijadas por la Reglamentación Técnica para la Construcción e Instalación de Ascensores y Montacargas, y siempre que no se opongan a las mismas:

- La instalación en su conjunto se podrá poner fuera de servicio mediante un interruptor omnipolar general accionado a mano, colocado en el circuito principal. Este interruptor deberá estar situado en lugares fácilmente accesibles desde el suelo, en el mismo local o recinto en el que esté situado el equipo eléctrico de accionamiento y será fácilmente identificable mediante un rótulo indeleble.

Si las máquinas sirven para el transporte de las personas, los circuitos de alumbrado de las cabinas así como los correspondientes a los indicadores de posición, deberán estar conectados a un interruptor independiente del indicado anteriormente.

- Las canalizaciones que vayan desde el dispositivo general de protección al equipo eléctrico de elevación o de accionamiento, deberán ser dimensionadas de manera que el arranque del motor no provoque una caída de tensión superior al 5 por 100.
- Únicamente en el caso de que las máquinas mencionadas en el párrafo a) no dispongan de jaulas para el transporte, se permitirá la instalación de interruptores suspendidos en la extremidad de la canalización móvil.
- Las canalizaciones móviles de mando y señalización se podrán colocar bajo la misma envolvente protectora de las demás líneas móviles, incluso si pertenecen a circuitos diferentes, siempre que cumplan las condiciones establecidas en capítulo 7 de este texto.
- Los ascensores, las estructuras de todos los motores, máquinas elevadoras, combinadores y cubiertas metálicas de todos los dispositivos eléctricos en el interior de las cajas o sobre ellas y en el hueco, se conectarán a tierra.
- Los equipos montados sobre elementos de la estructura metálica del edificio se considerarán conectados a tierra. La estructura metálica de la caja soportada por los cables elevadores metálicos que pasen por poleas o tambores de la máquina elevadora se considerarán conectados a tierra con la condición de ofrecer toda garantía en las conexiones eléctricas entre ellos y con tierra. Si esto no se cumpliera se instalará un conductor especial de protección.
- Las vías de rodamiento de toda grúa de taller estarán unidas a un conductor de protección.
- Los locales, recintos, etc., en los que esté instalado el equipo eléctrico de accionamiento, sólo deberán ser accesibles a personas calificadas. Cuando sus dimensiones permitan penetrar en él, deberán adoptarse las disposiciones relativas a las instalaciones en locales afectos a un servicio eléctrico (punto 23.2). En estos lugares se colocará un esquema eléctrico de la instalación.

23.2 INSTALACIONES PARA PISCINAS

Las canalizaciones y equipos eléctricos destinados a las piscinas o adyacentes a ellas, cumplirán las siguientes prescripciones:

- a) Ninguna canalización o aparato eléctrico, excepto los de alumbrado señalados en el párrafo d), se encontrarán en el interior de la piscina al alcance de los bañistas.
- b) No se instalarán líneas aéreas por encima de las piscinas ni a menos de 3 metros de su perímetro o de cualquier estructura próxima a ella, como plataformas, trampolines, etc.
- c) Las canalizaciones serán estancas y estarán constituidas por conductores aislados, de tensión nominal no inferior a 1000 voltios, bajo tubos metálicos rígidos blindados.
- d) Podrán instalarse aparatos de alumbrado por debajo de la superficie libre del agua, debiendo cumplirse para ello las siguientes condiciones:
 - No se utilizarán aparatos que funcionen a más de 48 voltios.
 - Las luminarias estarán especialmente concebidas para su colocación en huecos practicados en los muros de la piscina y estarán provistas de manguitos o dispositivos equivalentes que hagan estancas las entradas a las mismas de los tubos que contengan los conductores de alimentación. Tendrán un sistema adecuado de bloqueo que impida sacar de su interior la lámpara sin el empleo de una herramienta especial.
 - Toda parte metálica integrante de las luminarias o de los huecos practicados para su colocación, así como los tubos que contengan los conductores de alimentación, situados por debajo del nivel del terreno, serán de material resistente a la corrosión.
- b) Las luminarias y la canalización destinada a su alimentación, presentarán el grado de protección para material sumergido a la profundidad prevista para su instalación. El resto de las canalizaciones cumplirán las condiciones fijadas para locales húmedos o mojados según las características de los locales donde se encuentren instalados.
- c) Las luminarias serán alimentadas mediante derivaciones establecidas desde un circuito general de distribución.
- d) Las cajas de conexión utilizadas para establecer las derivaciones del circuito general de distribución hasta las luminarias, estarán provistas de manguitos u otros sistemas equivalentes que hagan estanca su unión con los tubos de las canalizaciones. Estas cajas se colocarán, como mínimo, a una altura de 0.20 metros por encima del terreno, del borde superior de la piscina o del nivel máximo que las aguas puedan alcanzar, según sea el que proporcione mayor elevación y a 1.20 metros del perímetro de la piscina. No se colocarán por encima del pasillo que rodea a ésta, excepto cuando se sitúen en estructuras fijas y siempre que se mantengan las distancias anteriormente señaladas.
- e) No se instalarán tomas de corriente a menos de 3 metros de los bordes de la piscina y las situadas a mayor distancia dentro del área de esta, irán provistas de interruptor de corte omnipolar que permita dejarlas sin tensión cuando no hayan de ser utilizadas.
- f) Todos los conductores metálicos, tuberías, armaduras de las estructuras de la piscina, de alojamiento de luminarias, así como partes metálicas de escaleras, trampolines, etc., estarán unidos mediante una conexión equipotencial y, a su vez, unidos a una misma toma de tierra.

23.3 INSTALACIONES PROVISIONALES

Se considerarán como instalaciones provisionales aquellas que deben ser suprimidas o reemplazadas por instalaciones definitivas después de un tiempo relativamente corto.

Estas instalaciones pueden en una medida relacionada con la brevedad de su empleo, ser establecidas de forma más simple que las instalaciones definitivas, siempre que se haya previsto un sistema de protección adecuado con el emplazamiento de la instalación, para garantizar la seguridad de las personas y de las cosas.

Toda instalación provisional deberá ser desmontada en el momento en que deje de ser necesaria.

23.4 INSTALACIONES TEMPORALES, OBRAS

En las instalaciones de carácter temporal como son las destinadas a verbenas, pabellones de ferias, carruseles, espectáculos de temporada, etc., así como las destinadas a obras de construcción de edificios o similares, se utilizarán materiales particularmente apropiados a estos montajes y desmontajes repetidos.

Estas instalaciones cumplirán con todas las prescripciones de general aplicación, así como las particulares siguientes:

- Los conductores aislados utilizados tanto para acometidas como para las instalaciones interiores, serán de 600 voltios de tensión nominal como mínimo y los utilizados en instalaciones interiores serán de tipo flexible aislados con elastómeros o plásticos de 600 voltios como mínimo de tensión nominal.
- Las partes activas de toda la instalación, así como las partes metálicas de los mecanismos de interruptores, fusibles, tomas de corriente, etc., no serán accesibles sin el empleo de útiles especiales o estarán incluidas bajo cubiertas o armarios que proporcionen un grado similar de inaccesibilidad.
- Las tomas de corriente irán provistas de interruptor de corte omnipolar que permita dejarlas sin tensión cuando no hayan de ser utilizadas.
- La aparamenta y material utilizado presentarán el grado de protección que corresponda a sus condiciones de instalación. Los aparatos de alumbrado portátiles, serán del tipo protegido contra los chorros de agua.

CAPITULO 24

INSTALACIONES ELECTRICAS COMPLEMENTARIAS

Zeon PDF Driver Trial
www.zeon.com.tw

CAPITULO 24

INSTALACIONES ELECTRICAS COMPLEMENTARIAS

24.1 GENERALIDADES

Se consideran instalaciones complementarias, todas aquellas que forman parte de un proyecto de instalación eléctrica y que no son de iluminación, tomacorriente o fuerza.

Entre estas instalaciones se mencionan las siguientes:

- Instalaciones telefónicas
- Instalaciones de intercambiadores (intercomunicadores)
- Instalaciones de portero eléctrico
- Instalaciones de timbre, zumbador, campanilla, etc.
- Instalaciones de televisión en general
- Instalaciones de alarmas en general
- Instalaciones de radio en general
- Instalaciones de llamada pública o de buscapersonas
- Instalaciones de sonido, amplificación y megafónicas en general
- Instalaciones de música ambiental
- Instalaciones de señalización, comando y control
- Instalaciones de aire acondicionado
- Instalaciones de refrigeración o calefacción

24.2 CONSIDERACIONES

- a) En instalaciones destinadas a uso doméstico, ningún circuito de este tipo de instalaciones deberá trabajar con voltajes superiores a 220 V en corriente alterna o 125 V en corriente continua.
- b) Deberá tomarse en cuenta condiciones de operación e instalación específicas a fin de evitar interferencias de sistemas de fuerza, distribución, señalización o control sobre sistema de comunicación, televisión, etc.
- c) Instalaciones de electroacústica de cines, teatros, auditorios o locales cerrados en general deben considerar necesariamente aspectos de absorción y reverberación acústicas, para determinar la potencia de los parlantes y amplificadores.

24.3 INSTALACIONES TELEFONICAS

El proyecto de instalación telefónica, debe considerar la instalación interna de puntos de teléfono en todos los departamentos, oficinas, locales comerciales y demás dependencias del inmueble, donde se considere necesario.

El citado proyecto, debe considerar una reserva conveniente en todo el inmueble; como mínimo un 30% del total estimado.

Las instalaciones internas del inmueble, deben centralizarse en cada piso en cajas de dispersión.

Las cajas de dispersión, se instalarán cerca de los centros de carga y/o en los lugares que se juzgue conveniente.

Las cajas de dispersión deben contar con terminales de conexión en la cantidad necesaria.

Todas las instalaciones internas del inmueble, deben estar centralizadas a su vez, en lo que será la caja terminal telefónica del inmueble.

Todos los pares telefónicos de la instalación interna del inmueble, se denominarán “pares salientes de la caja terminal telefónica”.

La caja terminal telefónica, debe estar ubicada en la planta baja, sótano o un lugar de fácil acceso al personal técnico de la empresa telefónica local.

La caja terminal telefónica, debe ser de construcción metálica y acabado anticorrosivo. El acceso frontal debe ser por puertas con bisagras y provistas de elementos de seguridad.

La caja terminal telefónica, debe ser instalada a una altura de 1,40 m. Entendiéndose esta altura, desde el piso al punto medio, de la caja.

La caja terminal telefónica, debe contar con entradas para cables multipares con un diámetro de 50 mm.

Dichas entradas para cables multipares, deben tener empaquetadura de material apropiado y membranas perforables, para evitar entrada de polvo.

Las entradas de cable, deberán estar ubicadas en la parte superior e inferior de la caja terminal, respectivamente.

Los pares pertenecientes al cable telefónico de acometida, se denominarán “pares entrantes” a la caja terminal telefónica.

La caja terminal telefónica, deberá alojar en su interior, los bloques terminales que corresponderán al inmueble y a la telefónica local, respectivamente.

Los bloques terminales que corresponderán al inmueble y a la empresa telefónica local, deberán ser provistos e instalados por los constructores o propietarios del inmueble.

Los bloques terminales, deberán estar fijados a la pared posterior de la caja terminal telefónica.

Los pares “entrantes y salientes” deberán estar conectados a bloques terminales independientes.

Los bloques terminales, deberán ser de 10 pares (veinte puntos de conexión).

Los bornes de los bloques terminales, pertenecientes a los “pares salientes”, deben estar perfectamente identificados con los departamentos, oficinas, locales comerciales y demás dependencias, así como los pares de reserva deben estar adecuadamente marcados para su fácil identificación.

Los bornes de los bloques terminales, pertenecientes a los “pares entrantes”, serán identificados y marcados por el personal técnico de la empresa telefónica.

Las conexiones de los “pares salientes” a los bornes de los bloques terminales, deberán soldarse de tal manera que garanticen una perfecta conexión.

En los conductores de la instalación interna del edificio, “pares salientes”, debe ejecutarse un “peine”, de tal manera que presente un aspecto estético y sobre todo ordenado.

Las instalaciones internas del edificio que comprenden, desde la caja terminal telefónica hasta las dependencias del usuario, deberán ser probadas por el instalador y cumplir los siguientes requisitos:

- Perfecta continuidad
- Resistencia de aislación superior a $500\text{ M}\Omega$
- Resistencia de conductor inferior a $64\ \Omega$.

De ser necesario, deberá construirse una “cámara telefónica” en la entrada del inmueble.

Los pernos de gancho para el anclado de las riostras y demás ferretería, deberán ser proporcionados por la constructora o el propietario del inmueble.

Para la ubicación exacta de la “cámara telefónica” se deberá consultar y coordinar con la empresa telefónica local.

La caja terminal y la cámara telefónica, se deben unir mediante un ducto de vinilo de 50 mm a 75 mm de diámetro nominal, esto con el objeto de dar una adecuada protección al cable telefónico acometida.

El ducto de unión, en lo posible, deberá ser instalado en forma recta, evitando las curvas y codos.

En caso de tener que formar curvas y codos en los ductos, el radio de los mismos, no deberá ser menor a diez veces el diámetro nominal de los ductos.

El ducto deberá ser instalado sin ondulaciones, de modo que no obstaculice el paso de los cables ni permita la acumulación de agua o sedimentos.

La cámara telefónica del inmueble, a su vez, deberá unirse con una de las cámaras de la empresa telefónica local o, efectuar la instalación de una subida de cable a un poste o pared más próximo, con el objeto de enlazar la red del inmueble a la red telefónica.

La unión entre cámaras o la subida a poste o pared, se efectuara mediante ducto de vinilo o fierro fundido de 50 mm a 75 mm de diámetro nominal. Según los requerimientos, deberá asegurar la protección y el fácil paso del cable de acometida a instalarse.

El ducto de unión, deberá ser colocado sobre una capa de arena o tierra cernida de 10 cm de altura.

El ducto de unión, deberá ser colocado a una profundidad no menor a 60 cm de la superficie.

Una vez colocado el ducto, la zanja se rellenará con arena o tierra cernida hasta 10 cm sobre el ducto, prosiguiendo el relleno, por capas de 0,2 m de espesor, debidamente apisonadas y compactadas.

Finalmente, deberá efectuarse la reposición del piso de la calzada, de acuerdo a normas.

Las entradas del ducto a las cámaras, deben tener un acabado fino (bruñido interior) en forma de trompeta, que permita el fácil ingreso del cable.

Concluidos los anteriores trabajos, se tapanán con papel u otro material apropiado las bocas de los ductos, para evitar que materiales de construcción u otros, los obstruyan, así de esta manera se asegura un fácil cableado por el interior de los ductos.

Cuando todos los ductos y accesorios estén instalados, se debe proceder a la limpieza total de la cámara y demás instalaciones.

Se deberá dejar en el interior de los ductos, alambre de arrastre, de acero galvanizado N° 16.

24.4 INSTALACION DE SISTEMAS DE PROTECCION CONTRA INCENDIOS

Para ciertos tipos de instalaciones en locales de pública concurrencia, instalaciones en oficinas, comercios, talleres, naves industriales, teatros, cines, almacenes, asilos de ancianos, hospitales y hoteles se exigirá la instalación de sistemas de protección y contra incendios.

Estas instalaciones tienen por objeto informar oportunamente a una central, con el fin de que se combata el fuego, antes de que los daños tomen grandes proporciones. Deben adaptarse a las condiciones locales y de servicio especialmente cuando las medidas de protección se disparen automáticamente.

Estos sistemas podrán ser:

- a) De alarma accionada eléctricamente, cuando el sistema de combate de incendio sea provisto por medios manuales o semimecanizados.
- b) De alarma y accionamiento de sistemas mecanizados, automatizados de combate contra incendio.

24.4.1

Los pulsadores de aviso deben colocarse en lugares visibles y accesibles (por ejemplo en escaleras y pasillos) y de manera que permitan su comprobación permanente.

24.4.2

Los avisadores automáticos se montan directamente en techos. En los techos (cielos) falsos se han de disponer de tal manera que las partes internas puedan extraerse y colocarse con la herramienta correspondiente, sin que el personal de servicio necesite emplear escalera. Si en los techos falsos se emplean zócalos bajo revoque, el servicio de mantenimiento va a poder controlar las conexiones en las bornas, desmontando para ello una placa adyacente del techo.

En lugares de techo muy alto, por ejemplo, en naves de fabricas y museos, es conveniente montar los avisadores suspendidos al extremo de un conductor desplazable de suficiente longitud, enrollado en un carrete; para inspeccionar los avisadores, se hacen descender los mismos.

24.4.3

Todos los puntos de conexión de líneas, por ejemplo las cajas de empalme, deben ser accesibles al servicio de asistencia.

Los cables empleados en estas instalaciones deben ser marcados especialmente en las canalizaciones (cuando se encuentren juntamente con otros conductores) por ejemplo, pintando las bornas de rojo; del mismo modo y color van a señalarse por dentro las cajas de empalme y las canalizaciones.

24.4.4

Se exigirá instalaciones del tipo mencionado en el punto 4-a) ó b) en lugares peligrosos definidos en el capítulo N° 18.

24.4.5

Un sistema de instalación contra incendios deberá estar necesariamente coordinado con la operación de sistemas de ventilación, aire acondicionado, oxígeno, circulación y almacenamiento de combustibles, de modo que la acción del sistema bloquee a los sistemas que eventualmente pueden aumentar el riesgo o el daño por incendio.

24.4.6

Se recomienda incorporar al sistema de alarma y/o combate de incendio, un sistema electrónico, con altavoces que puedan formar parte de un sistema de buscapersonas o de llamadas públicas, con instrucciones pregrabadas para los ocupantes del edificio, a partir de un punto central desde el cual se puedan dar instrucciones a los ocupantes del edificio.

Este sistema, así como los de alarma en general podrá ser global o zonificado.

24.5 SISTEMAS DE PROTECCION DE PERSONAS Y OBJETOS DE VALOR

Las instalaciones de protección de locales que sirven para protección de personas y objetos de valor, deben ser de gran eficacia contra falsas alarmas por errores de manejo o por perturbaciones técnicas. Por ello, tienen que ser proyectadas por especialistas y su montaje y mantenimiento se van a encargar a personal especializado.

Entre las instalaciones de protección de locales figuran las de robo y atraco. Frecuentemente están comunicadas y unidas a través de líneas telefónicas, con la comisaría de policía más cercana.

24.5.1

Las instalaciones de alarma contra robo comunican automáticamente la entrada indebida en los locales a proteger, (oficinas, locales, comerciales, fábricas, almacenes, museos, galerías, etc.)

24.5.1.1

En todos los accesos a los locales a proteger, se instalan alarmas adecuadas los llamados detectores que están unidos con una central de seguridad a través de uno o varios circuitos de protección vigilador por corriente de reposo. Si se acciona los avisadores en caso de robo, la central emite una alarma, que se registrara en el lugar deseado óptica y acústicamente.

24.5.1.2

Como aparatos de alarma se utilizan timbres o sirenas, cuyas conexiones se protegen por medio de contactos especiales.

Frecuentemente se transmite la alarma en forma “silenciosa” automáticamente a un puesto de socorro, por ejemplo, al puesto de policía más próximo

24.5.1.3

La protección de objetos se instala generalmente aislado o en combinación con la alarma contra robo. Para tal fin se dispone de detectores de sonido a través de cuerpos, detectores por campo y contactos magnéticos.

24.5.1.4

Los detectores de sonido a través de cuerpos y sus micrófonos se instalan, por ejemplo, para proteger cajas fuertes y cámaras acorazadas. Estas alarmas son micrófonos sensibles, que solo detectan ruidos transmitidos a través de cuerpos y no por el aire.

Un cierto número de detectores, en proporción al tamaño del objeto, se instala fijamente o a través de un soporte. Los detectores entran en acción, tan pronto como se produzcan ruidos de taladradoras o similares

24.5.1.5

Cerca de los objetos se montan detectores de campo, constituidos por electrodos, entre los que se establece un campo electromagnético. Una persona que entra en la zona protegida provoca una variación del campo, lo que dispara la alarma. Los objetos de metal armarios y estantería metálicas pueden protegerse de un modo más discreto, debido a que ellos mismos pueden servir de electrodos. Los objetos se colocan aislados y las superficies de las paredes y del suelo inmediatas al objeto se recubren con una pantalla metálica que sirve de puesta a tierra. El campo electromagnético se establece entre el objeto y la pantalla de puesta a tierra.

24.5.2

Las instalaciones de alarma contra atracos, por ejemplo, en establecimientos bancarios, museos y mostradores de joyerías, se accionan intencionadamente.

Para el accionamiento manual se utiliza un pulsador, el mismo que deberá instalarse de tal manera de posibilitar su accionamiento sin tener que hacer movimientos sospechosos.

24.5.3

Se pueden disponer también otros dispositivos de protección de locales como interruptores secretos que sirven para activar la instalación, después de abandonar el local. Tienen varias posibilidades de ajuste.

24.5.4

A fin de que no se pueda entrar en un espacio protegido, antes de que esté desconectada la instalación, se instala en las puertas una cerradura de bloqueo. Las puertas que solo pueden abrirse desde dentro, van a proyectarse con un contacto en el pestillo. Esto impide que se active la alarma cuando la puerta no está cerrada.

24.5.5

La conexión con la policía o con algún otro puesto de vigilancia se efectúa a través de dispositivos suplementarios. En el sector telefónico se elige automáticamente el número de comisaría de policía más próximo y se transmite entonces por medio de una cinta magnetofónica un texto grabado. En caso de que la policía, posea una central para llamadas de emergencia, puede establecer la comunicación a través de una línea telefónica alquilada por medio de un avisador principal.

24.6 SERVICIO SUPLEMENTARIO PARA LA PROTECCION CONTRA INCENDIOS

Las instalaciones de protección de locales y contra incendios se abastecerán por medio de un dispositivo de conexión a la red montado en la central. Como fuente auxiliar independientemente se empleara una batería externa, que se cargue permanentemente a partir del dispositivo de conexión a la red. La capacidad del servicio suplementario será de por lo menos de 60 horas en caso de falla en la red, que pueden reducirse a 30 horas cuando la avería puede registrarse en breve tiempo, por ejemplo, si la central de alarma esta montada en una portería vigilada permanentemente y cuando puedan eliminarse las perturbaciones en el suministro de corriente en el tiempo reducido.

24.7 INSTALACIONES DE BALIZAMIENTO

Edificios, antenas, torres, estructuras y construcciones que tengan una altura comprendida dentro del cono de despegue y/o de aproximación del aeropuerto, deberán tener al menos una baliza con luz de obstrucción de color rojo, alimentado por un circuito independiente de toda la instalación y provisto de una fuente de energía eléctrica de emergencia de manera que se garantice la disponibilidad de servicio de la luz de obstrucción durante toda la noche. Además se deberá prever facilidades de encendido y apagado para operación cuando así se requiera.

CAPITULO 25

RECEPTORES PARA ALUMBRADO

Zeon PDF Driver
www.zeon.com.tw

CAPITULO 25

RECEPTORES PARA ALUMBRADO

25.1 PROHIBICION DE LA UTILIZACION CONJUNTA CON OTROS SISTEMAS DE ILUMINACION

No se permitirá la instalación de ningún aparato, candelabro, araña, etc., en que se utilicen conjuntamente la electricidad y otro aparato de iluminación con fuente de energía diferente a la eléctrica.

25.2 PORTALAMPARAS

Los portalámparas destinados a lámparas de incandescencia, responderán a las siguientes prescripciones:

- Deberán resistir la corriente prevista para la potencia de las lámparas a las que son destinadas. En consecuencia, serán resistentes al calor desprendido por éstas, debiendo preverse, a tal efecto, la mayor temperatura que puedan alcanzar cuando su instalación se realice con el casquillo dirigido hacia arriba o esté la lámpara dentro de una luminaria cerrada.
- Cuando se empleen portalámparas con contacto central, debe conectarse a éste el conductor de fase o polar, y al contacto correspondiente a la parte exterior el conductor neutro o identificado como tal.
- Cuando en una misma instalación existan lámparas que han de ser alimentadas por circuitos a distintas tensiones, se recomienda que los portalámparas respectivos sean diferentes entre sí en relación con el circuito a que han de ser conectados.
- Los portalámparas que presenten partes activas accesibles al dedo de prueba o que permitan el contacto de éste con los casquillos de la lámpara, no se instalarán más que en aparatos fuera del alcance de la mano del utilizado o en el interior de aparatos cerrados que no puedan ser abiertos sin la ayuda de una herramienta.
- Los portalámparas con interruptores de llave o pulsadores no son admitidos, salvo que lleven una envoltura aislante.
- Los portalámparas instalados sobre soportes o aparatos, estarán fijados a los mismos de forma que se evite su rotación o separación de éstos cuando se proceda a la sustitución de la lámpara. Para la retirada de los portalámparas será necesario el empleo de una herramienta.
- Los portalámparas llevarán la indicación correspondiente a la tensión e intensidad nominales para las que han sido previstas.

25.3 INDICACIONES EN LAS LAMPARAS

Las lámparas llevarán estampadas en forma visible e indeleble las marcas e indicaciones señaladas en las normas internacionales pertinentes.

25.4 INSTALACION DE LAMPARAS

Para la instalación de lámparas se tendrá en cuenta las siguientes prescripciones:

- Se prohíbe colgar la armadura y globos de las lámparas, utilizando para ello los conductores que llevan la corriente a los mismo. El elemento de suspensión, caso de ser metálico, deberá estar aislado de la armadura.

Por excepción se permitirá que los conductores soporten exclusivamente el peso del receptor, cuando éste no sea superior a 0.5 kilogramos, que las características de los conductores estén de acuerdo con este peso y siempre que no presenten empalmes en el trozo sometido a tracción.

- Para los conductores instalados en el interior de candelabros, arañas, etc., se utilizarán cables flexibles de tensión nominal no inferior a 250 voltios. Su sección será, en general, igual o superior a 0.75 mm^2 , autorizándose una sección mínima de 0.5 mm^2 cuando, por ser muy reducido el diámetro de los conductores en los que deben alojarse los conductores, no pueda disponerse en éstos otros de mayor sección.
- Para la instalación de lámparas suspendidas sobre vías públicas, se seguirá lo dispuesto a este efecto.

25.5 EMPLEO DE PEQUEÑAS TENSIONES PARA ALUMBRADO

En las caldererías, grandes depósitos metálicos, etc., y, en general, en lugares análogos, los aparatos de iluminación portátiles serán alimentados bajo una tensión de seguridad no superior a 24 voltios, excepto si son alimentados por medio de transformadores de separación.

25.6 INSTALACION DE LAMPARAS O TUBOS DE DESCARGA

Queda prohibido en el interior de la vivienda el uso de lámparas de gases con descarga de alta presión. En general, cuando se instalen en terrazas, fachadas o en el interior de edificios comerciales o industriales, se dispondrán en forma que tanto ellas como sus conexiones queden fuera del alcance de la mano. Las lámparas o tubos de descarga, se instalarán de acuerdo con las siguientes prescripciones:

a) Condiciones comunes a todas las instalaciones bajo una tensión cualquiera:

- Cualquier receptor o conjunto de receptores consistentes en lámparas o tubos de descarga será accionado por un interruptor, previsto para cargas inductivas o, en defecto de esta característica, tendrá una capacidad de corte no inferior a dos veces la intensidad del receptor o grupo de receptores. Si el interruptor accionara a la vez lámparas de incandescencia, su capacidad de corte será como mínimo, la correspondiente a la intensidad de éstas más el doble de la intensidad de las lámparas de descarga.
- Los circuitos derivados de alimentación de lámparas o tubos de descarga estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas. La carga mínima prevista en volt-amperios será de 1.8 veces la potencia en vatios de los receptores. El conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase.

Todas las partes bajo tensión, así como los conductores, aparatos auxiliares y los propios receptores, excepto las partes que producen o transmiten la luz, estarán protegidas por adecuadas pantallas o envolturas aislantes o metálicas puestas a tierra. Se exceptuarán de esta exigencia los elementos situados en lugar sólo accesible a personas autorizadas.

- En el caso de la utilización de lámparas fluorescentes en instalaciones no residenciales será obligatorio la compensación del factor de potencia hasta el valor mínimo de 0.9 y no se admitirá compensación del conjunto de un grupo de lámparas en una instalación de régimen de carga variable.

b) Condiciones de las instalaciones de lámparas de descarga que funcionen bajo una tensión usual, pero necesiten para su cebado una tensión especial

- La protección contra los contactos indirectos se realizará, en su caso, según los requisitos indicados en el capítulo 18. La instalación irá provista de un interruptor de corte omnipolar, situado en la parte de canalización bajo tensión usual.
- Queda prohibido colocar interruptor, seccionador o cortacircuito en la parte de la instalación comprendida entre las lámparas y su aparato de estabilización.
- Los portalámparas empleados estarán protegidos debidamente contra los contactos directos, tanto esté la lámpara puesta como quitada. Se podrá exceptuar de este requisito si la lámpara está en lugar inaccesible en su uso normal.
- Los aparatos de estabilización empleados en estos circuitos no llevarán partes accesibles sometidas a más de 440 voltios. Estos aparatos llevarán, de manera perfectamente visible en la cara del aparato que lleve los bornes de su alimentación, la indicación de la tensión secundaria en vacío.
- Las canalizaciones sometidas a tensión superior a 440 voltios llevarán conductores previstos, como mínimo, para una tensión nominal de 1000 voltios. Estos conductores serán inaccesible de portalámparas y estabilizadores, bien por estar provistos de un revestimiento metálico.
- Se podrán emplear autotransformadores para estas instalaciones si forman parte integrante del aparato estabilizador, de manera que los diferentes elementos del conjunto no puedan separarse eléctrica o mecánicamente y sólo en uno de los casos siguientes:
 - Si un portalámparas de cada lámpara de descarga provoca el corte omnipolar del circuito de alimentación del autotransformador cuando se retira la lámpara.
 - Si las lámparas, el estabilizador y el circuito que los une son inaccesibles en utilización normal, y bajo la condición de ser muy visible una indicación puesta en el aparato manifestando la obligación de proceder a un corte omnipolar del circuito de alimentación del autotransformador antes de toda intervención, incluida la puesta o retirada de una lámpara.

c) Condiciones de las instalaciones de lámparas o tubos de descarga que funcionen continuamente bajo una tensión especial o superior, o que, funcionando continuamente bajo una tensión usual necesiten para su cebado una alta tensión

Se consideraran como instalaciones de la baja tensión las destinadas a lámparas o tubos de descarga cualquiera que sean las tensiones de funcionamientos de éstos, siempre que constituyan un conjunto o unidad con los transformadores de alimentación y demás elementos, no presenten al exterior más que conductores de conexión en baja tensión y dispongan de sistemas de bloqueo adecuados que impidan alcanzar partes interiores del conjunto sin que sea cortada automáticamente la tensión de alimentación al mismo.

Las instalaciones sometidas a tensiones superiores a las usuales, necesarias para el funcionamiento continuo de las lámparas, satisfacerán los requisitos exigidos en el párrafo anterior y, además, los siguientes:

- Se unirán por medio de una conexión equipotencial:

- La envoltura metálica del transformador empleado para estas instalaciones;
 - El circuito magnético de dicho transformador;
 - El revestimiento metálico de las canalizaciones sometidas a tensiones superiores a 440 voltios;
 - Las piezas metálicas que sirvan de soporte o protejan las lámparas de descarga.
- El conductor l conductor de conexión será de cobre, aislado, de 2.5 mm^2 de sección mínima, o de cobre desnudo de 6 mm^2 de sección mínima, y se unirá a un punto cualquiera del arrollamiento secundario del transformador, si la tensión entre conductores no sobrepasa 7.000 voltios, y al punto medio de aquel arrollamiento, si la tensión sobrepasa este valor. También se unirá el conductor de conexión al conductor de protección de la instalación que alimente el transformador. Podrá exceptuarse de este requisito si se cumplen simultáneamente las condiciones siguientes:
- El conjunto de la instalación de la lámpara se encuentra situado en local o emplazamiento seco y no conductor y a más de un metro de distancia de todo elemento conductor del que no se tenga certeza que esté aislado de tierra;
 - La tensión entre conductores de la instalación de la lámpara no sobrepasa 7.000 voltios.
- La protección contra los contactos directos, por lo que a las lámparas se refiere, se realizará encerrándolas en adecuadas envolturas aislantes o metálicas. Si la lámpara estuviera situada en el exterior de los edificios, a más de 3 metros sobre el suelo, o en su interior a más de 2 metros del suelo, se podrán sustituir dichas protecciones por tubos aislantes de conveniente calidad dieléctrica y resistencia al calor que recubran las partes bajo tensión, o por otros sistemas aislantes adecuados.
- Las lámparas cuya tensión exceda de 5.000 voltios con relación a tierra, se fijarán sobre apoyos aislantes de tensión nominal correspondiente a la existente entre conductores.
- Los transformadores tendrán sus arrollamientos primario y secundario eléctricamente distintos. Se prohíbe el empleo de autotransformadores.

En los circuitos primarios se instalarán dispositivos que actúen en caso de cortocircuito o de corriente a tierra que exceda de un 20 por 100 de la corriente prevista como normal para el circuito de alimentación.

- Los transformadores se situarán fuera del alcance de personas no autorizadas; si no fuera así, estarán encerrados en una caja o armario incombustible o instalados en local cerrado o protegidos por un enrejado metálico. Tales protecciones se instalarán de manera que la apertura de la caja o armario, el acceso al local o la retirada del enrejado provoque automáticamente el corte de la corriente de alimentación en todos los conductores de alimentación.

Si el transformador llevara partes accesibles, la distancia entre el transformador y el enrejado metálico antes indicado, será como mínimo de 0.30 metros.

Las cajas o armarios, los enrejados de protección o las puertas, llevarán una señal de peligro eléctrico, situada en lugar visible, y una inscripción que indique el peligro.

- Cuando se utilicen transformadores elevadores cuya tensión con respecto a tierra sea superior a 5.000 V, medida en circuito abierto, los conductores del circuito secundario llevarán revestimiento metálico o estarán alojados en tubos metálicos blindados destinados exclusivamente para ello. En cualquier caso quedará asegurada la continuidad eléctrica del revestimiento. No obstante lo dicho anteriormente, podrán efectuarse las conexiones entre

lámparas o tubos de descarga por medio de conductores de cobre desnudo, de una resistencia mecánica adecuada, alojados en el interior de tubos de vidrio de relativamente gran espesor, pero siempre que la longitud de cada conductor sea tal que en caso de rotura accidental, los trozos rotos no puedan quedar accesibles o tocar partes metálicas no puestas a tierra. Igualmente, serán admitidos otros conductores debidamente homologados para estas conexiones.

- Cualquier instalación deberá poder ser puesta fuera de tensión por medio de interruptor de corte omnipolar que actúe sobre el circuito que alimenta a su transformador. Este interruptor llevará una inscripción indicando que forma parte de la instalación de lámparas o tubos de descarga y estará situado en un lugar fácilmente accesible en todo momento.

En caso de anuncios o signos luminosos situados sobre fachada, estos interruptores estarán colocados en sitios accesibles en cualquier momento desde el exterior. Si el interruptor se sitúa sobre la fachada, estará a una altura tal que no sea accesible a los transeúntes, pero que pueda ser alcanzado en caso de necesidad sin dificultad, es decir, a 3 metros, aproximadamente, del suelo. La instalación del interruptor será obligatoria además de cualquier otro interruptor que hubiera para otro fin.

Con el fin de que el personal pueda efectuar trabajos sobre o en las proximidades de la instalación a más de 440 voltios, el interruptor antes mencionado será de corte visible y con posibilidad de enclavamiento en su posición de abierto, o se dispondrán, en caso contrario, en un lugar conveniente, en el circuito de alimentación al transformador, unos puentes amovibles para seccionamiento de todos los conductores.

- Queda prohibido intercalar en el circuito bajo tensión mayor de 440 voltios, ningún dispositivo que interrumpa sólo este circuito si el circuito de alimentación, bajo tensión usual, no ha sido cortado. Sin embargo, se admitirán interruptores o conmutadores de mando automático si están fuera del alcance de personas no calificadas.
- Cuando una línea aérea de telecomunicación o una antena receptora de radiodifusión o televisión esté a menos de 0.3 metros de una instalación luminosa, se colocará entre la línea y la instalación luminosa un enrejado metálico unido a la conexión equipotencial indicada anteriormente.

CAPITULO 26

***INSTALACION DE APARATOS DE
CALDEO Y UTENSILIO DOMESTICO***

Zeon PDF Driver
www.zeon.com.tw

CAPITULO 26

INSTALACION DE APARATOS DE CALDEO Y UTENSILIOS DOMESTICOS

26.1 CONDICIONES GENERALES DE INSTALACION

Los aparatos de caldeo se instalarán de manera que no puedan inflamar las materias combustibles circundantes, aún en el caso de empleo negligente o defectos previsibles en el aparato.

Los aparatos de caldeo industrial destinados a estar en contacto con materias combustibles o inflamables y que en uso normal no estén bajo la vigilancia de un operario, estarán provistos de un limitador de temperatura que interrumpa o reduzca el caldeo antes de alcanzar una temperatura peligrosa.

26.2 APARATOS PRODUCTORES DE AGUA CALIENTE Y VAPOR EN LOS QUE EL CIRCUITO ELECTRICO ESTA AISLADO DEL AGUA

Todo aparato productor de agua caliente o vapor estará provisto de un termostato que regule la temperatura en el fluido: los que sean de acumulación dispondrán, además de un limitador de temperatura cuyo funcionamiento, independiente del termostato, interrumpa la corriente en el circuito eléctrico cuando la temperatura en el agua o en el recipiente que la contiene, alcance un valor sensiblemente superior a la del funcionamiento del termostato.

26.3 CALENTADORES DE AGUA EN LOS QUE ESTA FORMA PARTE DEL CIRCUITO ELECTRICO

Los calentadores de agua, en los que ésta forma parte del circuito eléctrico, no serán utilizados en instalaciones para uso doméstico y, en general, cuando hayan de ser utilizados por personal no especializado.

Para la instalación de estos aparatos, se tendrán en cuenta las siguientes prescripciones:

- a) Estos aparatos se alimentarán solamente con corriente alterna a frecuencias iguales o superiores a 50 Hz.
- b) La alimentación estará controlada por medio de un interruptor automático (disyuntor) construido e instalado de acuerdo con las siguientes condiciones:
 - Será de corte omnipolar simultáneo.
 - Estará provisto de dispositivos de protección contra sobrecargas en cada conductor que conecte con un electrodo.
 - Estará colocado de manera que pueda ser accionado fácilmente desde el mismo emplazamiento donde se instale, bien directamente o bien por medio de un dispositivo de mando a distancia. En éste caso se instalarán lámparas de señalización que indiquen la posición de abierto o cerrado del interruptor.
- c) La cuba o caldera metálica será puesta a tierra y, a la vez será conectada a la cubierta o armadura metálica, si existen, del cable de alimentación. La capacidad nominal del conductor de puesta a tierra de la cuba, no será inferior a la del conductor mayor de alimentación, con una sección mínima de 4 mm² correspondiente al conductor N° 12 AWG.
- d) Según el tipo de aparato se satisfarán, además, los requisitos siguientes:
 - Si los electrodos están conectados directamente a una instalación a más de 440 voltios, debe ser instalado un interruptor diferencial que desconecte la alimentación a los electrodos cuando se produzca una corriente de fuga a tierra superior al 10 por 100 de la intensidad nominal de la caldera en condiciones normales de funcionamiento. Podrá admitirse hasta un 15 por 100 en dicho valor si en algún caso fuera necesario para asegurar la estabilidad del

funcionamiento de la misma. El dispositivo mencionado debe actuar con retardo para evitar su funcionamiento innecesario en el caso de un desequilibrio de corta duración.

- Si los electrodos están conectados a una alimentación con tensiones de 50 a 440 voltios, la cuba de la caldera estará conectada al neutro de la alimentación y a tierra. La capacidad nominal del conductor neutro no debe ser inferior a la del mayor conductor de alimentación.

26.4 CALENTADORES PROVISTOS DE ELEMENTOS DE CALDEO DESNUDOS SUMERGIDOS EN EL AGUA

Este tipo de calentadores, está prohibido por la norma por razones de seguridad, para usos domésticos. Se admiten en instalaciones industriales siempre que no pueda existir una diferencia de potencial superior a 24 voltios entre el agua caliente de salida o partes metálicas accesibles en contacto con ella y los elementos conductores situados en su proximidad, que no conste que estén aislados de tierra.

26.5 APARATOS DE CALDEO POR AIRE CALIENTE

Los aparatos de caldeo por aire caliente estarán contruidos de manera que su elemento de caldeo solo pueda ponerse en servicio después de hacerlo el ventilador correspondiente y cese aquel cuando el ventilador deje de actuar. Los aparatos fijos llevarán, además, dos limitadores de temperatura, independientes entre sí, que impidan una elevación excesiva de ésta en los conductos de aire.

26.6 CONDUCTORES DE CALDEO

Para la instalación de cables de caldeo se toman en cuenta las siguientes prescripciones:

- La tensión de servicio no debe sobrepasar 250 voltios con relación a tierra.
- La instalación estará protegida de tal manera que en caso de avería todos los conductores de fase o polares queden desconectados simultáneamente.
- Los cables de caldeo solamente podrán estar alojados, en su caso, en tubos protectores incombustibles y a razón de un solo cable por tubo.
- Las partes termógenas de los conductores de caldeo, así como sus eventuales tubos protectores y cajas de conexión, distarán, como mínimo, 4 centímetros de las partes combustibles de edificios, excepto que éstos estén revestidos de material incombustible y calorífugo.
- En el paso de partes combustibles de edificios, los conductores estarán alojados en tubos protectores incombustibles de un diámetro interior suficiente para evitar toda acumulación peligrosa de calor.
- Los conductores enterrados en el suelo estarán protegidos contra la corrosión y contra todo deterioro mecánico, en particular contra los que puedan provenir de útiles agrícolas.
- Las envoltentes conductoras de los cables, cuando existan, estarán unidas eficazmente, en su extremo, al conductor de protección de la instalación.

26.7 COCINAS Y HORNILLAS

Las cocinas y hornillas serán conectadas a su fuente de alimentación por medio de interruptores de corte omnipolar, tomas de corriente u otro dispositivo de igual característica destinados únicamente a los mismos.

Cada elemento individual que forme parte de una misma cocina u hornilla, será controlado por un interruptor omnipolar que indicará las diferentes posiciones del mismo respecto al calor proporcionado por el elemento. Este interruptor será distinto del dispositivo de conexión indicada en el párrafo anterior.

26.8 APARATOS PARA SOLDADURA ELECTRICA POR ARCO

Los aparatos destinados a la soldadura eléctrica cumplirán en su instalación y utilización las siguientes prescripciones:

- a) Las masas de estos aparatos estarán puestas a tierra.
Será admisible la conexión de uno de los polos del circuito de soldeo a estas masas, cuando, por su puesta a tierra, no se provoquen corrientes vagabundas de intensidad peligrosa. En caso contrario, el circuito de soldeo estará puesto a tierra únicamente en el lugar de trabajo.
- b) Los bornes de conexión para los circuitos de alimentación de los aparatos manuales de soldar estarán cuidadosamente aislados.
- c) Cuando existan en los aparatos ranuras de ventilación estarán dispuestas de forma que no se pueda alcanzar partes bajo tensión interiores.
- d) Cada aparato llevará incorporado un interruptor de corte omnipolar que interrumpa el circuito de alimentación, así como un dispositivo de protección contra sobrecargas, regulado, como máximo, al 200 por ciento de la intensidad nominal de su alimentación, excepto en aquellos casos en que los conductores de este circuito estén protegidos por un dispositivo igualmente contra sobrecargas, regulado a la misma intensidad.
- e) Las superficies exteriores de los porta electrodos manejados a mano y en todo lo posible sus mandíbulas, estarán completamente aisladas.
Estos porta electrodos estarán provistos de discos o pantallas que protejan la mano de los operarios contra el calor proporcionado por los arcos.
- f) Las personas que utilicen estos aparatos recibirán las consignas apropiadas para:
 - Hacer inaccesibles las partes bajo tensión de los porta electrodos cuando no sean utilizados.
 - Evitar que los porta electrodos entren en contacto con objetos metálicos.
 - Unir el conductor de retorno del circuito de soldeo las piezas metálicas que se encuentren en su proximidad inmediata.

Cuando los trabajos de soldadura se efectúen en locales muy conductores, se recomienda la utilización de pequeñas tensiones. En otros casos, la tensión en vacío entre el electrodo y la pieza a soldar, no será superior a 90 voltios, en corriente continua.

CAPITULO 27

AMBITOS DE UNA INSTALACION

Zeon PDF Driver Trial
www.zeon.com.tw

CAPITULO 27

AMBITOS DE UNA INSTALACION

27.1 GENERALIDADES

En las instalaciones eléctricas podemos distinguir dos ámbitos que influyen en las características de elección de los aparatos y en su instalación.

27.1.1 Ámbito de características residenciales

Se trata de instalaciones domiciliarias unifamiliares, múltiples y comercios de pequeña envergadura.

Las características de los aparatos son fijadas por la norma IEC 898.

La operación de los sistemas es realizada, generalmente por personal no calificado (usuarios).

La alimentación es siempre en baja tensión, y los consumos de energía son pequeños.

El concepto más importante a considerar cuando se realiza un proyecto para este ámbito es el de seguridad para el operador.

El operador es siempre el usuario del sistema y no posee conocimientos técnicos, exponiéndose a la realización de maniobras incorrectas y peligrosas para su vida. La ejecución de una instalación eléctrica en este ámbito, sin considerar las máximas seguridades, puede ocasionar perjuicios en personas y bienes que involucran la responsabilidad del instalador.

Los aparatos a instalar en los tableros de distribución domiciliarios son modulares, para montaje sobre riel simétrico de 35 mm.

Los sistemas están basados en los conceptos de seguridad para el usuario, modularidad (todos los productos poseen un ancho que es múltiplo de 9 mm), estética y fijación rápida.

En un mismo tablero, conservando un aspecto armonioso, pueden asociarse interruptores, interruptores diferenciales, contadores, interruptores horarios, y automáticos de escalera.

27.1.2 Ámbito de características industriales

Se trata de instalaciones industriales propiamente dichas, de manufactura, de proceso y por extensión las instalaciones de infraestructura (aeropuertos, puertos, ferrocarril, etc.) y grandes centros de servicio (hipermercados, centros de compras, bancos, edificios para oficinas, etc.).

Las características de los aparatos son fijadas por la norma IEC 947.

La operación de los sistemas es realizada por personal especializado e idóneo.

En estos casos los consumos de energía son importantes, y puede haber suministro en alta y/o media tensión.

En el sistema de baja tensión, la instalación comienza en el tablero general de distribución, que contiene los aparatos de corte y seccionamiento que alimentan a los tableros secundarios.

En este ámbito, los aparatos involucrados abarcan desde los interruptores termomagnéticos y diferenciales, hasta los interruptores automáticos de potencia, que permiten maniobrar hasta 6300 A e interrumpir cortocircuitos de hasta 150 kA.

27.2 ELECCION DE APARATOS

En cualquiera de los dos ámbitos existen reglamentos de instalación y exigencias para la elección de aparatos que son necesarios conocer:

- Funciones de la salida.
- Características de la red.
- Características de la carga.
- Continuidad de servicio deseada.
- Características del lugar de la instalación.

27.3 FUNCIONES DE UNA SALIDA

En una salida (o entrada) alojada en un tablero o cuadro de distribución de baja tensión se deberán contemplar diversas funciones que definirán la elección de los aparatos a instalar.

El seccionamiento de un aparato de corte es una condición de seguridad. Un aparato es apto para el seccionamiento cuando le garantiza al operador que en la posición abierto todos los polos están correctamente aislados.

Un aparato de corte sin aptitud para el seccionamiento pone en riesgo la seguridad de las personas.

Esta aptitud, indicada en los aparatos, forma parte de la garantía de los mismos en cuanto a sus prestaciones.

La aptitud para el seccionamiento está definida por la norma IEC 947-1-3, y los aparatos que la posean deben indicarlo expresamente.

Las funciones a cumplir según la necesidad pueden ser:

- Interrupción
- Protección
- Conmutación

27.3.1 La función interrupción

La norma IEC 947-1 define claramente las características de los aparatos según sus posibilidades de corte.

a) Seccionador

Cierra y corta sin carga, puede soportar un cortocircuito estando cerrado
Apto para el seccionamiento en posición abierto (esquema 27.1-a).

b) Interruptor

Se lo denomina vulgarmente interruptor manual o seccionador bajo carga.

Cierra y corta en carga y sobrecarga hasta 8 In. Soporta y cierra sobre cortocircuito pero no lo corta (Esquema 27.1-b).

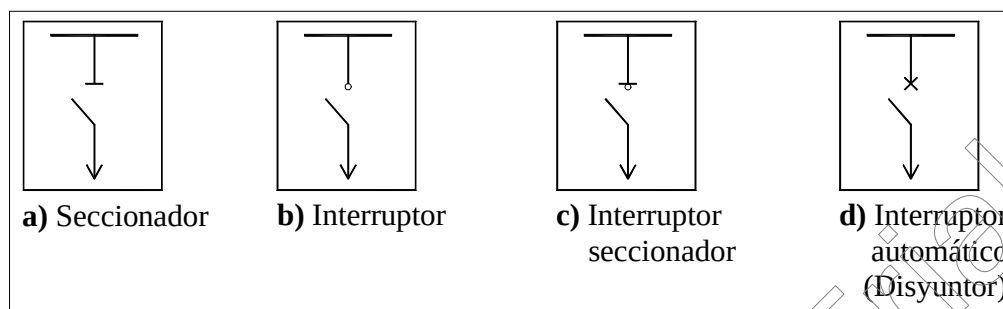
c) Interruptor seccionador

Interruptor que en posición abierto satisface las condiciones especificadas para un seccionador (Esquema 27.1-c).

d) Interruptor automático (Disyuntor)

Interruptor que satisface las condiciones de un interruptor seccionador e interrumpe un cortocircuito (Esquema 27.1-d).

Esquema 27.1
Equipos de corte



27.3.2 La función protección

Una elevación de la corriente normal de carga es un síntoma de anomalía en el circuito. De acuerdo a su magnitud y a la rapidez de su crecimiento, se puede tratar de sobrecargas o cortocircuitos. Esta corriente de falla aguas abajo del aparato de maniobra, si no es cortada rápidamente, puede ocasionar daños irreparables en personas y bienes.

Por ello es indispensable considerar ambos aspectos:

- Protección de personas
- Protección de bienes

El elemento de protección tradicional, tanto para circuitos de distribución de cargas mixtas o circuitos de cargas específicas (motores, capacitores, etc.), es el fusible. Su utilización, en la práctica, presenta desventajas operativas y funcionales:

- Envejecimiento del elemento fusible por el uso (deskalibración).
- Diversidad de formas, tamaños y calibres.
- Ante la fusión de un fusible hay que cambiar el juego completo de la salida.
- Disponibilidad del calibre adecuado para el reemplazo.

Frecuentemente los siniestros de origen eléctrico se producen por la falta de coordinación del elemento fusible con los aparatos y cables situados aguas abajo; al ser superado su límite térmico ($I^2 \cdot t$), se dañan de forma permanente y crean focos de incendio.

- Invariabilidad de sus tiempos y forma de actuación para adaptarlo a nuevas configuraciones.

La ventaja de los fusibles es su elevada capacidad de corriente de cortocircuito

Los interruptores automáticos (disyuntores) evitan todos estos inconvenientes de los fusibles aportando una protección de mejor performance, invariable con el tiempo, flexible por su capacidad de adaptación a nuevas cargas y que asegura la continuidad de servicio.

El elemento de protección clásico para detectar fallas a tierra es el interruptor diferencial (protección de personas). Para la correcta elección de un aparato que proteja sobrecargas y cortocircuitos es necesario contemplar dos aspectos:

- 1.- El aporte al cortocircuito en el punto de su instalación, lo que determinará el poder de corte del interruptor automático (disyuntor).
- 2.- Características que asuma la corriente de falla en función del tiempo, lo que determinará el tipo de curvas de disparo del interruptor automático (disyuntor).

27.3.3 La función conmutada

Se utiliza cuando se requiere un comando automático y gran cadencia de maniobra.

Esta función se desarrolla en el capítulo 29 de comando y protección de potencia y variación de velocidad, ya que es una exigencia típica de los accionamientos de maquinas.

27.4 CARACTERÍSTICAS DE LA RED

27.4.1 Tensión

La tensión nominal del interruptor automático (disyuntor) debe ser superior o igual a la tensión entre fases de red.

27.4.2 Frecuencia

La frecuencia nominal del interruptor automático (disyuntor) debe corresponder a la frecuencia de red.

Los aparatos de algún fabricante como Merlin Gerin (Schneider) funcionan indiferentemente con la frecuencia de 50 ó 60 Hz en aplicaciones de uso corriente.

27.4.3 Cantidad de polos

El número de polos de un aparato de corte se define por las características de la aplicación (receptor mono o trifásico) y el tipo de puesta a tierra (corte del neutro con o sin protección).

27.4.4 Potencia de cortocircuito de la red

Es el aporte de todas las fuentes de generación de la red en el punto de suministro si allí se produjera un cortocircuito. Se expresa en MVA.

Es un dato a ser aportado por la compañía distribuidora:

El poder de corte del interruptor debe ser al menos igual a la corriente de cortocircuito susceptible de ser producida en el lugar donde él está instalado. La definición expresada posee una excepción, denominada Filiación, la cual se desarrolla más adelante.

27.5 INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO

Conocer el aporte al cortocircuito en un punto de la instalación es una condición excluyente para elegir un interruptor automático (disyuntor).

La magnitud de la I_{CC} es independiente de la carga, y sólo responde a las características del sistema de alimentación y distribución.

El valor de I_n está determinado por el consumo que experimenta la instalación o maquina conectadas aguas abajo.

En función de los datos disponibles se proponen dos alternativas para la determinación de la I_{CC} :

Los procedimientos de cálculo, han sido simplificados de forma que resultan casi de igual dificultad calcular las I_{CC} que la I_n de un sistema.

- Por cálculo
- Por tabla

En ambos casos, las hipótesis sobre las cuales se basan los cálculos son maximalistas, es decir que la I_{CC} real estará, normalmente, por debajo de la I_{CC} calculada.

27.5.1 Determinación de la I_{CC} por cálculo

El método consiste en:

- 1.- Hacer la suma de las resistencias y reactancias situadas aguas arriba del punto considerado.

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

$$X_T = X_1 + X_2 + X_3 + \dots$$

2.- Calcular

$$I_{CC} = \frac{U_0}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_T^2 + X_T^2}} \quad (\text{kA})$$

Donde:

U_0 = Tensión entre fases del transformador en vacío, lado secundario de baja tensión, expresada en Voltios (V).

R_T y X_T = Resistencia y reactancia total expresadas en miliohmios ($\text{m}\Omega$).

Tabla 27.1
Determinar resistencias y reactancias en cada parte de la instalación

Parte de la instalación	Valores a considerar ($\text{m}\Omega$)	Reactancias ($\text{m}\Omega$)
Red aguas arriba	$R_1 = Z_1 \cdot \cos \phi \cdot 10^{-3}$ $\cos \phi = 0.15$ $Z_1 = \frac{U^2}{P}$ $P = P_{cc}$ $P = P_{cc}$ de la red aguas arriba en MVA	$X_1 = Z_1 \cdot \sin \phi \cdot 10^{-3}$ $\sin \phi = 0.98$
Transformador	$R_2 = \frac{W_c \cdot U^2 \cdot 10^{-3}}{S^2}$ W_c = Pérdidas en el cobre S = Potencia aparente transformador (kVA)	$X_2 = \sqrt{Z_2^2 - R_2^2}$ $Z_2 = \frac{U_{cc} \cdot U^2}{100 \cdot S}$ U_{cc} = Tensión de cortocircuito del transformador
En cables	$R_3 = \frac{\rho \cdot L}{S}$ $\rho = 22.5$ (Cu), $L = \text{m}$, $S = \text{mm}^2$	$X_3 = 0.08 L$ (cable trifásico) $X_3 = 0.12 L$ (cable unipolar) L en metros
En barras	$R_3 = \frac{\rho \cdot L}{S}$ $\rho = 36$ (Al), $L = \text{m}$, $S = \text{mm}^2$	$X_3 = 0.15 L$ L en metros

La P_{CC} es un dato de la compañía distribuidora.

Si no es posible conocerla, una buena aproximación sería considerar $P_{CC} = \infty$. Entonces la I_{CC} queda sólo limitada por la Z_2 , que en porcentaje, es igual a la U_{CC} .

La U_{CC} del transformador es un dato que está fijado por las normas y los constructores deben ceñirse a ésta. Como ejemplo, la norma IRAM 2250 de la República de Argentina establece que para transformadores de distribución en baños de aceite entre 25 y 630 kVA, la $U_{CC} = 4\%$.

Para potencias normalizadas de 800 y 1000 kVA, la $U_{CC} = 5\%$.

En cambio la norma DIN 42500 Alemana señala que la U_{CC} de transformadores de 50, 100, (160), 200, (315), 400, (500), 630 kVA es $U_{CC} = 4\%$ y que para los transformadores de (800), 1000, (1250), 1600, (2000) y 2500 kVA es $U_{CC} = 6\%$. Los valores en paréntesis son no preferenciales.

Los transformadores con $U_{CC} = 4\%$ se usan principalmente en redes de distribución a objeto de tener la menor caída de tensión.

Los transformadores con $U_{CC} = 5\%$, 6% se usan preferentemente en redes industriales y redes de alta energía a objeto de limitar los esfuerzos de cortocircuito.

$$I_{CC} \text{ (kA)} = \frac{1}{Z_2 \%} \cdot U_{CC} \text{ (transformador) \%}$$

Tabla 27.2
Ejemplo

Parte de la instalación	Resistencias (m t)	Reactancias (m t)	Esquema
Red aguas arriba $P_{CC} = 5000 \text{ MVA}$	$R_1 = \frac{410^2}{500} \times 0.15 \times 10^{-3}$ $R_1 = 0.05$	$X_1 = \frac{410^2}{500} \times 0.98 \times 10^{-3}$ $X_1 = 0.33$	
Transformador $S = 630 \text{ kVA}$ $U_{CC} = 4\%$ $U = 410 \text{ V}$ $W_C = 6500$	$R_2 = \frac{6500 \times 410^2 \times 10^{-3}}{630^2}$ $R_2 = 2.75$	$X_2 = \sqrt{\frac{4}{100 \times 630}}$ $X_2 = 10.31$	
Unión T – M1 Cable Cu por fase 3 (1 x 150 mm ²) L = 1 m	$R_3 = \frac{22.5 \times 3}{150 \times 3}$ $R_3 = 0.15$	$X_3 = 0.12 \times 1$ $X_3 = 0.12$	
Interruptor rápido M1	$R_4 = 0$	$X_4 = 0$	
Unión M1 – M2 1 barra (Al) 1 (100 x 5 mm ²) por fase L = 2 m	$R_5 = \frac{36 \times 2}{500}$ $R_5 = 0.14$	$X_5 = 0.15 \times 2$ $X_5 = 0.30$	
Interruptor rápido M2	$R_6 = 0$	$X_6 = 0$	
Unión TGBT – M3 Cable Cu por fase 1 (1 x 185 mm ²) por fase L = 70 m	$R_7 = \frac{22.5 \times 70}{185}$ $R_7 = 8.51$	$X_7 = 0.12 \times 70$ $X_7 = 8.40$	

Tabla 27.3

Cálculo de las I_{CC} en kA $I_{CC} = Z \frac{U_0}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_T^2 + X_T^2}}$

	Resistencia (m t)	Reactancia (m t)	I_{CC} (kA)
M1	$R_{t1} = R_1 + R_2 + R_3$ $R_{t1} = 2.95$	$X_{t1} = X_1 + X_2 + X_3$ $X_{t1} = 10.76$	$\frac{410}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(2.95)^2 + (10.73)^2}} = 21.22 \text{ kA}$
M2	$R_{t2} = R_{t1} + R_4 + R_5$ $R_{t2} = 3.09$	$X_{t2} = X_{t1} + X_4 + X_5$ $X_{t2} = 11.06$	$\frac{410}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(3.09)^2 + (11.06)^2}} = 20.61 \text{ kA}$
M3	$R_{t3} = R_{t2} + R_6 + R_7$ $R_{t3} = 11.6$	$X_{t3} = X_{t2} + X_6 + X_7$ $X_{t3} = 19.46$	$\frac{410}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(11.6)^2 + (19.46)^2}} = 10.45 \text{ kA}$

27.5.2 Determinación de la I_{CC} por tabla

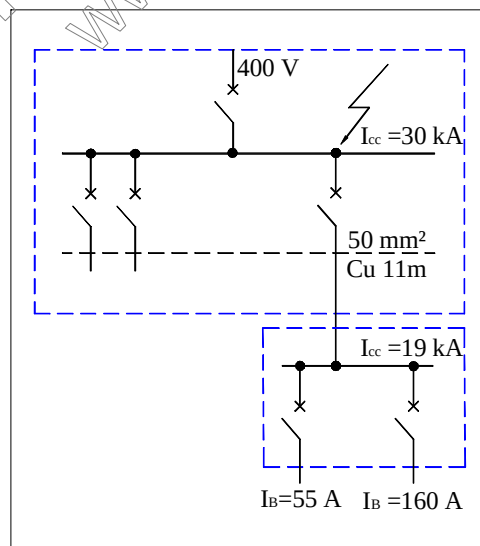
La Tabla 27.4, de doble entrada, da rápidamente una buena evaluación de la I_{CC} aguas abajo en un punto de la red, conociendo:

- La tensión de la red (400 V)
- La I_{CC} aguas arriba
- La longitud, sección y constitución del cable hacia aguas abajo.

Ejemplo:

En el siguiente circuito vemos cómo determinar la I_{CC} aguas abajo teniendo aguas arriba un aporte de I_{CC} cuyas características son:

Esquema 27.2



Entrando en la Tabla 27.4 con los siguientes valores:

Sección del conductor por fase = 50 mm²

Longitud de la canalización = 11 m.

I_{CC} = 30 kA aguas arriba

Obtenemos el valor de 19 kA perteneciente a una I_{CC} aguas abajo, como se observa claramente en el Esquema 27.2.

Tabla 27.4

Sección de los conductores de Cu por fase (en mm²)	Longitud de la canalización (en m)															
1.5														0.8	1	1.3
2.5														1	1.3	2.1
4													0.8	1.7	2.1	3.5
6													1.3	2.5	3	5
10										0.8	1.1	2.1	4	5.5	6.5	8.5
16								0.9	1	1.4	1.7	3.5	7	8.5	10	14
25							1	1.3	1.6	2.1	2.6	5	10	13	16	21
35							1.5	1.9	2.2	3	3.5	7.5	15	19	22	30
50						1.1	2.1	2.7	3	4	5.5	11	21	27	32	40
70						1.5	3	3.5	4.5	6	7.5	15	30	37	44	60
95				0.9	1	2	4	5	6	8	10	20	40	50	60	80
120		0.9	1	1.1	1.3	2.5	5	6.5	7.5	10	13	25	50	65	75	100
150	0.8	1	1.1	1.2	1.4	2.7	5.5	7	8	11	14	27	55	70	80	110
185	1	1.1	1.3	1.5	1.6	3	6.5	8	9.5	13	16	32	65	80	95	130
240	1.2	1.4	1.6	1.8	2	4	8	10	12	16	20	40	80	100	120	160
300	1.5	1.7	1.9	2.2	2.4	5	9.5	12	15	19	24	49	95	120	150	190
2 x 120	1.5	1.8	2	2.3	2.5	5.1	10	13	15	20	25	50	100	130	150	200
2 x 150	1.7	1.9	2.2	2.5	2.8	5.5	11	14	17	22	28	55	110	140	170	220
2 x 185	2	2.3	2.6	2.9	3.5	6.5	13	16	20	26	33	65	130	160	200	260
3 x 120	2.3	2.7	3	3.5	4	7.5	15	19	23	30	38	75	150	190	230	300
3 x 150	2.5	2.9	3.5	3.5	4	8	16	21	25	33	41	80	160	210	250	330
3 x 185	2.9	3.5	4	4.5	5	9.5	20	24	29	39	49	95	190	240	290	390
I _{CC} aguas arriba (en kA)	I _{CC} aguas abajo (kA)															
100	94	94	93	92	91	83	71	67	63	56	50	33	20	17	14	11
90	85	85	84	83	83	76	66	62	58	52	47	32	20	16	14	11
80	76	76	75	74	74	69	61	57	54	49	44	31	19	16	14	11
70	67	67	66	66	65	61	55	52	49	45	41	29	18	16	14	11
60	58	58	57	57	57	54	48	46	44	41	38	27	18	15	13	10
50	49	48	48	48	48	46	42	40	39	36	33	25	17	14	13	10
40	39	39	39	39	39	37	35	33	32	30	29	22	15	13	12	9.5
35	34	34	34	34	34	33	31	30	29	27	26	21	15	13	11	9
30	30	29	29	29	29	28	27	26	25	24	23	19	14	12	11	9
25	25	25	25	24	24	24	23	22	22	21	20	17	13	11	10	8.5
20	20	20	20	20	20	19	19	18	18	17	17	14	11	10	9	7.5
15	15	15	15	15	15	15	14	14	14	13	13	12	9.5	8.5	8	7
10	10	10	10	10	10	10	9.5	9.5	9.5	9.5	9	8.5	7	6.5	6.5	5.5
7	7	7	7	7	7	7	7	7	6.5	6.5	6.5	6	5.5	5	5	4.5
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4.5	4	4	4	3.5
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3.5	3.5	3.5	3	3
3	3	3	3	3	3	3	3	3	2.9	2.9	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7

CAPITULO 28

DIMENSIONAMIENTO DE CIRCUITO DE MOTORES

Zeon PDF Driver
www.zeon.com.tw

CAPITULO 28

DIMENSIONAMIENTO DE CIRCUITOS DE MOTORES

28 1 GENERALIDADES

Los tipos más usuales de motores eléctricos son:

- a) **Motores de corriente continua.**- Son motores de costo elevado y necesitan una fuente de corriente continua y rectificada; pueden funcionar con velocidades ajustables entre límites Amplios y se prestan a controles de gran flexibilidad y presión; su uso está restringido a aplicaciones en que esas propiedades son exigidas como es el caso de tracción eléctrica, procesos automáticos de producción.
- b) **Motores de corriente alterna.**- Son los más usados, toda vez que la distribución de energía eléctrica es normalmente hecha en corriente alterna, los motores pueden ser:
 - **Síncronos:** Funcionan con velocidad fija, utilizados para grandes potencias (debido a su alto costo en tamaños menores) o cuando se necesita de velocidad constante; gracias a su factor de potencia elevada y variable es también usado en la corrección de factor de potencia, necesita de una fuente de corriente continua o rectificada para su excitación además de exigir un equipamiento de control complejo.
 - **De inducción:** Que funcionan con velocidad prácticamente constante, variado ligeramente con la carga mecánica aplicada a su eje debido a su gran simplicidad robusta y bajo costo, es el motor utilizado (principalmente la jaula de ardilla), siendo adecuada para casi todos los tipos de máquinas.
- c) **Motores universales.**- También llamamos diásincronos, funcionan con corriente continua o alterna y tienen su aplicación típica en los aparatos electrodomésticos.

En un motor eléctrico:

- La potencia nominal es la potencia de salida, esto es, la potencia mecánica en el eje del motor; la potencia nominal P_N es expresado generalmente en kW, cv o eventualmente en H.P. La potencia (eléctrica) de entrada dada generalmente en kW, es igual a la potencia nominal (en kW) dividida por el rendimiento del motor (η).
- La corriente nominal de los motores de corriente alterna está dada por las siguientes relaciones:

$$\text{a) Monofásicos:} \quad I_N = \frac{P_N \times 10^3}{V_N \cos \phi_N} \quad (\text{A})$$

$$\text{b) Trifásico:} \quad I_N = \frac{P_N \times 10^3}{\sqrt{3} V_N \cos \phi_N} \quad (\text{A})$$

Siendo:

V_N = Tensión nominal de línea del motor en (V),

$\cos \phi_N$ = Factor de potencia nominal.

- La corriente nominal de los motores de corriente continua está dada por la siguiente relación:

$$I_N = \frac{P_N}{V_N} \quad (\text{A})$$

La corriente consumida por un motor varía bastante con las circunstancias. En la mayoría de los motores, la corriente en el instante de la partida, corriente de arranque, I_a es muy elevada (se puede tener I_a/I_N con valores superiores a 8), cayendo gradualmente (en algunos segundos) con el aumento de la velocidad hasta los valores nominales.

28.2 CARACTERÍSTICAS NOMINALES DE LOS MOTORES DE INDUCCIÓN

Los motores eléctricos deben poseer una placa de identificación, que indique sus principales características nominales. En el caso de motores de inducción, la placa debe tener las siguientes informaciones:

- Nombre y datos del fabricante
- Modelo
- Potencia nominal (cv o kW)
- Monofásico o trifásico
- Tensiones nominales (V)
- Frecuencia nominal (Hz)
- Categoría
- Corriente(s) nominal(es) (A)
- Velocidad nominal (r.p.m.)
- Factor de servicio
- Clase de aislamiento
- Letra-código
- Régimen
- Grado de protección
- Conexiones.

Las características que son condiciones usuales de servicio (no están en la placa) son:

- a) Medio refrigerante (en general aire) de temperatura no superior a 40° C y exento de elementos perjudiciales al motor.
- b) Localización en la sombra
- c) Altitud no superior a 1000 m.

Las condiciones que no se encuadran en las usuales son las llamadas condiciones especiales de servicio, entre las que se puede destacar:

- Ambientes con elementos perjudiciales al motor tales como humedad excesiva, polvo, vapores, ambiente corrosivo, etc.
- Funcionamiento en locales polvorosos o sea conteniendo partículas.
- Exposición a choques o vibraciones anormales o basculamiento, provenientes de lentes externos.
- Funcionamientos en ambientes poco ventilados.
- Exposición a temperaturas superiores a 40° C o inferiores a 10° C.
- Funcionamiento en altitudes superiores a 1000 m.

Pasando a analizar los datos de la placa, tenemos:

- a) **El modelo del motor.**- Indicada por un número, es la referencia del fabricante para el registro de las características nominales y detalles constructivos.
- b) **La potencia nominal.**- Es la potencia que el motor puede suministrar dentro de sus características nominales, en forma permanente.

- c) **La tensión nominal.**- Es la tensión de la red para el cual el motor fue proyectado. Por las normas, el motor debe funcionar satisfactoriamente con tensiones de hasta $\pm 10\%$ de la tensión nominal. La gran mayoría de los motores se suministran con terminales que pueden ser conectadas de manera que puedan funcionar con por lo menos dos tensiones distintas, las tensiones más usuales son: 220, 380, 440 y 760 V.
- d) **La frecuencia nominal.**- Es la frecuencia del sistema para el cual el motor fue proyectado. De acuerdo con las normas los motores deben funcionar satisfactoriamente con frecuencia de hasta $\pm 5\%$.
- e) **La categoría del motor.**- Es indicada por una letra normalizada y define las limitaciones del par (máximo y de partida) y de la corriente de arranque estipuladas por la norma. La categoría define el tipo de curva de par x velocidad para que el motor sea adecuado a las características de carga accionada.
- f) **La corriente nominal.**- Es la corriente absorbida cuando el motor funciona a la potencia nominal, sobre tensión y frecuencia nominal.
- g) **La velocidad nominal.**- Es la velocidad del motor cuando suministra la potencia nominal, sobre tensión y frecuencia nominal.
- h) **El factor de servicio.**- Es el factor que aplicado a la potencia nominal, indica una sobrecarga admisible que puede ser utilizada continuamente, así por ejemplo, un motor de 50 cv y factor de servicio de 1.1 puede suministrar continuamente a una carga la potencia de:

$$50 \times 1.1 = 55 \text{ [cv]}$$

- i) **La clase de aislamiento.**- Indicada por una letra normalizada, identifica el tipo de materiales aislantes empleados en el arrollamiento del motor, las clases de aislamiento se definen por el respectivo límite de temperatura y son los siguientes:

A	-	105° C
E	-	120° C
B	-	130° C
F	-	155° C
H	-	180° C

La temperatura del punto más caliente del arrollamiento debe ser mantenida bajo el límite de la clase. La tabla 28.1, indica la composición de temperatura para las diferentes clases.

Tabla.28.1
Composición de la temperatura en función de la clase de aislamiento

Clase de aislamiento	A	E	B	F	H
Temperatura ambiente	40	40	40	40	40
Elevación máxima de temperatura °C	60	75	80	100	125
Diferencia entre el punto más caliente y la temperatura media °C	5	5	10	15	15
Total (Temperatura del punto más caliente) °C	105	120	130	155	180

- j) **La letra código** (o código de partida).- Es una indicación normalizada, a través de una letra, de la potencia del motor a rotor bloqueado, sobre tensión nominal.

La letra código de la relación aproximada de los kVA consumidos por cv con rotor bloqueado. Evidentemente el motor nunca funciona en esas condiciones, excepto en el instante de la partida y esta situación solo se mantiene hasta que comience a girar.

Tabla.28.2
Letras-código y relaciones kVA/cv con rotor bloqueado

Letras-código	kVA/cv
A	Menos de 3.14
B	3.15 – 3.54
C	3.55 – 3.99
D	4.00 – 4.49
E	4.50 – 4.99
F	5.00 – 5.59
G	5.60 – 6.29
H	6.30 – 7.09
J	7.10 – 7.99
K	8.00 – 8.99
L	9.00 – 9.99
M	10.00 – 11.19
N	11.20 – 12.49
P	12.50 – 13.99
R	14.00 – 15.99
S	16.00 – 17.99
T	18.00 – 19.99
U	20.00 – 22.39
V	Más de 22.40

Se puede escribir para la corriente de arranque:

$$I_a = \frac{P_N \times \text{kVA/cv} \times 10^3}{\sqrt{3} \times V_N} \quad (\text{A})$$

Ejemplo:

Un motor trifásico jaula de ardilla de:

$P_N = 3 \text{ (cv)},$

$V = 220 \text{ (V)},$

$\cos \phi = 0.83,$

$\eta = 78\%$

Letra de código J,
su corriente nominal será:

$$I_N = \frac{3 \times 0.736 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.83 \times 0.78} = 8.95 \text{ (A)}$$

De la Tabla 28.2 vemos que, para la letra código J, los kVA/cv varía de 7.10 a 7.99, tomando el valor medio de 7.55, vemos que:

$$I_a = \frac{3 \times 7.55 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 220} = 59.6 \text{ (A)}$$

- k) **El régimen.-** Es el grado de regularidad de la carga a que el motor es sometido. Los motores normales son proyectados para régimen continuo, esto es funcionamiento con carga constante, igual a la potencia nominal del motor, por tiempo indefinido. Las normas prevén varios tipos de regímenes de funcionamiento.
- l) **El grado de protección.-** Es un número normalizado, formado por las letras IP seguidos de un número de dos cifras que define el tipo de protección del motor contra la entrada de agua o de objetos extraños.

La placa de características del motor contiene también un diagrama de conexiones a fin de permitir la conexión correcta del motor al sistema.

Es importante que el motor eléctrico tenga un alto rendimiento, no solo porque eso significa pérdidas reducidas y, por lo tanto menor calentamiento, sino también porque cuanto mayor es el rendimiento menor es el consumo de energía eléctrica, lo que significa economía.

Tabla 28.3
Rendimiento η en función de la carga

Porcentaje % de carga				
125	100	75	50	25
96	96	96	94	90
95	95	95	93	88
94	94	93	92	86
93	93	93	91	85
92	92	92	90	84
91	91	91	89	82
90	90	90	87	80
89	89	89	86	79
88	88	88	85	78
86	87	87	85	78
85	86	86	84	77
84	85	85	84	77
83	84	84	83	76
82	83	83	81	74
81	82	82	80	73
79	81	81	80	72
78	80	80	79	70
77	79	79	78	69
76	78	78	76	69
75	77	77	75	68
74	76	76	74	67
73	75	75	73	66
72	74	74	72	64
71	73	73	71	63
70	72	72	69	61
69	71	71	68	59
68	70	70	67	58
67	69	69	66	57

Tabla 28.4
Factor de potencia ($\cos \phi$) en función de la carga

Porcentaje % de carga				
125	100	75	50	25
0.94	0.94	0.92	0.88	0.74
0.93	0.93	0.92	0.88	0.68
0.92	0.92	0.89	0.84	0.65
0.91	0.91	0.86	0.82	0.64
0.90	0.90	0.87	0.80	0.63
0.89	0.89	0.86	0.79	0.60
0.88	0.88	0.85	0.78	0.58
0.88	0.87	0.84	0.77	0.57
0.87	0.86	0.83	0.75	0.55
0.86	0.85	0.82	0.73	0.53
0.86	0.84	0.81	0.72	0.51
0.85	0.83	0.80	0.70	0.49
0.85	0.82	0.78	0.67	0.47
0.83	0.81	0.76	0.66	0.45
0.82	0.80	0.75	0.65	0.43
0.82	0.79	0.73	0.63	0.42
0.79	0.78	0.73	0.60	0.41
0.78	0.77	0.72	0.59	0.40
0.78	0.76	0.70	0.58	0.38
0.77	0.75	0.69	0.56	0.36
0.76	0.74	0.67	0.54	0.36
0.75	0.73	0.66	0.52	0.35
0.74	0.72	0.65	0.51	0.34
0.73	0.71	0.64	0.50	0.34
0.72	0.70	0.63	0.48	0.33
0.71	0.69	0.62	0.47	0.33
0.70	0.68	0.61	0.45	0.33

Tabla.28.5
Características nominales de motores trifásicos jaula de ardilla
1800 x r.p.m.z, 50 x Hz.z

Potencia nominal (cv)	Velocidad manual (r.p.m.)	Corriente nominal In (A)		Relación Ia/In	Rendimiento η (B)	Factor de Potencia $\cos \phi_n$	Factor de servicio
		220 (V)	380 (V)				
0.33	1.720	1.5	0.9	4.3	60	0.66	1.25
0.5	1.720	2.5	1.2	4.0	63	0.70	1.25
0.25	1.725	3.0	1.7	5.7	69	0.70	1.25
1	1.720	4.2	2.5	5.6	66	0.70	1.25
1.5	1.725	5.2	3.0	6.3	75	0.75	1.2
2	1.725	6.8	4.0	7.1	76	0.75	1.2
3	1.730	9.5	5.5	6.5	76	0.80	1.15
4	1.740	12	7.0	6.5	79	0.82	1.15
5	1.740	15	8.5	6.4	79	0.82	1.15
6	1.740	17	10	6.0	81	0.84	1.15
7.5	1.745	21	12	5.5	82	0.84	1.15
10	1.745	28	16	7.0	82	0.84	1.15
12.5	1.745	34	19	6.4	84	0.55	1
15	1.760	40	23	5.8	84	0.86	1.15
20	1.765	52	30	7.5	86	0.86	1.15
25	1.765	65	38	6.5	86	0.86	1.1
30	1.765	75	44	7.0	89	0.87	1.1
40	1.770	105	60	6.5	86	0.86	1.1
50	1.770	130	75	6.2	86	0.86	1.1
60	1.780	145	85	7.0	90	0.90	1
75	1.780	175	100	7.0	92	0.90	1
100	1.780	240	140	7.1	90	0.90	1
125	1.780	290	165	7.0	93	0.90	1
150	1.780	360	210	7.0	91	0.90	1
200	1.780	480	280	7.0	90	0.90	1
250	1.780	600	350	7.0	91	0.89	1

28.3 “LAYOUTS” Y COMPONENTES DE LOS CIRCUITOS DE MOTORES

Básicamente existen tres layouts clásicos (disposiciones) para la conexión de motores, esquematizados en el Esquema 28.1-a), b), c).

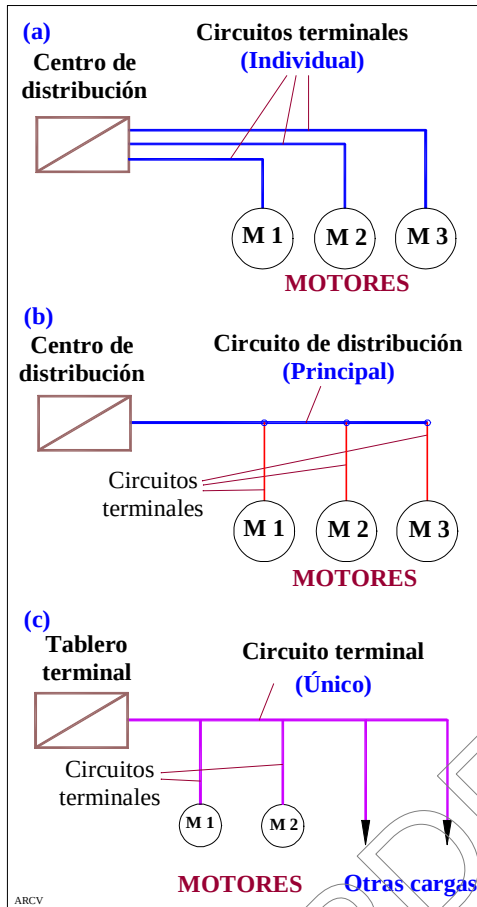
TIPO-a) Circuitos terminales individuales uno por cada motor partiendo de un centro de distribución, es el caso más común.

TIPO-b) Circuito de distribución principal conteniendo derivaciones, la diferencia entre este tipo y el tipo-a, es que aquí los dispositivos de protección están localizados en los puntos de derivación.

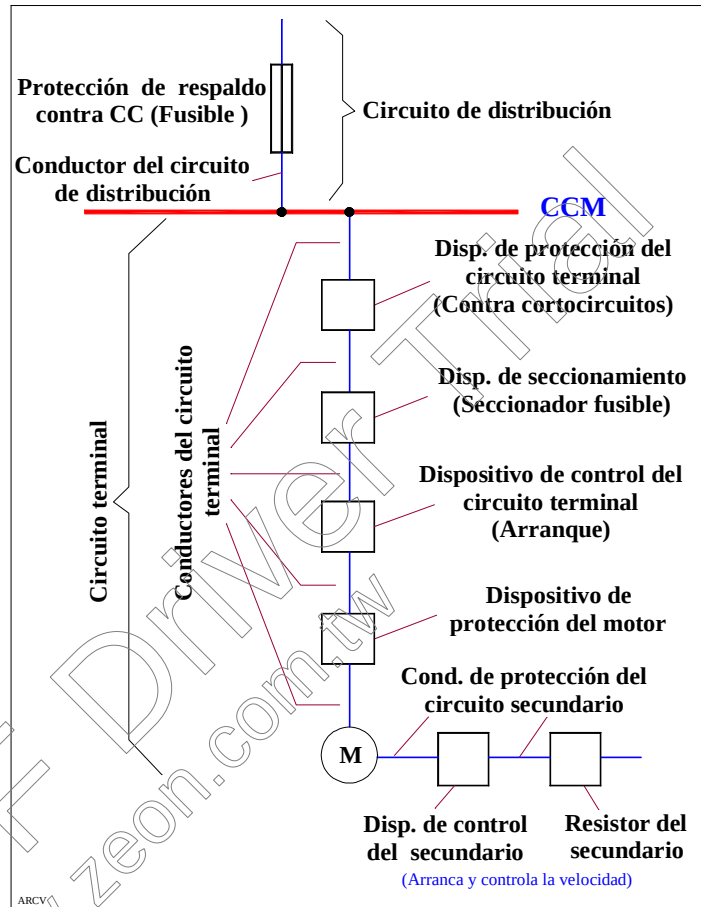
TIPO-c) Circuito terminal único sirviendo a varios motores (de pequeño tamaño y otras cargas).

El Esquema 28.2 muestra esquemáticamente los diversos componentes de los circuitos de motores.

Esquema 28.1
“LAYOUT” Clásicos para la conexión de motores



Esquema 28.2
Componentes de los circuitos de motores



1) Conductores del circuito terminal

Son los conductores que van desde el cuadro terminal o CCM (layout tipo-a), o desde el circuito de distribución (layout tipo-b) hasta el motor.

2) Dispositivo de protección del circuito terminal

Es el dispositivo que tiene por función proteger los conductores del circuito terminal, del dispositivo de control del motor contra los cortocircuitos

3) Dispositivo de seccionamiento

Se destina a desconectar el circuito terminal y el dispositivo de control del motor.

4) Dispositivo de control

Es el dispositivo cuya finalidad principal es arrancar y parar el motor.

5) Dispositivo de protección del motor

Se destina a proteger el motor y por extensión al dispositivo de control y los conductores del circuito terminal contra sobrecargas.

6) Conductores de protección del motor

Son los conductores que en los motores de anillos rozantes, conectan el motor al dispositivo de control y los resistores del secundario.

7) Dispositivo de control y resistores del secundario

Son los dispositivos que en el motor de anillos rozantes tienen por finalidad arrancar al motor y controlar su velocidad.

8) Conductores del circuito de distribución

Son los conductores que alimentan el cuadro terminal o CCM (layout tipo-a) o directamente los circuitos terminales (layout tipo-b)

9) Protección de respaldo

Es el dispositivo que protege el circuito de distribución contra los cortocircuitos.

28.3.1 Conductores de alimentación

El dimensionamiento de los conductores que alimentan motores, sean de los circuitos terminales o sean de los circuitos de distribución, debe ser siempre basada en la corriente nominal de los motores.

Los conductores de un circuito terminal para la alimentación de un único motor deben tener una capacidad de conducción de corriente, en caso de utilizarse en régimen continuo, del 125% por lo menos de la corriente nominal (I_M) del motor.

Para conductores que alimentan dos o más motores

$$I_c \geq 1.25 \cdot I_{M1} + \sum_{i=2}^n I_{Mi}$$

Donde:

I_{M1} = Corriente nominal mayor (A)

Cuando algún motor del grupo se usara en régimen no continuo, la corriente de ese motor, para el cálculo indicado arriba, debe obtenerse su valor multiplicando la corriente nominal del motor por el correspondiente factor de ciclo de servicio dado en la siguiente Tabla 28.6:

Tabla.28.6
Factor del ciclo de servicio

Clasificación de servicio	Tiempo de servicio nominal del motor	5 minutos	15 minutos	30 a 60 minutos	Continuo
Corto:	(Operación de válvulas, actuación de contactos, etc.)	1.10	1.20	1.50	
Intermitente:	(Ascensores, montacargas, maquinas, herramientas, bombas, etc.)	0.85	0.85	0.90	1.40
Periódicas:	(Laminadoras, molinos, etc.)	0.85	0.90	0.95	1.40
Variable		1.10	1.20	1.50	2.00

Para el caso de conductores que alimentan motores y además de ellas, cargas de iluminación otros aparatos, deben tener la siguiente capacidad de conducción de corriente: (NEC 430-25).

$$I_c [1.25 I_{M1} H \sqrt[n]{\sum_{i=2}^n I_{Mi}^n} H g \frac{P_L}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \phi_L}]$$

Donde.

- P_L = Potencia instalada de las cargas que no son motores,
 g = Factor de demanda aplicable,
 $\cos \phi_L$ = Factor de potencia

28.4 PROTECCION CONTRA LAS SOBRECARGAS (Cerca del motor)

Los motores utilizados en régimen continuo deben ser protegidos contra las sobrecargas por un dispositivo integrante del motor o por un dispositivo independiente. En el caso de ser usado un dispositivo independiente su corriente nominal o de ajuste debe ser igual o inferior al valor obtenido.

$$I_{sc} \hat{=} K_1 I_M$$

Donde.

K_1 = Es el factor que vale 1.25, para motores con factor de servicio igual o superior a 1.15 o con elevación de temperatura permisible igual o inferior a 40° C, o 1.15, para los demás tipos de motores.

Como dispositivos independientes se pueden usar relés térmicos, fusibles o disyuntores.

Los dispositivos integrantes del motor para protección contra sobrecargas se colocan en la carcasa del motor en serie de los arrollamientos y contienen un disco bimetálico con contactos. Según la NEC, la operación del dispositivo debe darse con una corriente que no exceda los siguientes porcentajes de la corriente nominal del motor.

- Motor con corriente nominal no superior a 9 A; 170%
- Motor con corriente nominal de 9,1 A a 20 A (inclusive); 156%
- Motor con corriente nominal encima de 20 A; 140%.

Cuando haya varios motores y eventualmente, otras cargas alimentadas por un único circuito, todos los motores deberán ser protegidos individualmente contra las sobrecargas.

28.5 PROTECCION CONTRA CORTOCIRCUITOS

La protección de los motores contra los cortocircuitos debe efectuarse por los dispositivos de protección de los circuitos terminales.

Cuando solo un motor sea alimentado por un circuito terminal, la corriente nominal o de ajuste del dispositivo de protección del circuito, debe ser igual o inferior a los valores obtenidos de multiplicar la corriente a plena carga por los valores indicados en la Tabla 28.7, es decir.

$$I_{cc} \text{ á } K_2 I_M$$

Donde.

K_2 = Factor obtenido de la Tabla 28.7,

I_M = Corriente nominal del motor (A),

I_{cc} = Corriente nominal o de ajuste del dispositivo (A).

Tabla 28.7

Factor a aplicar a la corriente a plena carga de motores, para obtener la corriente nominal o de ajuste máxima de los dispositivos de protección de los circuitos terminales

Tipo de motor	Tipo de dispositivo de protección	Factor			
		Dispositivo fusible sin retardo	Dispositivo fusible retardado	Disyuntor de apertura instantánea (magnético)	Disyuntor de tiempo inverso (térmico)
Monofásico sin letra de código		3.00	1.75	7.00	2.50
Monofásico o polifásico, jaula de ardilla o síncrono, con partida a plena tensión, por medio de resistor o reactor					
- Sin letra código		3.00	1.75	7.00	2.50
- Letra código F hasta V		3.00	1.75	7.00	2.50
- Letra código B hasta E		2.50	1.75	7.00	2.50
- Letra código A		1.50	1.75	7.00	1.00
Síncrono o jaula de ardilla con partida por medio de un autotransformador.					
- Sin letra código y corriente nominal igual o inferior a 20 A.		2.50	1.75	7.00	2.00
- Sin letra código y corriente nominal superior a 30 A.		2.00	1.75	7.00	2.00
- Letra código F hasta V		2.50	1.75	7.00	2.00
- Letra código B hasta E		2.00	1.75	7.00	2.00
- Letra código A		1.50	1.75	7.00	1.50
Jaula de ardilla con alta reactancia (sin letra código)					
- Corriente nominal inferior a 30 A		2.50	1.75	7.00	2.50
- Corriente nominal superior a 30 A		2.00	1.75	7.00	2.00
De anillos rozantes (sin letra código)		1.50	1.50	7.00	1.50
De corriente continua (sin letra código) potencia suministrada nominal igual o inferior a 35 KW (50 cv).		1.50	1.50	2.50	1.50
Potencia suministrada nominal superior a 37 KW (50 cv).		1.50	1.50	1.75	1.50

Cuando el valor de la corriente nominal o de ajuste, determinado a través de la Tabla 28.7, no fuese suficiente para permitir el arranque del motor, se puede aumentar hasta n valor adecuado siempre que no exceda la corriente nominal del motor, los siguientes valores:

- 400% para los dispositivos fusibles no retardados, hasta un límite de 600 A.
- 225% para los dispositivos fusible retardados.
- 1300% para disyuntores de apertura instantánea.
- 400% en el caso de corrientes nominales iguales o inferiores a 100 A.
- 300% en el caso de corrientes nominales superiores a 100 A., para disyuntores de tiempo inverso.

Cuando haya varios motores y cargas alimentadas por un único circuito terminal, la protección contra los cortocircuitos debe ser efectuada por uno de los siguientes medios:

- a) Utilizando un dispositivo de protección contra cortocircuitos del circuito terminal, capaz de proteger adecuadamente el motor de menor corriente nominal y que no actúe indebidamente en cualquier condición anormal de carga del circuito.
- b) Utilizando una protección individual adecuada en las derivaciones de cada motor.

28.6 PROTECCION DE RESPALDO

Un circuito de distribución que alimente circuitos terminales con motores debe ser protegido por un dispositivo de protección contra cortocircuitos, con una corriente nominal o de ajuste igual o inferior a la suma de:

- La mayor corriente nominal o de ajuste, de los dispositivos de protección de los circuitos terminales de los motores, mas
- La corriente nominal de los demás motores, mas
- La corriente nominal de las demás cargas.

Así un circuito que alimente a circuitos terminales de motores, nos da una corriente nominal o de ajuste del dispositivo de protección igual a:

$$I_R \geq I_{CC1} + \sum_{i=2}^n I_{Mi}$$

28.7 SECCIONAMIENTO

Los dispositivos de seccionamiento deben seccionar tanto los motores cuanto los dispositivos de control, y su posición (abierto o cerrado) debe ser claramente indicada.

En el caso general la corriente nominal del dispositivo debe ser igual o mayor a 115% de la corriente nominal del motor.

$$I_s \geq 1.15 \cdot I_M$$

La NEC admite que para motores estacionarios de 1/8 Hp, o menos que el dispositivo de protección del circuito terminal funcione como dispositivo de seccionamiento. Para motores de 2 Hp, o menos de tensión nominal 300 V o menos, puede usarse un interruptor de uso general con corriente nominal igual o superior al doble de la corriente nominal del motor.

Cuando el dispositivo de seccionamiento no esta visible, debe tomarse en cuenta las siguientes prescripciones:

- a) El dispositivo de seccionamiento debe poderse trabar en la posición abierta.
- b) Un dispositivo adicional de seccionamiento manual debe colocarse a la vista del motor.

Ejemplo:

Un motor trifásico, jaula de ardilla, 30 cv, 380 V, 1800 r.p.m., 50 Hz, funcionamiento continuo, partida a plena tensión.

- a) De la Tabla 28.5 obtenemos:

$$I_M = 44 \text{ [A]}$$

$$I_a/I_M = 7.0$$

Factor de servicio 1.1

- b) Letra código equivalente:

$$I_a \geq \frac{P_N \text{ [cv]} \times 70 \text{ [kVA / cv]} \times 10^3}{\sqrt{3} \times V_N} \text{ (A)}$$

despejando y remplazando tenemos:

$$\text{[kVA / cv]} \geq \frac{\sqrt{3} \times 380 \times 44 \times 70}{30 \times 10^3} \geq 6.76$$

de la Tabla 28.2 obtenemos que la letra código es H.

- c) Capacidad de conducción de los conductores del circuito terminal.

$$I_{CT} \geq 1.25 \times 44$$

$$I_{CT} \geq 55 \text{ [A]}$$

- d) Protección del motor contra sobre cargas ($K_1 = 1.15$)

$$I_{SC} \leq 1.15 \times 44$$

$$I_{SC} \leq 50.6 \text{ [A]}$$

- e) Protección del circuito terminal contra cortocircuitos admitido la utilización de dispositivo fusible retardado, de la tabla 28.7, obtenemos:

$$K_2 = 1.75$$

$$I_{CC} \leq 1.75 \times 44$$

$$I_{CC} \leq 77 \text{ [A]}$$

- f) Dispositivos de seccionamiento

$$I_s \geq 1.15 \times 44$$

$$I_s \geq 50.6 \text{ [A]}$$

CAPITULO 29

COMANDO Y PROTECCION DE POTENCIA

Zeon PDF Driver
www.zeon.com.tw

CAPITULO 29

COMANDO Y PROTECCION DE POTENCIA

29.1 GENERALIDADES

En general, cuando las cargas son motores que accionan máquinas u otros tipos de receptores que requieren un funcionamiento automático o semiautomático, o cuando la orden de funcionamiento se les debe impartir desde un lugar distinto al de su instalación, nos apartamos del ámbito estricto de la Distribución de Baja Tensión. Una salida motor o arrancador es la que asume la mayor cantidad de funciones.

29.2 FUNCIONES DE UNA SALIDA MOTOR

La norma IEC 947 define cuatro funciones:

29.2.1 Seccionamiento

Es una función de seguridad, que contempla los elementos para aislar eléctricamente los circuitos de potencia y comando con respecto a la alimentación general.

29.2.2 Protección contra cortocircuitos

Un cortocircuito se manifiesta por un aumento excesivo de corriente, que alcanza en pocos milisegundos un valor igual a centenas de veces la corriente de empleo. Supongamos un conductor de una resistencia de $1\text{ M}\Omega$ atravesado por una corriente eficaz de 50 kA durante 10 ms. La energía disipada de 2500 Joules corresponde a una potencia de 250kW.

Los efectos térmicos sobre los constituyentes de la salida provocan las siguientes consecuencias:

- Fusión de contactos del contactor, de los arrollamientos del relé térmico, de las conexiones y de los cables.
- Calcinación de materiales aislantes.

Los dispositivos de protección deben detectar el defecto e interrumpir el circuito muy rápidamente. Sí es posible, antes de que la corriente llegue a su valor máximo, como es el caso de los interruptores automáticos limitadores y los Guardamotors magnéticos.

29.2.3 Protección contra sobrecargas

La sobrecarga es el defecto más frecuente sobre las máquinas. Se manifiesta por un aumento de la corriente absorbida por el motor y por sus efectos térmicos.

Por ejemplo, la vida de un motor es reducida en un 50 % si su temperatura de funcionamiento (definida por su clase de aislación) se sobrepasa en 10°C de manera permanente.

Según el nivel de protección deseado y la categoría de empleo del receptor, la protección contra sobrecargas se puede realizar por:

- Relés térmicos con bimetálico, que son los aparatos más utilizados.

Deben poseer funciones tales como:

- Insensibilidad a las variaciones de temperatura ambiente (compensados).
- Sensibilidad a la pérdida de una fase (evitan la marcha en monofásico del motor).
- Protección por rotor bloqueado o arranque prolongado, definido por la clase de la protección térmica (clase 10, 20 ó 30).

- Relés a sondas por termistancia (PTC), que controlan en forma directa la temperatura del bobinado estatórico.
- Relés electrónicos multifunción, que proveen por lo general la protección considerando las curvas de calentamiento del hierro y del cobre, además de disponer de entradas para sondas por termistancias y funciones adicionales.

La clase de un relé térmico esté dada por el tiempo máximo en segundos que puede durar el arranque de un motor sin que el relé dé la orden de apertura.

Generalmente se definen relés clase 10, 20 ó 30.

29.2.4 Conmutación

La conmutación consiste en establecer, cortar, y en el caso de variación de velocidad, regular la corriente absorbida por un motor.

Según las necesidades, esta función está asegurada por productos:

- Electromecánicos: contactores, arrancadores combinados.
- Electrónicos: arrancadores progresivos, variadores de velocidad.

El contactor electromagnético es un aparato mecánico de conexión comandado por un electroimán. Cuando la bobina del electroimán está alimentada el contactor se cierra, estableciendo por intermedio de los polos el circuito entre la red de alimentación y el receptor.

Los contactores son aparatos robustos que pueden ser sometidos a exigentes cadencias de maniobras con distintos tipos de cargas. La norma IEC 947-4 define distintos tipos de categorías de empleo que fijan los valores de la corriente a establecer o cortar mediante contactores.

Citaremos solamente las categorías para circuitos de potencia con cargas en CA, sabiendo que existen categorías similares para CC y circuitos de control en CA y CC.

a) Categoría AC1

Se aplica a todos los aparatos de utilización en corriente alterna (receptores), cuyo factor de potencia es al menos igual a 0,95 ($\cos \phi \geq 0,95$).
Ejemplos: calefacción, distribución, iluminación.

b) Categoría AC2

Se refiere al arranque, al frenado en contracorriente y a la marcha por impulso de los motores de anillos.

Al cierre, el contactor establece la intensidad de arranque del orden de 2,5 veces la intensidad nominal del motor.

A la apertura el contactor debe cortar la intensidad de arranque con una tensión menor o igual a la tensión de la red.

Ejemplos: Puentes grúa, grúas pórtico con motores de rotor bobinado.

c) Categoría AC3

Se refiere a los motores de jaula, y el corte se realiza a motor lanzado.

Al cierre, el contactor establece la intensidad de arranque con 5 a 7 veces la intensidad nominal del motor.

A la apertura, corta la intensidad nominal absorbida por el motor. En este momento la tensión en los bornes de sus polos es del orden del 20 % de la tensión de la red, por lo que el corte es fácil.

Ejemplos: Todos los motores de jaula, ascensores, escaleras mecánicas, compresores, etc.

d) Categoría AC4

Esta categoría se refiere a las aplicaciones con frenado a contracorriente y marcha por impulso utilizando motores de jaula o de anillos.

El contactor se cierra con un pico de corriente que puede alcanzar 5, incluso 7 veces, la intensidad nominal del motor.

La tensión puede ser igual a la de la red. El corte es severo.

Ejemplos: trefiladoras, metalurgia, elevación, ascensores, etc.

29.3 ELECCION DE CONTACTORES

Cada carga tiene sus propias características, y en la elección del aparato de conmutación (contactor) deberán ser consideradas.

Es importante no confundir la corriente de empleo (**Ie**) con la corriente térmica (**Ifh**).

- Ie: Es la corriente que un contactor puede operar y está definida para la tensión nominal, la categoría de empleo (AC1, AC3, ...) y la temperatura ambiente.
- Ifh: Es la corriente que el contactor puede soportar en condición cerrado por un mínimo de 8 horas, sin que su temperatura exceda los límites dados por las normas.

La vida eléctrica, expresada en ciclos de maniobra, es una condición adicional para la elección de un contactor y permite prever su mantenimiento. En los catálogos de contactores se incluyen curvas de vida eléctrica en función de la categoría de utilización.

29.3.1 Circuito de iluminación con lámparas incandescentes

Esta utilización es de pocos ciclos de maniobra. Sólo la corriente térmica debe ser considerada porque el cosφ es cercano a 1 (categoría de empleo AC1).

En el momento de conexión se produce un pico de corriente que puede variar entre 15 a 20 In, en función de la repartición de las lámparas sobre la línea.

Ejemplo: 29.1

U = 3 x 400 V 50 Hz

Lámparas uniformemente repartidas entre fase y neutro (230 V).

Potencia total de las lámparas: 22 kW.

Corriente de cierre **Ip = 18 In**

Corriente de línea: $I_Z = \frac{P}{3 \cdot U} = \frac{22000}{3 \times 230} = 32 \text{ A}$.

Ip: 32 x 18 (prom. In) = 576 A (valor de cresta)

En función de este resultado, un contactor para 32 A en AC1 sería suficiente.

Como el poder de cierre asignado del contactor está dado en valor eficaz, es necesario elegir uno

cuyo valor sea: $\frac{576}{\sqrt{2}} = 408 \text{ A}$

29.3.2 Circuito de iluminación con lámparas de descarga

Ellas funcionan con un balasto, un arrancador (en algunos casos) y un condensador de compensación. El valor del condensador no pasa generalmente de 120 μF, pero es necesario considerarlo en la elección del contactor.

Para elegir el contactor es necesario también definir la corriente absorbida (conjunto lámpara + balasto compensado).

$$I_{ab} \geq \frac{n \cdot (P_H + P)}{U \cdot \cos \phi}$$

Donde:

n = Número de lámparas
 P = Potencia de una lámpara
 p = Potencia del balasto = 0.03 P
 $\cos\phi = 0.9$

El contactor es elegido de tal manera que su corriente asignada de empleo en AC1, a 55° C, sea mayor o igual a: $\frac{I_{ab}}{0.6}$

Ejemplo: 29.2

U = 3 x 400 V 50 Hz

Lámparas de descarga conectadas entre fase y neutro, potencia unitaria 1 kW en total.

Condensador de compensación: 100 μ F

Potencia por fase: 21/3 = 7 kW

Números de lámparas por fase:

$$I_{ab} \geq \frac{n \cdot (P + 0.03 \cdot P)}{U \cdot \cos \phi} = \frac{7 \cdot (1000 + 30)}{230 \times 0.9} = 35 \text{ A}$$

El contactor a elegir deberá tener una corriente asignada de empleo en AC1, a 55° C, igual o superior a $35/0.6 = 58 \text{ A}$.

Este contactor admite una compensación de 120 μ F por lámpara.

29.3.3 Primario de un transformador

Independientemente de la carga conectada al secundario, el pico de corriente magnetizante (valor de cresta) durante la puesta en tensión del primario del transformador puede ser, durante el primer semiciclo, de 25 a 30 veces el valor de la corriente nominal. Es necesario tener en cuenta este fenómeno para elegir los aparatos de protección y comando.

Ejemplo: 29.3

U = 400 V 3~

Potencia del transformador: 22 kVA

Corriente nominal primaria:

$$I_1 \geq \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{22000}{\sqrt{3} \times 400} = 32 \text{ (A)}$$

Valor de la corriente de cresta del primer semiciclo:

$$I_1 \times I_{\text{pico}} = 32 \times 30 = 960 \text{ (A)}$$

El poder de cierre asignado del contactor, multiplicado por $\sqrt{2}$ debe ser igual o mayor a 960 (A)

29.3.4 Motor asincrónico de jaula (Parada a rueda libre)

Esta es la aplicación más frecuente para los contactores y corresponde a la categoría de empleo AC3.

Esta utilización puede requerir del contactor un número importante de ciclos de maniobras.

El pico de corriente en el arranque es siempre inferior al poder de corte asignado del contactor.

Ejemplo: 29.4

$U = 400 \text{ V} - 3\sim$

$P = 22 \text{ kW}$

$I_{\text{empleo}} = 42 \text{ A}$

$I_{\text{cortada}} = 42 \text{ A}$

29.4 ASOCIACION DE APARATOS

Las cuatro funciones de base que debe cumplir una salida motor (seccionamiento, protección contra cortocircuito, protección contra sobrecarga y conmutación), deben ser aseguradas de tal manera que en el o los aparatos a asociar se tengan en cuenta la potencia del receptor a comandar, la coordinación de protecciones (en caso de cortocircuito) y la categoría de empleo.

29.5 COORDINACION DE PROTECCION

El concepto de coordinación de protecciones es aplicado para la protección de todos los elementos situados en una salida motor: aparatos de maniobra y protección, cables de salida y receptores.

La coordinación de las protecciones es el arte de asociar un dispositivo de protección contra cortocircuitos, con un contactor y un dispositivo de protección contra sobrecarga.

Tiene por objetivo interrumpir a tiempo y sin peligro para las personas e instalaciones una corriente de sobrecarga (1 a 10 veces la I_n del motor) o una corriente de cortocircuito.

Tres tipos de coordinación son definidos por la norma IEC 947, dependiendo del grado de deterioro para los aparatos después de un cortocircuito.

Las diferentes coordinaciones se establecen para una tensión nominal dada y una corriente de cortocircuito I_q , elegida por cada fabricante.

a) Coordinación tipo 1:

En condición de cortocircuito, el material no debe causar daños a personas e instalaciones. No debe existir proyección de materiales encendidos fuera del arrancador

Son aceptados daños en el contactor y el relé de sobrecarga; el arrancador puede quedar inoperativo.

El relé de cortocircuito del interruptor deberá ser reseteado o, en caso de protección por fusibles, todos ellos deberán ser reemplazados.

b) Coordinación tipo 2:

En condición de cortocircuito, el material no deberá ocasionar daños a las personas e instalaciones. No debe existir proyección de materiales encendidos fuera del arrancador.

El relé de sobrecarga no deberá sufrir ningún daño.

Los contactos del contactor podrán sufrir alguna pequeña soldadura fácilmente separable, en cuyo caso no se reemplazan componentes, salvo fusibles.

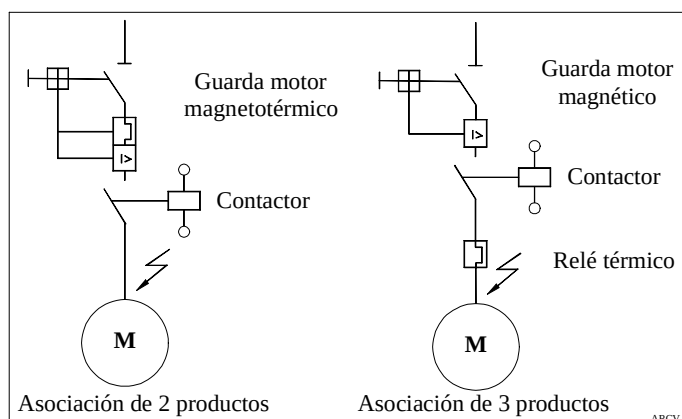
El reseteado del interruptor o cambio de fusibles es similar al caso anterior

c) Coordinación total:

En condición de cortocircuito, el material no debe causar daños a las personas e instalaciones. No debe existir proyección de materiales encendidos fuera del arrancador.

Según la norma IEC 947-6-2, en caso de cortocircuito ningún daño ni riesgo de soldadura es aceptado sobre todos los aparatos que componen la salida. Esta norma valida el concepto de “continuidad de servicio”, minimizando los tiempos de mantenimiento.

Grafico 29.1
Asociación de productos



La asociación de varios productos para realizar una coordinación tipo 1, 2 o total debe ser informada por cada fabricante, puesto que las características eléctricas propias de cada producto deben ser validadas en la asociación mediante ensayos.

El contactor - interruptor Integral reúne todas las funciones en un solo aparato y provee coordinación total, cumpliendo con la certificación IEC 947-6-2.

Es utilizado en industrias de proceso en donde la continuidad de servicio es un imperativo.

29.6 INSTALACION Y MANTENIMIENTO DE APARATOS DE MANIOBRA

29.6.1 Instalación

- Instalar los aparatos en tableros con el grado de protección adecuado y condiciones de humedad y temperatura admisibles.
- La elección del calibre de los aparatos, sus protecciones, y la asociación de productos, deben estar basadas en las consideraciones enunciadas en éste capítulo y en las recomendaciones de los catálogos.
- Para las conexiones de potencia y comando usar terminales de cableado.
- Realizar el ajuste final de las protecciones en condiciones de explotación. No confiar solamente en la chapa característica de los motores o la corriente nominal indicada en el esquema eléctrico.
- Ajustar todos los bornes de conexión con el torque indicado.

29.6.2 Mantenimiento

- Ante un cortocircuito o sobrecarga verificar el origen de la falla y solucionar el problema.
 - En una salida motor, ante un cortocircuito, verificar el tipo de coordinación. Puede ser necesario el cambio de uno o más aparatos.
 - Resetear y habilitar un circuito cuando estén restablecidas todas las condiciones de la carga y de los aparatos que componen la salida, o volver a ajustar las protecciones de sobrecarga.
 - En todos los aparatos de corte (interruptores, guardamotors, contactores)
 - No limar ni engrasar los contactos
 - No reemplazar los contactos
 - No limpiar las cámaras de corte
- Todos los aparatos modernos son libres de mantenimiento hasta el fin de su vida útil.
- Repasar el ajuste de todos los bornes de conexión antes de la puesta en servicio, al mes y anualmente.
 - No tocar los núcleos magnéticos de los contactores con la mano.
 - En caso de duda, antes de actuar consulte el catálogo o instrucciones de montaje y mantenimiento de los productos, o consulte al fabricante.

CAPITULO 30

COMPENSACION DEL FACTOR DE POTENCIA

Zeon PDF Driver
www.zeon.com.tw

CAPITULO 30

COMPENSACION DEL FACTOR DE POTENCIA

30.1 GENERALIDADES

Determinados equipos, necesitan para su operación, de una cierta cantidad de potencia reactiva (ver Tabla 30.1). A medida que aumenta la carga en la red aumenta la exigencia de utilizar ésta eficazmente. La corriente reactiva exige su parte del espacio en la transmisión de energía y resulta por ello naturalmente importante hacer el camino entre la producción y consumo de potencia reactiva lo más corto posible, para incrementar las posibilidades de transmisión de potencia activa y reducir las pérdidas de energía en la red. Los condensadores de potencia son, desde hace ya tiempo, el medio más simple para producir potencia reactiva, y la única forma de producir potencia cerca o en conexión directa a los consumidores.

Tabla 30.1
Consumo de potencia reactiva

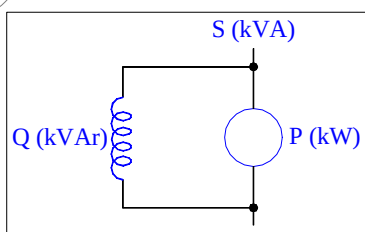
Consumidor de energía	Consumidor de potencia reactiva
Transformador	Aprox. 0.05 kVAr/kVA
Motor asíncrono	0.5-0.9 kVAr/kW
Tubo fluorescente	Aprox. 2 kVAr/kW
Líneas de transmisión	20-50 kVAr/km

30.2 CONSUMO Y PRODUCCION DE POTENCIA REACTIVA

La mayoría de los aparatos conectados a una red consumen, además de potencia activa, potencia reactiva, entonces para su funcionamiento las máquinas eléctricas (motores, transformadores, etc.) alimentadas en corriente alterna necesitan de éstos dos tipos de energía:

- **Energía activa:**
Es la que se transforma íntegramente en trabajo o en calor (pérdidas). Se mide en **kWh**,
- **Energía Reactiva:**
Se pone de manifiesto cuando existe un transporte de energía activa entre la fuente y la carga. Generalmente está asociada a los campos magnéticos internos de los motores y transformadores. Se mide en **kVarh**. Como esta energía provoca sobrecarga en las líneas transformadoras y generadoras, sin producir un trabajo útil, es necesario neutralizarla o compensarla.

Esquema 30.1



Donde:

S = Potencia aparente

P = Potencia activa

Q = Potencia reactiva

Los capacitores generan energía reactiva de sentido inverso a la consumida en la instalación. La aplicación de éstos neutraliza el efecto de las pérdidas por campos magnéticos.

Los campos en los motores y transformadores son mantenidos por la corriente reactiva. La reactancia en serie en las transformaciones de energía implica consumo de potencia reactiva. Las reactancias, tubos fluorescentes y, en general, todos los circuitos inductivos, necesitan una cierta potencia reactiva para funcionar.

La Tabla 30.1 muestra la magnitud del consumo de potencia reactiva de varios consumidores diferentes.

La producción de potencia reactiva puede hacerse con compensadores de rotativos o con condensadores.

30.2.1 Compensadores rotativos

- a) **Los motores síncronos.**- Producen potencia reactiva en las centrales eléctricas a un precio relativamente bajo, pero a costa de la posibilidad de que las máquinas produzcan potencia activa. Teniendo en cuenta los problemas de transformación, se prefiere producir potencia reactiva en generadores colocados en lugares más centrales de la red.
 - b) **Los compensadores síncronos.**- Están colocados en ciertos puntos de presión de la red. Estas máquinas tienen regulación continua, dentro de unos límites muy amplios, y pueden tanto producir como consumir potencia reactiva. Teniendo en cuenta los costos de adquisición y las pérdidas, los compensadores síncronos solo están justificados cuando se necesita su efecto de regulación y estabilización de tensión.
- Los motores síncronos.**- Pueden ser sobre magnetizados de forma que produzcan potencia reactiva. Como especialmente las máquinas más pequeñas son mucho más caras que los motores asíncronos normales, se utilizan relativamente pocas veces.

30.2.2 Condensadores

Un condensador es, a diferencia de las máquinas rotativas, un aparato estático para producir potencia reactiva.

Las baterías de condensadores de alta tensión están formadas por unidades monofásicas con una potencia de unos 300 kVAr y una tensión de hasta unos 13 kV. Por medio de conexión en serie y paralelo de unidades se puede construir baterías para todas las tensiones y potencias.

Las baterías de condensadores de baja tensión, es decir, con tensión de sistema inferior a 600 V., suelen construirse con unidades trifásicas con una potencia desde 2 o 3 kVAr hasta 120 kVAr. Un equipo de condensadores de baja tensión puede consistir desde una sola unidad de unos pocos kVAr hasta varias unidades conectadas en paralelo con una potencia total de más de 1000 kVAr.

Los condensadores constituyen, sin comparación, el medio más simple para reducir el costo más bajo la carga de los transformadores, red de distribución y distribución a la industria. El desarrollo técnico del material ha hecho que las nuevas inversiones en plantas de compensación hoy día solo se realizan prácticamente en condensadores. Los nuevos materiales dieléctricos han incrementado grandemente la potencia por unidad de condensadores y reducido las pérdidas, lo cual ha reducido los costos de compensación con baterías de condensadores, en comparación con compensadores estáticos.

Hoy día, los compensadores síncronos se suelen sustituir por reactancias y baterías de condensadores, donde la regulación entre el consumo y la producción de potencia reactiva se hace de forma continua con la ayuda de tiristores (SVC = compensadores estáticos regulados). Los SVC se utilizan tanto en la red de energía como para cargas especiales, por ejemplo hornos de arco.

30.3 COMPENSACION DEL FACTOR DE POTENCIA

En principio, un condensador funciona como un generador que solo produce potencia reactiva. Cuando se coloca junto a un aparato que consume potencia reactiva, se reduce la carga de los

generadores, líneas y transformadores, y se incrementa la capacidad de la red para transmitir potencia activa.

- El Gráfico 30.1-a) muestra las relaciones entre potencia aparente (S), potencia activa (P) y potencia reactiva (Q) para un cierto ángulo de fase, o cierto factor de potencia ($\cos\phi$) de la carga. Entonces la carga no está compensada y, si suponemos que la línea o el transformador está a plena carga, el arco de círculo indica la potencia aparente máxima que puede utilizarse.

$$\cos \phi = \frac{P}{S} \quad \sin \phi = \frac{Q}{S} \quad \tan \phi = \frac{Q}{P}$$

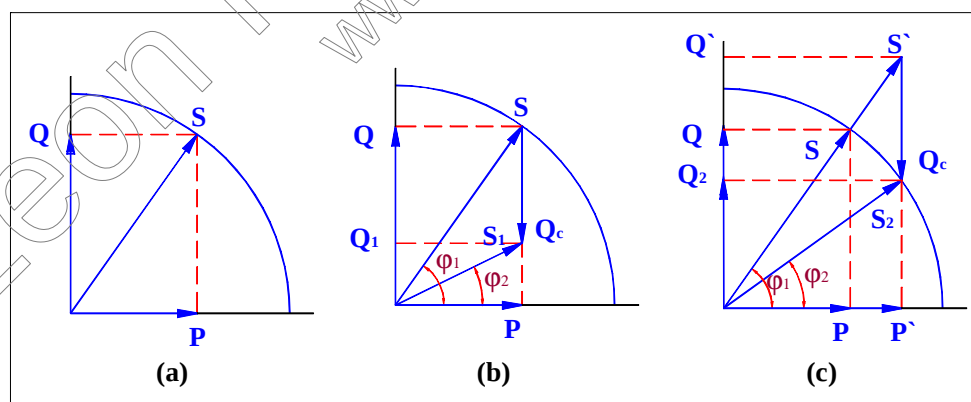
- El Gráfico 30.1-b) muestra cómo la toma de potencia reactiva (Q) de la red disminuye con la potencia del condensador (Q_c) a (Q_i) con compensación. La carga total en la red disminuye al mismo tiempo de (S) a (S_i) para la misma toma de potencia activa. La potencia de condensadores necesaria (Q_c) para compensar hasta el factor de potencia deseado ($\cos\phi_2$) se calcula según la fórmula del Gráfico 30.1-b) o del nomograma del Gráfico 30.9. Con el condensador conectado se pueden conectar más máquinas, es decir, se puede incrementar la carga activa.

$$Q_i = P(\tan \phi_1 - \tan \phi_2)$$

$$\tan \phi_2 = \frac{1}{\cos^2 \phi_1} \left(\tan \phi_1 - \frac{Q_c}{P} \right)$$

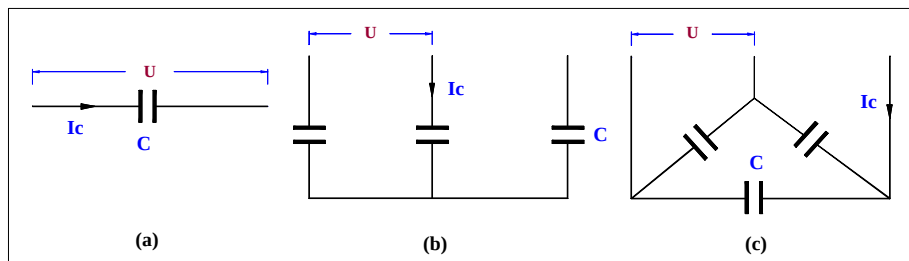
- El Gráfico 30.1-c) muestra cómo la potencia activa aumenta de (P) a (P') y la línea o el transformador está completamente aprovechado cuando (S_2) es igual a (S).
- El Esquema 30.2-a), b), c) muestra la relación entre corriente, tensión, capacitancia y potencia reactiva en un condensador para diversas conexiones.

Gráfico 30.1
Compensación del factor de potencia



- (a) Carga no compensada
- (b) Carga compensada
- (c) Carga compensada cuando se ha incrementado la carga activa

Esquema 30.2
Tipos de conexionado de condensadores



a) Conexión monofásica

$$Q_C = \mu \cdot C \cdot U^2 \cdot 10^3$$

$$Q_C = I_C \cdot U$$

$$\mu = 2\pi f$$

Donde: f = Frecuencia en Hz

C = Capacitancia por fase en μF

Q_C = Potencia total en kVar

I_C = Corriente en A

b) Conexión trifásica (Y)

$$Q_C = \mu \cdot C \cdot U^2 \cdot 10^3$$

$$Q_C = \sqrt{3} \cdot I_C \cdot U$$

c) Conexión trifásica (D)

$$Q_C = 3 \cdot \mu \cdot C \cdot U^2 \cdot 10^3$$

$$Q_C = \sqrt{3} \cdot I_C \cdot U$$

30.4 VENTAJAS DE LA COMPENSACION

Al instalar condensadores, se reduce el consumo total de energía (activa + reactiva), de lo cual se obtiene varias ventajas como ser:

30.4.1 Reducción de los recargos

Las compañías eléctricas aplican recargos o penalizaciones al consumo de energía reactiva con objeto de incentivar su corrección.

30.4.2 Reducción de las caídas de tensión

La instalación de condensadores permite reducir la energía reactiva transportada disminuyendo las caídas de tensión en la línea.

30.4.3 Reducción de la sección de los conductores

Al igual que en el caso anterior, la instalación de condensadores permite la reducción de la energía reactiva transportada, y en consecuencia es posible, a nivel de proyecto, disminuir la sección de los conductores a instalar.

Tabla 30.2

Cos ϕ	Factor de reducción
1	40 %
0.8	50 %
0.6	67 %
0.4	100 %

En la Tabla 30.2 se muestra la reducción de la sección resultante de una mejora del cos ϕ transportando la misma potencia activa.

Al igual que en el caso anterior, la instalación de condensadores permite reducir las pérdidas por efecto Joule que se producen en los conductores y transformadores.

$$\frac{P_{cu\_Final}}{P_{cu\_Initial}} \geq \frac{\cos^2 \theta_{Initial}}{\cos^2 \theta_{Final}}$$

La reducción de pérdidas en un transformador de 630 kVA, $P_{cu} = 6500 \text{ W}$, al pasar de $\cos\phi_{\text{Inicial}} = 0,7$ a un $\cos\phi_{\text{Final}} = 0,98$ será:

$$6500 \times [1 - (0,7/0,98)^2] = 3184 \text{ W}$$

La instalación de condensadores permite aumentar la potencia disponible en una instalación sin necesidad de ampliar los equipos como cables, aparatos y transformadores.

Esto es consecuencia de la reducción de la intensidad de corriente que se produce al mejorar el factor de potencia.

Quando no se tiene instrumentos de medición fijos para medir la toma de potencia reactiva de una planta, la forma más sencilla de realizar esta medición es con un vatímetro o medidor del factor de potencia del tipo de tenaza. Si el sistema es simétrico, se puede utilizar un vatímetro monofásico que se conecta como indica el Esquema 30.3, es decir, se mide la corriente en una fase y la tensión entre las otras dos fases.

Si no se tiene un medidor de factor de potencia, se puede calcular el factor de potencia si se mide antes la potencia activa y la reactiva:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

$$\cos \theta = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{H^2}{P^2} \frac{Q^2}{K^2}}}$$

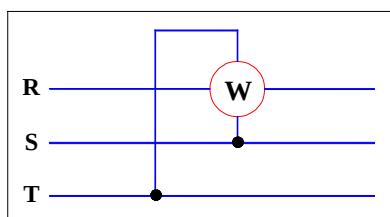
En el caso de carga asimétrica, se puede utilizar el método de los vatímetros para determinar el factor de potencia, que se calcula con la ayuda de la fórmula siguiente, donde (P₁) y (P₂) son la potencia para cada vatímetro respectivo:

$$\tan \varphi = \sqrt{3} \frac{P_1 - P_2}{P_1 + P_2}$$

$$\tan \delta = \sqrt{3} \frac{P_1 J P_2}{P_1 J P_2}$$

$$\cos \delta = \frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2 \delta}}$$

Esquema 30.3
Conexión para medición monofásica de potencia reactiva



30.6 DETERMINACION DE LA POTENCIA DE UN CONDENSADOR

El procedimiento para determinar el tamaño del condensador depende de cuál, o cuáles, de los motivos siguientes son decisivos. Aunque sea uno de los motivos el que decida la potencia del condensador, está a menudo justificado, en el cálculo de inversión, tener en cuenta otros factores, es decir tanto el valor de la reducción de tarifas por la forma de potencia reactiva de la red como las pérdidas más reducidas o las inversiones a mas largo plazo en, por ejemplo, transformadores y cables.

1.- El distribuidor de energía cobra por exceso de consumo de potencia reactiva.

La tarifa está basada en el costo alternativo del distribuidor de energía para producir y transformar la potencia él mismo. La idea es que el abonado mismo pueda decidir, desde el punto de vista económico, si debe producir el mismo la potencia reactiva o si ha de comprarla del distribuidor. El cobro se realiza normalmente por potencia reactiva bajo un cierto factor de potencia o sobre un máximo anual de toma de potencia.

Primero hay que calcular la potencia del condensador necesario para mejorar el factor de potencia del valor original al valor limite que el suministrador de energía ha fijado. Entonces se compara el costo de instalación con el costo de compra de potencia reactiva del distribuidor de energía

2.- La reducción de perdidas de energía hace la compensación económicamente rentable.

El ahorro debido a reducción de pérdidas de energía en la transmisión de energía puede pagar una gran parte de la inversión en una batería de condensadores. El valor de la reducción de perdidas debe incluirse entonces al realizar el cálculo de la inversión. Al sustituir condensadores viejos por nuevos, se deberá también tener en cuenta las pérdidas mucho menores de los condensadores modernos. Las pérdidas en los condensadores viejos, impregnados con PCB, son alrededor de 2 W/kVAr, mientras que en los nuevos condensadores (sin PCB) son inferiores a 0.2 W/kVAr para condensadores de alta tensión, e inferior a 0.5 W/kVAr para los de baja tensión. Así la reducción de pérdidas de energía puede cubrir una gran parte de los costos de la substitución.

3.- Se pueden conectar más consumos a una subestación, cables o transformador ya saturados.

El costo de inversión para una batería de condensadores se compara con el costo alternativo de ampliar la planta actual. El coste de una inversión en condensadores depende de la magnitud del valor del factor de potencia. Si este es bajo, una batería de condensadores dará la posibilidad de un gran incremento de la carga activa, mientras que la compensación para un factor de potencia ya alto, solo permitirá un pequeño incremento de la carga.

4.- La compensación del factor de potencia permite elegir una transmisión más económica al proyectar nuevas plantas.

En principio, el procedimiento es el mismo que en el párrafo 3 de arriba. Es decir, la inversión de una batería de condensadores se compara con la inversión en una planta mayor.

5.- Hacen falta condensadores para conseguir regulación de tensión.

Para la regulación de tensión se suelen utilizar condensadores de alta tensión. Hoy día, se suelen utilizar baterías reguladas por tiristores, pero también los condensadores de baja tensión con regulación automática consiguen, naturalmente, una mejora de la regulación de tensión. Ver ejemplos para calcular el incremento de tensión al conectar condensadores.

6.- El arranque de grandes máquinas se facilita con compensación directa.

Aquí se suele tener que compensar a valores cerca de $\cos\phi = 1$ o aún sobrecompensar para que el incremento de tensión sea lo suficientemente grande.

30.7 INSTALACION DE LAS BATERIAS DE CONDENSADORES

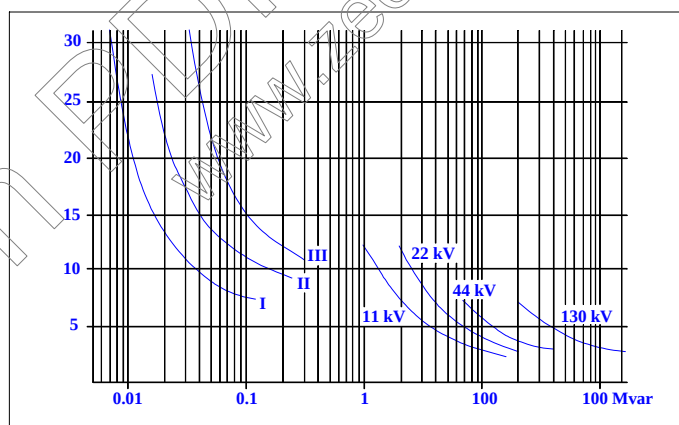
Una vez determinada la potencia reactiva necesaria, la próxima cuestión es donde instalarla. La colocación depende, naturalmente del aparato a compensar y del motivo para la compensación. Es decir dar normas concretas, pero se deben seguir los siguientes puntos para su distribución e instalación en planta.

- Tratar siempre de colocar los condensadores lo mas cerca posible del aparato a compensar. Así se consigue el mayor beneficio, debido a la reducción de perdidas de energía, y el mayor aumento de tensión.
- Instalar en primer lugar baterías de condensadores que permitan aplazar ampliaciones de la red proyectados para realización inmediata o a corto plazo.
- Tratar de cubrir la mínima carga reactiva con condensadores de conexión permanente para reducir así el costo de instalación. La carga mínima es normalmente el 20 a 30% de la carga máxima. El resto se cubre con condensadores automáticos.
- Distribuir la potencia del condensador entre varias baterías o etapas si las conexiones y desconexiones implican demasiadas variaciones de tensión. Normalmente se puede aceptar una variación de tensión de, aproximadamente, 2% para una conexión a la hora, 3 % para conexión diaria y 5% para conexión estacional.

La ventaja de la distribución de la potencia entre varias baterías de condensadores debe de sopesarse con que el precio por kVAr es inversamente proporcional al tamaño de la batería. Además, las baterías de baja tensión suelen dar un costo mayor por kVAr que las baterías de alta tensión.

El Gráfico 30.2 da una indicación de los costos relativos para distintos tipos de batería, Las curvas están basadas en el costo total de instalación, es decir, del condensador incluyendo cables, aparellaje de conexión, equipos de protección (excepto para baterías de baja tensión, alternativa 1), montaje, etc.

Gráfico 30.2
Costo relativo por kVAr de batería de condensadores



Alta tensión: Baterías conectadas con interruptores

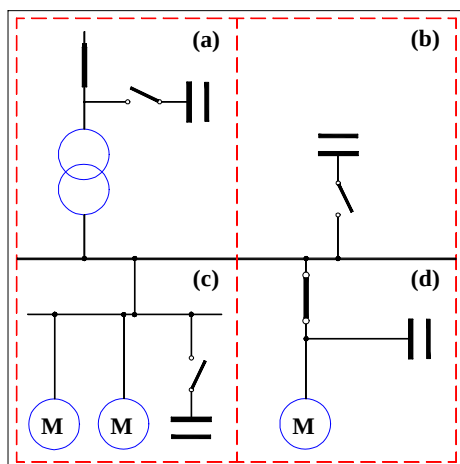
Baja tensión: I Conexión permanente, sin fusibles externas para baterías

II Conexión manual, con fusibles externos para baterías

III Conexión automática en varias etapas, con fusibles externos para baterías

En principio las posibilidades de instalación pueden dividirse en cuatro alternativas diferentes, según el Esquema 30.4.

Esquema 30.4
Diagrama de diferentes alternativas
de compensación



- (a) Compensación central en el lado de alta tensión
- (b) Compensación central en el lado de baja tensión
- (c) Compensación en grupo
- (d) Compensación directa

30.7.1 Compensación central

Si el objeto es sólo, o principalmente, reducir la toma de potencia reactiva de la red, debido a la tarifa de potencia reactiva, es preferible la compensación central. Las condiciones de carga reactiva dentro de la planta no son afectadas, a menos que la compensación tenga lugar en la parte de baja tensión, donde naturalmente se reduce la carga del transformador. Entonces, los costos de inversión en la parte de alta y la de baja tensión, además de la necesidad eventual de reducir la carga del transformador, son decisivos para elegir donde realizar la compensación. Si varía mucho la carga reactiva, es más conveniente tener baterías de baja o alta tensión divididas en varias etapas, según los casos.

30.7.2 Compensación en grupo

La compensación en grupo es preferible a la compensación central si se puede utilizar unidades lo suficientemente grandes. Además de lo que aporta la compensación central, se consigue una reducción de pérdidas y reducción de carga en los cables alimentadores. A menudo, la reducción de pérdidas hace que resulte más rentable la compensación en grupo que la compensación central.

30.7.3 Compensación directa

La gran ventaja de la compensación directa es que los contactores e interruptores existentes, y los dispositivos de protección del consumidor de energía, se utilizan también para la conexión y protección de los condensadores. O sea que el costo de adquisición está limitado solo a los condensadores.

Otra ventaja es que el condensador es conectado y desconectado automáticamente según la carga. Esto significa, sin embargo, que la compensación directa sólo está motivada para aparatos y máquinas con mucho tiempo de utilización.

Grandes máquinas con mucho tiempo de utilización son siempre objetos adecuados para la compensación directa. Las máquinas más pequeñas exigen menos condensadores y el precio por kVAr aumenta al disminuir el tamaño del condensador. Los costos de inversión para la compensación directa deben entonces compararse con los de la compensación central o en grupo. Naturalmente, se deben tomar también en cuenta la reducción de pérdidas con la compensación directa.

30.8 BATERIAS DE CONDENSADORES CON REGULACION AUTOMATICA

La mayoría de las plantas industriales trabajan en uno o dos turnos, con los domingos y días festivos libres. Esto significa que las plantas con compensación central o en grupo a menudo son sobrecompensadas cuando la carga es baja, si la compensación carece de regulación automática.

Si la potencia del condensador conectada no varía cuando baja la carga, la carga total (aparente) se hace capacitiva a muy baja carga activa, es decir, se alimentará potencia reactiva a la red. Ver la parte superior del Gráfico 30.3, (S) se reduce a (S'). A veces, el distribuidor de energía no permite que se alimente potencia reactiva durante períodos de baja carga.

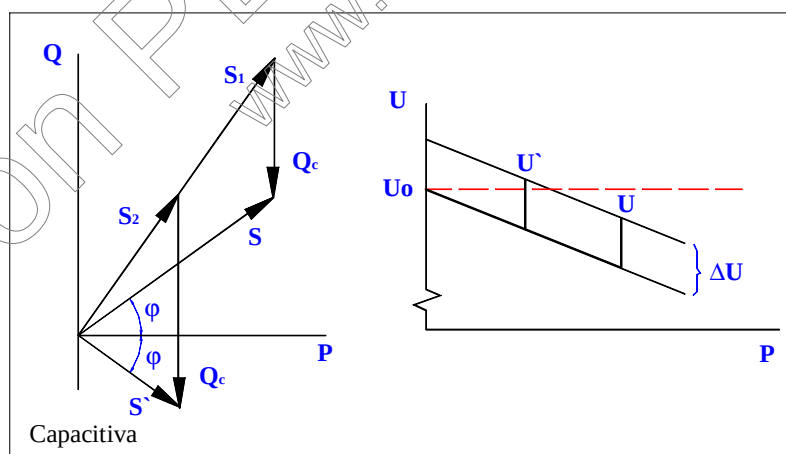
El incremento de tensión que dan los condensadores suelen constituir una ventaja cuando hay carga alta. Cuando baja la carga, baja la caída de tensión en la red y sube la tensión. Ver la parte inferior del Gráfico 30.3 (U) aumenta hasta (U'). O sea, que los condensadores siguen dando el mismo aumento de tensión que antes (ΔU), y ahora puede ser una desventaja el que la tensión alcance su nivel más alto del permitido.

Por eso, para evitar los inconvenientes de sobre compensación y tensión demasiado alta, se suele dotar a las instalaciones con compensación central o en grupo de control automático adecuado que conecta o desconecta los condensadores según la carga.

Ese control automático puede ser realizado en una o varias etapas. Sin embargo, la mayoría de las instalaciones no exigen ninguna división en varias etapas, si no se lleva la compensación más allá de $\cos\phi = 0.85$ y las variaciones de la carga durante el turno de trabajo no son especialmente altas. Sin embargo, al compensar a valores por encima de $\cos\phi = 0.9$, o si tienen lugar grandes variaciones de carga, puede ser conveniente utilizar el control automático en varias etapas.

La conexión y desconexión las controla un regulador de potencia reactiva que mantiene el factor de potencia al valor ajustado. Las baterías automáticas de baja tensión pueden ser instaladas en un armario o entregadas como unidades completas con condensadores, regulados, fusibles y contactores en un armario.

Gráfico 30.3
Influencia de los condensadores a baja y alta carga, respectivamente

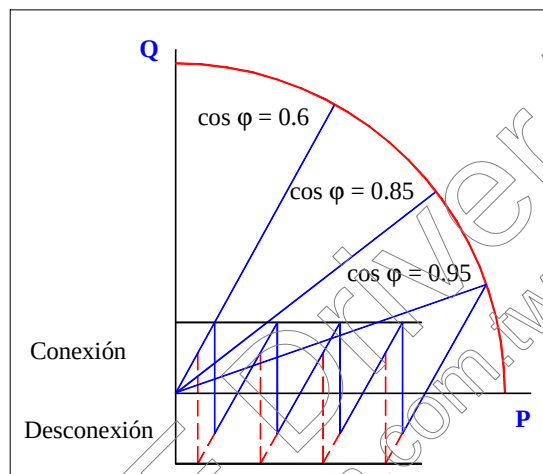


El uso del control automático está ilustrado simplemente en el diagrama del Gráfico 30.4, que muestra la conexión y desconexión automática de una batería de condensadores con cuatro etapas. Se ha asumido aquí que el factor de potencia de la carga es $\cos\phi = 0.6$ y además, el gráfico de la línea para $\cos\phi = 0.85$ y el factor de potencia a plena carga $\cos\phi = 0.95$.

Si la batería de la figura es aplicada en una sola etapa, no será conectada mientras no haya una carga equivalente a la cuarta etapa de la batería automáticamente controlada, ya que si no la planta será objeto de una gran sobrecompensación. Cuando hay variaciones de la carga, sólo se utilizará la batería cuando haya una carga alta, y la instalación no estará compensada durante gran parte del tiempo de utilización.

Las baterías de condensadores con control automático, divididas en varias etapas, permiten así mantener un factor de potencia uniforme y alto cuando la carga varía.

Gráfico 30.4
Diagrama de conexión y desconexión de batería de condensadores en 4 etapas
(La línea de puntos representa la desconexión)



30.9 COMPENSACION FIJA O AUTOMATICA

Cuando tenemos calculada la potencia reactiva necesaria para realizar la compensación, se nos presenta la posibilidad de elegir entre una compensación fija y una compensación automática.

30.9.1 Compensación fija

Es aquella en la que suministramos a la instalación, de manera constante, la misma potencia reactiva.

Debe utilizarse cuando se necesite compensar una instalación donde la demanda reactiva sea constante.

Es recomendable en aquellas instalaciones en las que la potencia reactiva a compensar no supere el 15 % de la potencia nominal del transformador (S_n).

30.9.2 Compensación variable

Es aquella en la que suministramos la potencia reactiva según las necesidades de la instalación.

Debe utilizarse cuando nos encontremos ante una instalación donde la demanda de reactiva sea variable.

Es recomendable en las instalaciones donde la potencia reactiva a compensar supere el 15 % de la potencia nominal del transformador (S_n).

Ejemplo: Compensación fija

Supongamos que queremos compensar un pequeño taller en el que la potencia reactiva a compensar es constante, con una pequeña oscilación.

La demanda de potencia reactiva es:

- Demanda mínima de 13 kVAr/h día
- Demanda máxima de 17 kVAr/h día
- Demanda media de 15 kVAr/h día

Lo que nos interesa al realizar la compensación es tener la instalación compensada al máximo, sin incurrir en una sobrecompensación.

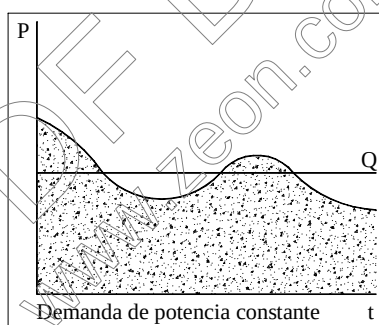
Si compensamos con 13 kVAr tendremos asegurada una compensación mínima de 13 kVAr, pero sin llegar a la demanda media de 15 kVAr, con lo que estaremos subcompensando la instalación.

Lo contrario ocurriría si compensamos con los 17 kVAr de demanda máxima; en este caso nos encontraremos con la sobrecompensación durante todo el día. Con esta medida no logramos ninguna ventaja adicional, y podríamos sobrecargar la línea de la compañía suministradora.

La solución a adoptar es compensar con 15 kVAr, y de esta forma nos adaptamos a la demanda de reactiva que hay en el taller.

En el Gráfico 30.5 se puede observar como al colocar un condensador fijo, siempre nos encontraremos con horas que no estarán compensadas completamente y horas en las que estarán sobrecompensadas.

Gráfico 30.5

**Ejemplo:** Compensación variable

Sí queremos compensar una instalación en la que la potencia reactiva a compensar tenga muchas fluctuaciones, deberemos utilizar una compensación que se adapte en cada momento a las necesidades de la instalación.

Para conseguirlo se utilizan las baterías automáticas de condensadores.

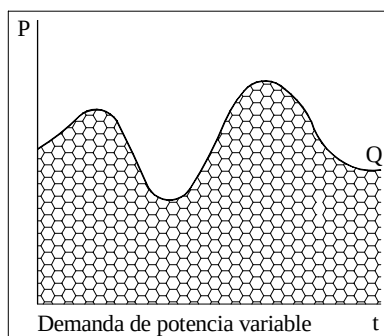
Están formadas básicamente por:

- Condensadores
- Contactores

El regulador detecta las variaciones en la demanda reactiva, y en función de estas fluctuaciones actúa sobre los contactores permitiendo la entrada o salida de los condensadores necesarios.

En el Gráfico 30.6 se puede observar como la batería de condensadores entrega a cada momento la potencia necesaria, evitando de este modo una sobrecompensación o una subcompensación.

Gráfico 30.6



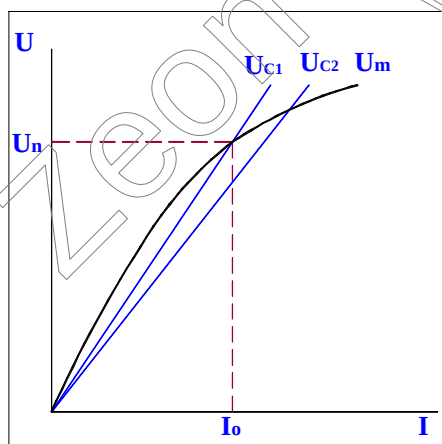
30.10 APARATOS CON COMPENSACION DIRECTA

30.10.1 Motores asíncronos

Con las baterías standard de los condensadores de baja tensión en el mercado, se puede compensar directamente motores de hasta unos 8 kW. Sin embargo, los condensadores que pueden conectarse de esta forma no deben tener potencial demasiado alta. Esto se debe a que, al desconectar el motor de la red, el condensador suministrará corriente magnetizante al motor que entonces funcionará como generador. Si el condensador es demasiado grande, la tensión automagnetizante puede entonces ser mucho más alta que la tensión nominal, lo cual podría dañar tanto el motor como el condensador.

Este fenómeno está ilustrado en el Gráfico 30.7. U_m y U_{c1-2} son las características de corriente-tensión de un motor y de dos tamaños de condensador. U_{c1} equivale a un condensador adaptado para compensar la potencia en vacío. U_{c1} corta a U_m a la tensión nominal, es decir, el condensador da una corriente magnetizante que tiene justamente la magnitud suficiente para que el motor produzca tensión nominal. U_{c2} equivale a un condensador más grande, cuya corriente al desconectar produce una tensión mayor que la tensión nominal, es decir, U_{c2} corta a U_m por encima de U_n , aquí sí hay riesgo de sobretensión que podría dañar al motor o al condensador.

Gráfico 30.7
Automagnetización en motor con compensación directa



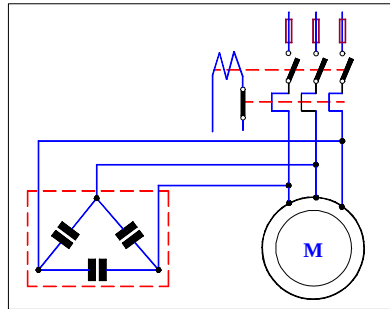
Al desconectar, la tensión suele bajar con bastante rapidez. La curva U_m se aplatina y el punto de corte entre las curvas U_m y U_c se acerca a cero. Sin embargo, si la máquina tiene una gran inercia, la tensión permanecerá durante largo tiempo y aumentará el riesgo de sobretensión.

Por ello, para evitar problemas, nunca se debe hacer la compensación directa con mayor potencia que la equivalente a la corriente en vacío del motor. Ver la fórmula 1 en el Esquema 30.5. Si no se conoce la corriente en vacío, se puede calcular aproximadamente por la fórmula 2.

En accionamientos en paralelo de motores, acoplados mecánicamente, por ejemplo, sobre el objeto impulsado, se puede obtener automatización si se arranca los motores

sucesivamente. No se puede presuponer que los acoplamientos de ejes y similares, están dimensionados para los choques momentáneos que pueden ocurrir en tales casos.

Esquema 30.5
Compensación directa de un motor



$$1) \quad Q_C = \sqrt{3} U I_0$$

Donde: U = tensión de red

I_0 = Corriente en vacío

$$2) \quad I_0 = 2 I_{1/1} (1 - \cos \phi_{1/1})$$

$I_{1/1}$ = Corriente nominal a plena carga

$\cos \phi_{1/1}$ = Factor de potencia a carga nominal

La reconexión de un motor después de un corto tiempo puede también causar grandes choques momentáneos, la tensión restante del condensador no ha podido bajar a un nivel adecuado y si esta en oposición a la tensión de la red. El riesgo de daños es especialmente grande para, por ejemplo, grandes motores de ventilador, que son reconectados rápidamente después de la desconexión y que tienen un alto régimen de revoluciones.

Los motores de grúas, y otros motores que pueden ser impulsados por su carga, no deben ser nunca compensados, ya que la carga puede acelerar el régimen de revoluciones, lo cual causa un incremento de tensión.

Si se considera arriesgada la compensación directa debido a alguna de las razones antes mencionadas, se pueden conectar los condensadores a la red por mediación de sus propios contactores a través de un contactor auxiliar en el motor. Se evita la desconexión demasiado rápida por medio de un temporizador.

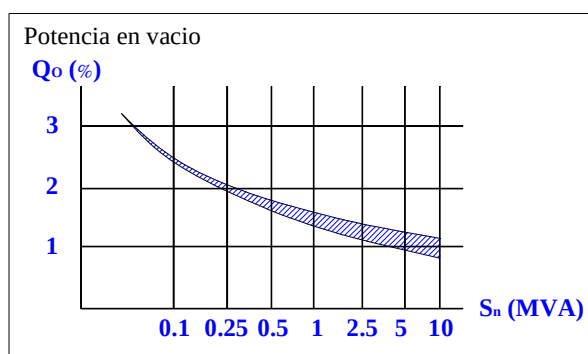
Cuando se va a conectar el condensador a un motor en Y/ Δ , se ha de comprobar que el condensador no será cortocircuitado directamente ni estará en serie con los devanados de los motores. Al desconectar de la línea, el condensador no deberá estar conectado a los devanados si estos están conectados y en Y.

Se pueden usar condensadores normales conectados en Δ (los condensadores standard trifásicos de baja tensión están conectados en Δ) en combinación con todos los arrancadores Y/ Δ . Las baterías de condensadores que tienen las tres fases separadas no deben ser puestas en paralelo con las fases individuales del bobinado del motor. Si el motor tiene seis salidas de conexión para arranque Y/ Δ , se pone la batería de condensadores en el lado de la red del interruptor y tendrá entonces su propio interruptor.

Como la compensación reduce la toma de corriente de la red, se deberá ajustar la protección del motor de forma que éste tenga la misma protección que antes de la compensación.

30.10.2 Transformadores de distribución

Se puede dividir la necesidad de potencia reactiva de un transformador en una parte constante y una parte dependiente de la carga. La parte constante es la potencia en vacío y constituye alrededor del 1 a 3.5 % de la potencia nominal. La parte dependiente de la carga, causada por el flujo, se calcula según la fórmula del Gráfico 30.8.

Gráfico 30.8**Necesidad de potencia reactiva del transformador**

Q_0 = Potencia en vacío (% de S_n)
 S_n = Potencia nominal del transformador
 Q_L = Necesidad de potencia reactiva dependiendo de la carga (% de S_n)
 U_z = Tensión relativa de cortocircuito (%)
 I/I_n = Corriente de carga / corriente nominal

$$Q_L(\%) \approx U_z(\%) \cdot \frac{I^2}{I_n^2}$$

En total, la necesidad de potencia reactiva de los transformadores de distribución es alrededor del 4 al 5% de la potencia nominal, calculada para una carga media del 70%.

En pocas ocasiones resulta rentable compensar directamente sólo la necesidad de potencia reactiva del transformador. Sin embargo se puede compensar de forma económica una parte de la necesidad de potencia reactiva, conectando directamente condensadores a la parte de baja tensión del transformador. Alrededor del 30% de la potencia nominal del transformador puede ser considerado como valor standard para transformadores de hasta 300 kVA. El resto de la compensación, y la compensación en transformadores más grandes, suele ser más económico hacerla más allá en la red, es decir, por medio de compensación central, en grupo y directa de los consumidores. Además, si se elige un condensador con un máximo del 30% de la potencia del transformador, el riesgo de resonancia será pequeño.

El incremento de la tensión causado por los condensadores debe ser corregido eventualmente alterando la relación de transformación del transformador. El incremento de tensión es constante, es decir, independiente de la magnitud de la carga.

$$U(\%) \approx U_z(\%) \cdot \frac{Q_c}{S_n}$$

Donde:

U = Incremento de tensión (%)
 U_z = Tensión relativa de cortocircuito (%)
 Q_c = Potencia del condensador
 S_n = Potencia nominal del transformador

30.10.3 Equipos de soldadura

- Los transformadores de soldadura por arco.-** Se pueden compensar de forma adecuada con una potencia de un 30% de la potencia nominal del transformador. Los mismos elementos de conexión que accionan el transformador de soldadura pueden encargarse de la conexión y desconexión del condensador.
- Los convertidores de soldadura por arco.-** Son accionados por motores asíncronos normales, por lo que se puede leer a este respecto bajo ese punto.
- Las máquinas de soldadura por arco.-** pueden ser compensadas con condensadores elegidos completamente desde el punto de vista económico, a condición de que la conexión y desconexión de la máquina de soldar sea realizada por un contactor electromagnético o mecánico. Si se utiliza un contactor de ignitrón, se ha de consultar al fabricante de la máquina antes de realizar la compensación. Por razones de técnicas de soldadura, puede a veces ser más adecuado compensar estas máquinas con condensadores en serie.

30.11 APARATOS DE CONEXION Y PROTECCION

Todos los aparatos y cables en los circuitos de los condensadores han de ser dimensionadas para un mínimo de 130% de corriente nominal del condensador, porque las normas permiten un 30% de sobrecorriente debido a sobretensiones y armónicos.

En los aparatos de conexión para condensadores de baja tensión no se suelen poner demandas especiales. Pero sí se exige que los interruptores para los condensadores de alta tensión estén libres de recebado, y por ello el fabricante tiene que garantizar que los interruptores cumplen con esta condición.

Para los condensadores de baja tensión basta con protección contra cortocircuito. Para las baterías pequeñas de baja tensión, los fusibles suelen ser suficientes. La protección de sobre carga sólo se usa para grandes baterías de baja tensión o si hay riesgo de contenido de armónicos demasiado alto. Los condensadores para compensación directa, donde el aparato compensado tiene, por ejemplo, protección de motor, no necesita más protección.

30.11.1 Aparatos de maniobra

La puesta en tensión de un condensador provoca grandes intensidades de carga que deben ser limitadas a $100 \cdot I_n$. El caso más desfavorable se presenta cuando previamente existen otros condensadores en servicio que se descargan sobre el último en entrar.

En una salida para condensadores se deberán contemplar 3 funciones:

- El seccionamiento.
- La protección contra cortocircuitos.
- La conmutación.

La solución más simple, confiable y compacta es la asociación de dos productos:

- Un interruptor que garantice la función seccionamiento y protección.
- Un contactor para la función conmutación.

Para ambos casos se deberá considerar que la corriente de inserción de un condensador puede alcanzar valores muy elevados, y la generación de armónicas provoca sobrecalentamientos de los aparatos.

30.11.2 Elección del interruptor

Deberán tomarse algunas precauciones:

Deberá ser un interruptor con protección magnética (Ej. tipo GV2 L/LE o NS8OMA de Schneider).

El calibre de la protección deberá ser 1.4 veces la I_n de la batería, con el objeto de limitar el sobrecalentamiento producido por las armónicas que generan los capacitores. En el caso de usar fusibles, deberán ser de alta capacidad de ruptura tipo G1, calibrados entre 1.6 y 2 veces la intensidad nominal, recomendando anteponer un seccionador o interruptor manual enclavado eléctricamente con el contactor, para evitar que aquel realice maniobras bajo carga.

30.11.3 Elección del contactor

Para disminuir el efecto de la corriente de cierre, se conecta una resistencia en paralelo con cada polo principal y en serie con un contacto de precierre que se desconecta en servicio. Esta asociación permite limitar la corriente de cierre a $80 I_{n_{max}}$, y por otra parte reducir los riesgos de incendio.

(Ej. Los contactores LC1 D.K de Schneider están fabricados especialmente para este uso y poseen sus resistencias de preinserción de origen. Mediante tablas se pueden elegir la asociación deseada en función de la potencia de la batería y el aporte al cortocircuito)

30.12 INFLUENCIA DE LOS ARMONICOS

Determinada la potencia reactiva es necesario elegir la batería.

Los condensadores Varplus son utilizables en la mayoría de las aplicaciones.

Sin embargo, cuando en una instalación hay una potencia instalada importante de aparatos electrónicos (variadores, UPS's, etc...), distorsiones en la forma de onda debido a las armónicas introducidas por ellos en la red pueden perforar el dieléctrico de los condensadores.

Para reducir el efecto de las perturbaciones electromagnéticas se deberán tomar precauciones en la instalación de cables y aparatos. Por ser un fenómeno relativamente nuevo es recomendable acudir al asesoramiento de profesionales con experiencia en el tema.

Una correcta instalación y elección de filtros y condensadores evita consecuencias desagradables, garantizando la continuidad de servicio.

30.13 INSTALACION

Los condensadores modernos de ABB o de otros fabricantes con tecnología de punta son completamente libres de PCB, y no hace falta tomar ningunas medidas especiales de protección para instalarlos o manejarlos como las necesarias para los condensadores impregnados con PCB.

Los condensadores de baja tensión tienen aislamiento seco y por consiguiente, no hay ningún riesgo de escapes.

30.14 EJEMPLO DE INSTALACION

a) Instalación sin condensador (Esquema 30.6)

Los kVAr en exceso son facturados.

La potencia en kVA es superior a las necesidades en kW.

$$\mathbf{kVA = kW + kVAr}$$

Característica de la instalación:

500 kW, $\cos\phi = 0.75$

El transformador está sobrecargado

Potencia 666 kVA

$$S = \frac{P}{\cos\phi} = \frac{500}{0.75} = 666.67 \text{ kVA}$$

S = Potencia aparente

El interruptor automático y los cables son elegidos para una corriente total de 963 A.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\phi}$$

Las pérdidas en los cables son calculadas en función del cuadrado de la corriente: $(963)^2$

$$P = R \cdot I^2$$

$\cos\phi = 0.75$

La energía reactiva está suministrada por el transformador y es transportada por la instalación.

Tabla 30.3

El interruptor automático y la instalación están sobredimensionados.
La Tabla siguiente muestra el aumento de la potencia que puede suministrar un transformador corrigiendo a $\cos\phi = 1$.

Cos ϕ	Potencia disponible
1	100 %
0.8	90 %
0.6	80 %
0.4	60 %

b) Instalación con condensador (Esquema 30.7)

El consumo de kVAr queda suprimido o disminuido según el $\cos\phi$ deseado.

Las penalizaciones en el conjunto de la facturación quedan suprimidas.

El contrato de potencia en kVA se ajusta a la demanda real en kW.

$$\text{kVA} = \text{kW} + \text{kVAr}$$

Característica de la instalación:

500 kW, $\cos\phi = 0.928$

El transformador está aligerado

Potencia 539 kVA

Queda disponible una reserva de potencia del 12 %

El interruptor automático y los cables son elegidos para una corriente de 779 A

Las pérdidas en los cables son calculadas en función del cuadrado de la corriente: $(779)^2$

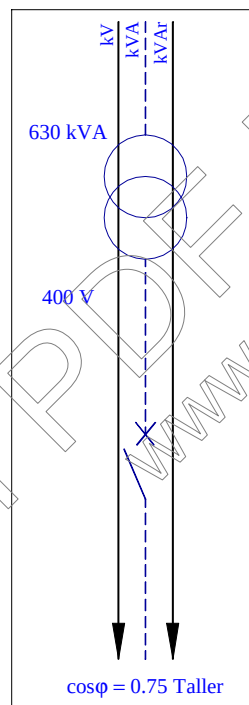
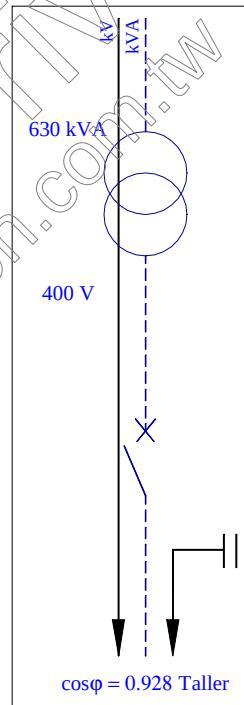
$P = R \cdot I^2$ En donde se economizan kWh

$\cos\phi = 0.928$

La energía reactiva está suministrada mediante la batería de condensadores.

Potencia de la batería: 240 kVAr (ver Tabla 30.3).

Tipo: Rectimat con 4 escalones de 60 kVAr y regulación automática en función de la carga.

Esquema 30.6**Esquema 30.7****30.15 CALCULO DE LA POTENCIA REACTIVA****30.15.1 De batería y condensadores**

a) **Por tabla:** Es necesario conocer:

- La potencia activa consumida en kW
- El $\cos\phi$ inicial
- El $\cos\phi$ deseado

A partir de la potencia en kW y del $\cos\phi$ de la instalación, la Tabla 30.4 nos da, en función del $\cos\phi$ y de la instalación antes y después de la compensación, un coeficiente a multiplicar por la potencia activa para encontrar la potencia de la batería de condensadores a instalar.

Ejemplo:30.1

Se desea calcular la potencia de la batería de condensadores necesaria para compensar el factor de potencia de una instalación que consume una potencia activa $P = 500$ kW desde un $\cos\phi_{\text{Inicial}} = 0,75$ hasta un $\cos\phi_{\text{Final}} = 0,95$

Consultando la Tabla 30.4 obtenemos un coeficiente $c = 0.553$

Entonces la potencia de la batería será:

$$Q = P \cdot C = 500 \times 0.553 = 277 \text{ kVAr}$$

Tabla 30.4

Antes de la compensación		Potencia del condensador en kVAr a instalar por kW de carga para elevar el factor de potencia ($\cos''$) o la tg'' a:									
tg''	$\cos''$	tg''	0.59	0.48	0.45	0.42	0.39	0.36	0.32	0.29	0.25
		$\cos''$	0.86	0.9	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97
1.52	0.55		0.925	1.034	1.063	1.092	1.123	1.156	1.190	1.227	1.268
1.48	0.56		0.886	0.995	1.024	1.053	1.084	1.116	1.151	1.188	1.229
1.44	0.57		0.848	0.957	0.986	1.015	1.046	1.079	1.113	1.150	1.191
1.40	0.58		0.811	0.920	0.949	0.979	1.009	1.042	1.076	1.113	1.154
1.37	0.59		0.775	0.884	0.913	0.942	0.973	1.006	1.040	1.077	1.118
1.33	0.6		0.740	0.849	0.878	0.907	0.938	0.970	1.005	1.042	1.083
1.30	0.61		0.706	0.815	0.843	0.873	0.904	0.936	0.970	1.007	1.048
1.27	0.62		0.672	0.781	0.810	0.839	0.870	0.903	0.937	0.974	1.015
1.23	0.63		0.639	0.748	0.777	0.807	0.837	0.870	0.904	0.941	0.982
1.20	0.64		0.607	0.716	0.745	0.775	0.805	0.838	0.872	0.909	0.950
1.17	0.65		0.576	0.685	0.714	0.743	0.774	0.806	0.840	0.877	0.919
1.14	0.66		0.545	0.654	0.683	0.712	0.743	0.775	0.810	0.847	0.888
1.11	0.67		0.515	0.624	0.652	0.682	0.713	0.745	0.779	0.816	0.857
1.08	0.68		0.485	0.594	0.623	0.652	0.683	0.715	0.750	0.787	0.828
1.05	0.69		0.456	0.565	0.593	0.623	0.654	0.686	0.720	0.757	0.798
1.02	0.7		0.427	0.536	0.565	0.594	0.625	0.657	0.692	0.729	0.770
0.99	0.71		0.398	0.508	0.536	0.566	0.597	0.629	0.663	0.700	0.741
0.96	0.72		0.370	0.480	0.508	0.538	0.569	0.601	0.635	0.672	0.713
0.94	0.73		0.343	0.452	0.481	0.510	0.541	0.573	0.608	0.645	0.686
0.91	0.74		0.316	0.425	0.453	0.483	0.514	0.546	0.580	0.617	0.658
0.88	0.75		0.289	0.398	0.426	0.456	0.487	0.519	0.553	0.590	0.631
0.86	0.76		0.262	0.371	0.400	0.429	0.460	0.492	0.526	0.563	0.605
0.83	0.77		0.235	0.344	0.373	0.403	0.433	0.466	0.500	0.537	0.578
0.80	0.78		0.209	0.318	0.347	0.376	0.407	0.439	0.474	0.511	0.552
0.78	0.79		0.183	0.292	0.320	0.350	0.381	0.413	0.447	0.484	0.525
0.75	0.8		0.157	0.266	0.294	0.324	0.355	0.387	0.421	0.458	0.499
0.72	0.81		0.131	0.240	0.268	0.298	0.329	0.361	0.395	0.432	0.473
0.70	0.82		0.105	0.214	0.242	0.272	0.303	0.335	0.369	0.406	0.447
0.67	0.83		0.079	0.188	0.216	0.246	0.277	0.309	0.343	0.380	0.421
0.65	0.84		0.053	0.162	0.190	0.220	0.251	0.283	0.317	0.354	0.395
0.62	0.85		0.026	0.135	0.164	0.194	0.225	0.257	0.291	0.328	0.369
0.59	0.86			0.109	0.138	0.167	0.198	0.230	0.265	0.302	0.343
0.57	0.87			0.082	0.111	0.141	0.172	0.204	0.238	0.275	0.316
0.54	0.88			0.055	0.084	0.114	0.145	0.177	0.211	0.248	0.289
0.51	0.89			0.028	0.057	0.086	0.117	0.149	0.184	0.221	0.262
0.48	0.9				0.029	0.058	0.089	0.121	0.156	0.193	0.234

Ejemplo:30.2

Cálculo de la potencia en kW de la instalación 500 kW

Cosφ existente en la instalación: cosφ = 0,75 o sea tgφ = 0.88

Cosφ deseado: cosφ = 0.93 o sea tgφ = 0.40

Qc = 500 x 0.487 = 240 kVAr (cualquiera que sea el valor nominal de la tensión de la instalación).

b) A partir del recibo de la compañía distribuidora

El cálculo de potencia a través del recibo es solamente un método aproximado pero muy práctico para el cálculo de baterías. Generalmente proporciona resultados aceptables, pero en el caso que existan regímenes de funcionamiento muy dispares o no se conozcan las horas de funcionamiento, los resultados pueden ser insatisfactorios.

Tabla 30.5
Recibo de la compañía distribuidora

EDEARG S.A. Fechas medición: 27-6-95 / 27-7-95		INDUSTRIAS CARNICAS S.A.		
Potencia contratada	Consumo	Unid.	Pr. Unit	Total
Total	314.00	kW	1301000	1905.95
Energía consumida				
Activa	47730.00	kWh	0.126	1861.26
Reactiva	64000.00	kVArh		2012.61
Subtotal				5779.82
Impuestos				3396.60
TOTAL				9175.86

Datos obtenidos del recibo:

- Energía activa total
 $E_A = 47730 \text{ kW hora}$
- Energía reactiva
 $E_R = 64000 \text{ kVAr hora}$

- Calculamos Tgφ
$$Tg\phi = \frac{64000}{47730} = 1.33$$

- Calculamos el valor de reactiva necesario

$$Q = Z \frac{E_A}{T} (Tg_{\text{Actual}} - Tg_{\text{Deseado}})$$

Donde:

T = Cantidad de horas de trabajo en el período de medición.

En este caso, las horas trabajadas son 18 por día los días de semana:

T = 18 hs x 22 días

T = 396 horas

Para obtener la $\tan \phi$ a partir del $\cos \phi$ utilizamos la Tabla 30.4 y obtenemos:

$\cos \phi$	$\tan \phi$
0.6	1.33
0.95	0.33

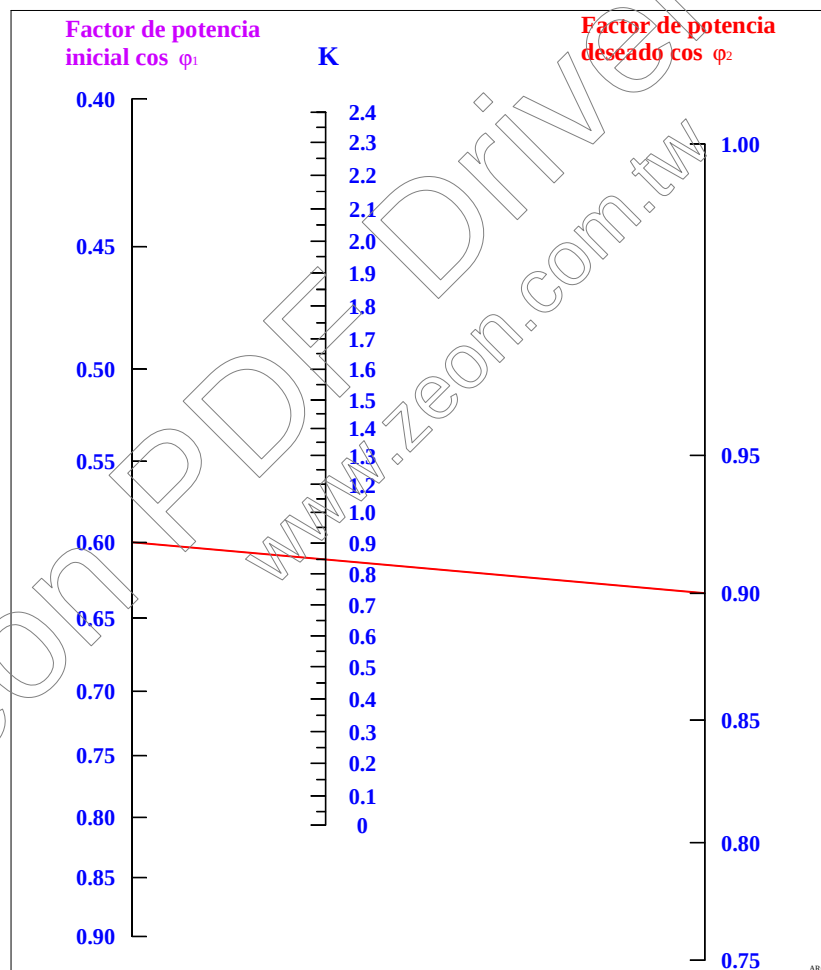
$$Q = \frac{47730}{396}(1.33 - 0.33) \quad Q = 121 \text{ kVAr}$$

Necesitaremos instalar 120 kVAr.

Deberemos a continuación determinar el tipo de compensación (global, parcial, individual o mixta), y el modo de realizarla (compensación fija o automática).

c) Por ábaco

Gráfico 30.9
Nomograma para cálculo de la potencia necesaria Q (kVAr),
para compensación de la carga P (kW)



Potencia reactiva necesaria: $Q_c = P \left(\tan \phi_1 - \tan \phi_2 \right)$

$$\tan \phi = \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \phi} - 1}$$

La expresión entre paréntesis puede también leerse como el factor K en el nomograma del Gráfico 30.9.

Entonces se reduce la fórmula a: $Q_C = P \cdot K$

Ejemplo 30.3

En una planta de baja tensión, el consumo de potencia activa es $P = 120$ kW y el factor de potencia $\cos\phi = 0.6$. El suministrador de energía cobra por consumo de potencia reactiva por debajo de $\cos\phi = 0.9$, es decir, alrededor del 50% de la potencia abonada en kW. Que tamaño deberá tener la batería instalada para alcanzar $\cos\phi = 0.9$ y evitar así pagar el consumo de potencia reactiva? Del nomograma se saca el valor $K = 0.85$ y la potencia necesaria será entonces:

$$P = 120 \text{ kW}$$

$$\cos\phi_1 = 0.6$$

$$\cos\phi_2 = 0.9$$

$$K = 0.85$$

$$Q_C = P \cdot K = 120 \times 0.85 = 102 \text{ kVAr}$$

Pero el tamaño standard más próximo de batería es de 120 kVAr (400 V), por lo tanto $Q_C = 120$ kVAr. El nuevo factor de potencia, que será alrededor de $\cos\phi = 0.95$, se saca del nomograma, calculando el valor de K:

$$K = \frac{Q_C}{P} = \frac{120}{120} \quad \cos\phi = 0.95$$

Ejemplo 30.4

Se va a compensar directamente un motor asíncrono trifásico.

Datos del motor:

$$\text{Potencia nominal} = 132 \text{ kW}$$

$$\text{Tensión nominal} = 380 \text{ V}$$

$$\text{Factor de potencia a la potencia nominal} = 0.85$$

$$\text{Corriente en vacío} = 75 \text{ A}$$

$$\text{Corriente nominal a plena carga} = 240 \text{ A}$$

La potencia en vacío es prácticamente reactiva en su totalidad. La potencia de la batería necesaria será entonces: $Q_C = \sqrt{3} \cdot U \cdot I = \sqrt{3} \times 380 \times 75 = 49.4 \text{ kVAr}$

El tamaño estándar próximo pequeño será una batería de 50 kVAr (400 V) que a 380 V. da 45.1 kVAr.

Si no se conoce la corriente en vacío, se calcula según la fórmula 2 del Esquema 30.5:

$$I_0 = 2 I_{1/1} (1 - \cos \phi_{1/1}) \text{ y se introduce en la fórmula de arriba.}$$

Reducción de pérdidas:

Si I representa la corriente total no compensada, I_p su componente activo el I_q su componente reactivo, entonces:

$$I^2 = I_p^2 + I_q^2$$

Si se pone la resistencia total en la transmisión = R, las pérdidas serán:

$$P_f = R I_p^2 + R I_q^2$$

El término $R_f I_p^2$ es independiente del grado de compensación, y para calcular la reducción de pérdida ΔP_t sólo hace falta entonces contar con las pérdidas debidas a la corriente reactiva antes y después de la compensación.

$$\Delta P_f = R_f (I_{q1}^2 - I_{q2}^2)$$

Para un transformador es: $R_f = \frac{e_r}{100} \cdot \frac{U^2}{1000 S} \quad \Omega/\text{fase}$

Donde:

e_r = Caída de tensión óhmica en %

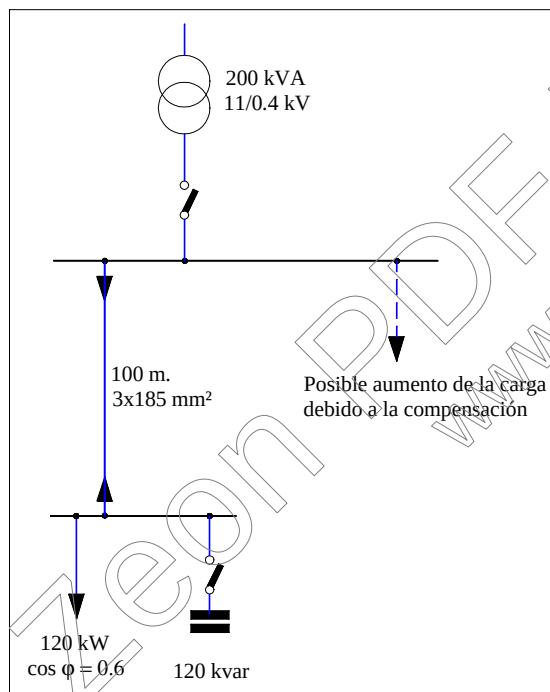
U = Tensión nominal en voltios

S = Potencia del transformador en kVA

Ejemplo 30.5

Suponer que la carga en el ejemplo 1 es alimentada por un transformador de 200 kVA, con $e_r = 2\%$ a través de un cable de 100 m de longitud $3 \times 185 \text{ mm}^2$ (ver Esquema 30.8 siguiente).

Esquema 30.8



El transformador está a plena carga antes de la compensación:

$$S = \frac{P}{\cos \phi} = \frac{120}{0.6} = 200 \text{ kVA}$$

El consumo de potencia reactiva es entonces:

$$Q = S \cdot \sin \phi \quad Q = 200 \times 0.8 = 160 \text{ kVAr}$$

Quando se conecta la batería de 120 kVAr, el consumo de potencia reactiva de la red será:

$$160 - 120 = 40 \text{ kVAr.}$$

Las componentes de la corriente reactiva antes y después de la compensación será:

$$I_{q1} = \frac{Q}{\sqrt{3} \cdot U} \quad I_{q1} = \frac{160}{\sqrt{3} \cdot 0.4} = 231 \text{ A}$$

$$I_{q2} = \frac{40}{\sqrt{3} \cdot 0.4} = 58 \text{ A}$$

La resistencia R_t del transformador convertida para la parte de baja tensión es:

$$R_f = \frac{2}{100} \cdot \frac{400^2}{1000 \cdot 200} = 0.016 \quad \Omega/\text{fase}$$

La resistencia por fase R_k en cables de baja tensión puede calcularse como aproximadamente 100 m. la resistencia total será entonces:

$$R = R_k + R_f \quad R = 0.01 + 0.016 = 0.026 \quad \Omega/\text{fase}$$

La reducción total de pérdidas en tres fases será:

$$\Delta P_f = 3 \cdot R \cdot (I_{q1}^2 - I_{q2}^2) \quad \Delta P_f = 3 \cdot 0.026 (231^2 - 58^2) = 3.9 \text{ kW}$$

Aumento de tensión:

Para calcular el incremento de tensión obtenido después de conectar un condensador se aplica aproximadamente:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot U \cdot X_k \cdot I_c$$

Donde:

ΔU = Diferencia de tensión en voltios

X_k = Reactancia de cortocircuito en Ω en el punto donde se conecta el condensador

I_c = Corriente del condensador en amperios

La fórmula puede escribirse también:

$$\Delta U = U \cdot \frac{Q_c}{S_k}$$

Donde:

Q_c = Potencia del condensador en MVar

S_k = Potencia de cortocircuito en MVA en el punto donde se conecta el condensador

El aumento porcentual de tensión será entonces:

$$\Delta U \% = \frac{Q_c}{S_k} \cdot 100 \text{ (\%)}$$

Ejemplo 30.6

Si la potencia de cortocircuito es entonces $S_k = 4 \text{ MVA}$ en el punto donde se conecta el condensador del Esquema 30.8, el incremento de la tensión será entonces:

$$\Delta U = \frac{0.120}{4} \cdot 100 = 3\%$$

CAPITULO 31

DEFINICIONES Y TERMINOLOGIA

Zeon PDF Driver
www.zeon.com.tw

CAPITULO 31

DEFINICIONES Y TERMINOLOGIA

31.1 TERMINOLOGIA

Los términos que se dan a continuación, tienen el significado que se indica:

31.1.1 Acometida

Conjunto de conductores y accesorios utilizados para conectar los equipos de protección y/o medida de una instalación interior a una red de distribución.

31.1.2 Accesorios

Material complementario utilizado en instalaciones eléctricas, cuyo fin principal es cumplir funciones de índole más bien mecánicas que eléctricas.

31.1.3 Aislación

Conjunto de elementos aislantes que intervienen en la ejecución de una instalación o construcción de un aparato o equipo cuya finalidad es aislar las partes activas.

31.1.4 Baja tensión

Circuitos con una diferencia de potencial entre conductores, igual o menor a 600 V.
Nivel de tensión igual o inferior a 1000 V.

31.1.5 Caja

Elemento incombustible adecuado para alojar dispositivos y accesorios de una instalación de interiores

31.1.6 Canalización

Medio para el tendido, instalación, conducción y protección mecánica de conductores eléctricos.

31.1.6.1 Canalización a la vista

Canalizaciones observables a simple vista.

31.1.6.2 Canalización empotradas o embutida

Canalizaciones empotradas en perforaciones o calados hechos en los muros, losas, vigas, columnas, entrepisos o entretechos de una construcción, recubiertas por las terminaciones o enlucidos.

31.1.6.3 Canalización oculta

Canalizaciones colocadas en lugares que no permiten su visualización directa, pero que son accesibles en toda su extensión.

31.1.7 Conductor activo

Se consideran como conductores activos en toda instalación los destinados normalmente a la transmisión de energía eléctrica, ésta consideración se aplica a los conductores de fase y al conductor neutro en corriente alterna.

31.1.8 Conector

Dispositivo destinado a establecer una conexión eléctrica entre dos o más conductores por medio de presión mecánica.

31.1.9 Contactos directos

Contactos de personas con partes activas de los materiales y equipos

31.1.10 Contactos indirectos

Contactos de personas o animales con masas puestas accidentalmente bajo tensión.

31.1.11 Corriente de contacto

Es la corriente que pasa a través del cuerpo humano cuando está sometido a una tensión.

31.1.12 Cortocircuito

Conexión accidental de impedancia despreciable entre 2 puntos a distintos potenciales.

31.1.13 Dispositivo

Elementos de un sistema eléctrico por los cuales circula corriente pero no la consume como ser: Interruptores, enchufes, fusibles.

31.1.14 Empalme

Forma de unir dos o más conductores.

31.1.15 Factor de demanda

Es la relación entre la demanda máxima y la potencia total instalada siendo esta última referida a la carga o demanda (no se debe confundir con potencia total instalada para satisfacer la demanda), es válido en un determinado punto y periodo de tiempo.

31.1.16 Factor de diversidad

Es la relación de la suma de las demandas máximas individuales y la demanda máxima de todo el sistema, es válido en un determinado punto y período de tiempo.

31.1.17 Factor de coincidencia o simultaneidad

Es la relación entre la demanda máxima de todo el sistema y la suma de las demandas máximas individuales. Es el inverso del factor de diversidad. Es válido en un determinado punto y período de tiempo.

31.1.18 Factor de carga

El factor de carga es la relación entre la demanda media y la demanda máxima, es válido en un determinado punto y período de tiempo.

31.1.19 Factor de instalación

Es la relación entre la potencia total instalada en la fuente y la potencia total instalada en la carga, es válido en un determinado punto y período de tiempo.

31.1.20 Factor de reserva

Es la relación entre la potencia total instalada (en la fuente) y la demanda máxima. Es la relación inversa del factor de utilización. Es válido en un determinado punto y período de tiempo.

31.1.21 Factor de responsabilidad en la demanda máxima

Este factor se define como la relación entre la demanda de una carga en el momento de la demanda máxima del sistema y la demanda máxima de esta carga. Es válido en un determinado punto y período de tiempo. La relación inversa de este factor es llamado factor de participación en la demanda máxima.

31.1.22 Factor de utilización

Es la relación entre la demanda máxima y la potencia total instalada para satisfacer esta demanda (Potencia en fuente no se debe confundir con potencia instalada en carga), es válido en un determinado punto y período de tiempo.

31.1.23 Instalación interior

Instalación eléctrica construida en el interior de una propiedad particular, ubicada tanto en el interior de los edificios como en la intemperie.

31.1.24 Interruptor

Elemento de una instalación, destinado a conectar o desconectar un circuito y/o su respectiva carga, ya sea en vacío o con carga. Su capacidad nominal se fijará en función de su tensión nominal y de las corrientes nominales de carga y/o de interrupción.

31.1.25 Interruptor automático (Disyuntor)

Dispositivo de protección y maniobra cuya función es desconectar automáticamente una instalación o parte de ella, por la acción de un elemento bimetálico y/o elemento electromagnético, cuando la corriente que circule por él, exceda un valor pre-establecido en un tiempo dado. Se define por el número de polos, tensión nominal, corriente nominal permanente y corriente nominal de apertura en kiloamperios simétricos y eventualmente el tipo de chasis, montaje o instalación.

31.1.26 Seccionador

Aparato destinado a interrumpir la continuidad de un conductor cuando por éste no circula ninguna corriente.

31.1.27 Luminaria

Aparato que sirve para repartir, filtrar, o transformar la luz de las lámparas y que incluye todas las piezas necesarias para fijar y proteger las lámparas y para conectarlas al circuito de alimentación.

31.1.28 Tomacorrientes

Es el dispositivo por donde se toma corriente para alimentar artefactos eléctricos, mediante clavijas, espigas y sin necesidad de unión mecánica alguna.

31.1.29 Aparamenta

Material que tiene como misión ser conectado en un circuito eléctrico con el fin de asegurar una o varias funciones.

31.1.30 Cable multipolar

Es el formado por dos o más cables aislados entre sí con envoltente común.

31.1.31 Circuito de protección

Es el circuito formado por conductores, derivaciones y empalmes que forman las diferentes partes de la puesta a tierra de un edificio.

31.1.32 Circuito eléctrico

Conjunto de materiales eléctricos de una instalación, alimentados a partir de un mismo origen y protegidos contra sobreintensidades por un mismo o varios dispositivos de protección.

31.1.33 Circuito terminal

Circuito conectado directamente a los aparatos de utilización o a bases de tomacorriente.

31.1.34 Conductividad

Es una característica intrínseca de los materiales que favorece el paso de la corriente eléctrica.

31.1.35 Conductor

Genéricamente, es todo material capaz de conducir corriente eléctrica.

31.1.36 Conductor equipotencial

Conductor de protección que asegura una conexión a igual potencial.

31.1.37 Conductor de fase

Es el conductor que transporta la energía eléctrica y está en tensión respecto a tierra.

31.1.38 Conexión equipotencial

Conexión eléctrica que pone al mismo potencial dos partes de un circuito.

31.1.39 Corriente admisible de un conductor

Valor máximo de la corriente que puede recorrer permanentemente por un conductor en condiciones específicas, sin que su temperatura de régimen permanente sea superior al valor especificado.

31.1.40 Corriente de contacto

Corriente que pasa a través del cuerpo humano cuando está sometido a una tensión.

31.1.41 Corriente de cortocircuito

Sobreintensidad producida por un fallo de impedancia despreciable entre dos conductores activos que presentan una diferencia de potencial en servicio normal.

31.1.42 Corriente de fuga

Corriente que, en ausencia de fallos, se transmite a tierra o a elementos conductores del circuito.

31.1.43 Defecto franco

Conexión accidental de un conductor de fase con un conductor neutro o una masa metálica.

31.1.44 Descarga atmosférica

Paso instantáneo de una acumulación de cargas eléctricas de una nube a tierra o de nube a nube.

31.1.45 Electrodo de tierra

Es toda masa metálica en buen contacto permanente con el terreno encargado de introducir en el terreno las corrientes de falla o de origen atmosférico.

31.1.46 Pica

Electrodo vertical encargado de introducir en el terreno las corrientes de defecto.

31.1.47 Resistencia de tierra

Relación entre la tensión que alcanza, con respecto a un punto de potencial cero, una instalación de puesta a tierra y la corriente que la recorre.

31.1.48 Resistividad

Característica intrínseca de los materiales que se oponen al paso de la corriente eléctrica.

31.2 DEFINICIONES

Las siguientes definiciones son aplicables en el texto.

31.2.1 Material eléctrico

Todo material, utilizado para la producción, transformación, distribución o utilización de la energía eléctrica, tales como máquinas, transformadores, aparatos, instrumentos, dispositivos de protección, conductores, etc.

31.2.2 Instalación eléctrica

Toda combinación de materiales eléctricos interconectados dentro de un espacio determinado.

31.2.3 Circuito eléctrico (circuito)

Conjunto de medios a través de los cuales puede circular la corriente eléctrica.

31.2.4 Parte activa

Conductores o partes conductoras de materiales o equipos que en condiciones normales se encuentran bajo tensión de servicio pudiendo en condiciones anormales estar momentáneamente o permanentemente bajo sobretensión.

Las partes activas incluyen al conductor neutro, y las partes conductoras conectadas a él.

31.2.5 Masa

Parte conductora de un equipo o material eléctrico, aislada respecto de los conductores activos, pero que en condiciones de falla puede quedar sometida a tensión.

31.2.6 Tierra

Masa conductora de tierra, o todo conductor de impedancia muy pequeña, propositadamente conectada a tierra con objeto de establecer continuidad eléctrica y mejorar la dispersión de corrientes de tierra.

31.2.7 Elemento conductor ajeno a la instalación, (elemento conductor)

Elemento que no forma parte de la instalación eléctrica y que es susceptible de propagar un potencial.

Nota: Pueden ser elementos conductores:

- Elementos metálicos utilizados en la construcción del edificio.
- Cañerías metálicas de gas, agua, calefacción, etc., y los aparatos no eléctricos que se encuentran conectados a ellas (radiadores, lavaplatos, etc.).
- Pisos y paredes no aislados.

31.2.8 Conductor de protección

Los conductores de protección sirven, para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos con el fin de asegurar la protección contra los contactos indirectos.

Se define también, como el conductor utilizado en ciertas medidas de protección contra las descargas eléctricas en caso de falla, y para conectar las masas:

- A otras masas
- A elementos conductores
- A tomas de tierra, a un conductor conectado a tierra, o a una parte activa conectada a tierra.

31.2.9 Conductor neutro

Conductor conectado al punto neutro y destinado a la conducción de energía eléctrica.

En ciertos casos y condiciones especificadas, las funciones del conductor neutro y el conductor de protección pueden ser combinadas en un solo y mismo conductor.

31.2.10 Toma de tierra

Una o varias piezas conductoras enterradas en el suelo y destinadas a asegurar un contacto eléctrico eficiente con la masa general de la tierra.

31.2.11 Tomas de tierra eléctricamente independientes

Tomas de tierra suficientemente alejadas las unas de las otras, para que la corriente máxima susceptible de atravesar una de ellas no modifique sensiblemente el potencial de las otras.

31.2.12 Protección contra contacto directo o protección fundamental

Prevención de contactos peligrosos de personas y animales domésticos con partes activas.

31.2.13 Protección contra contacto directo o protección suplementaria

Prevención de contactos peligrosos de personas y animales domésticos contra:

- Las masas
- Los elementos conductores ajenos a la instalación eléctrica susceptibles de encontrarse bajo tensión en caso de falla.

31.2.14 Corriente admisible de un conductor

Valor constante de la intensidad de corriente que un conductor puede soportar en condiciones dadas sin que su temperatura en régimen permanente sea superior al valor especificado.

31.2.15 Sobrecorriente

Toda corriente superior a la corriente nominal.

- a) Según su magnitud de duración una sobre intensidad puede tener o no efectos dañinos.
- b) Para los conductores, la corriente admisible es considerada como corriente nominal.

31.2.16 Corriente de sobrecarga

Sobrecorriente que se produce en un circuito eléctricamente no dañado (cuyo origen no es una falla).

31.2.17 Corriente de cortocircuito

Sobrecorriente causada por contacto directo de impedancia despreciable, entre dos puntos que en condiciones normales de servicio presentan una diferencia de potencial.

31.2.18 Corriente de falla

Corriente resultante de un defecto de la aislamiento

31.2.19 Corriente de falla a tierra

Corriente de falta que fluye a la tierra.

31.2.20 Corriente de “shock” (corriente patofisiológicamente peligrosa)

Corriente que atraviesa el cuerpo humano o el de un animal y cuya intensidad dependiendo de la frecuencia, armónicos y duración, puede causar daños al organismo.

Nota: La intensidad de la corriente de “shock” depende de las circunstancias y de los individuos.

31.2.21 Corriente de fuga a tierra

Corriente que fluye de un circuito sin falla a tierra o a elementos conductores.

31.2.22 Corriente diferencial-residual

Valor eficaz de la suma de valores instantáneos de la corriente que circula a través de todos los conductores activos de un circuito en un punto de la instalación.

31.2.23 Partes simultáneamente accesibles

Conductores o partes conductoras que pueden ser tocadas simultáneamente por una persona.

Nota: Pueden ser partes simultáneamente accesibles:

- Partes activas
- Masa
- Elementos conductores
- Tomas de tierra
- Conductores de protección

31.2.24 Volumen de accesibilidad al contacto

Volumen alrededor del emplazamiento donde las personas se encuentran y circulan habitualmente, limitado por la superficie que una persona puede alcanzar con su mano.

31.2.25 Demanda máxima

Mayor demanda que se presenta en una instalación o parte de ella. Es valida en un determinado punto y periodo de tiempo

31.2.26 Demanda media

Valor promedio de los valores de demanda que se presentan en una instalación o parte de ella. Es válida en un punto y periodo determinado. Se interpreta como la demanda que siendo constante en el tiempo, consume la misma energía que si la demanda fuese variable.

- Conectados a ella (radiadores, lavaplatos, etc.)
- Pisos y paredes no aislados.

31.2.27 Estanco

Material que no permite el paso o ingreso de un determinado agente. Por ejemplo: Un material estanco al agua, es aquel que no permite la entrada de agua.

31.2.28 Instrucción obligatoria

Es aquella que en la aplicación de la norma se debe cumplir obligatoriamente. Se caracteriza por el uso de las palabras “debe”, “deben” o “deberán”.

31.2.29 Moldura

Ducto generalmente de material plástico o metálico utilizado en canalizaciones a la vista.

31.2.30 Partes accesibles

Conductores o partes conductoras que pueden ser tocadas por una persona.

Pueden ser partes accesibles:

- Partes activas,
- Masas
- Elementos conductores,
- Tomas de tierra,
- Conductores de protección.

31.2.31 Potencia total instalada en carga

Es la suma de las potencias nominales de los equipos o puntos conectados a un circuito, es válida en un determinado punto y periodo de tiempo.

31.2.32 Potencia total instalada en fuente

Es la suma de las potencias nominales de los equipos destinados a satisfacer una demanda, es válida en un determinado punto y período de tiempo.

31.1.33 Tensión nominal de un conductor

Tensión a la que el conductor debe poder funcionar permanentemente en condiciones normales de servicio.

31.2.34 Tensión nominal

Valor convencional de la tensión con la que se denomina un sistema o instalación y para los que ha sido previsto su funcionamiento y aislamiento

31.2.35 Tensión de servicio

Valor convencional de la tensión de suministro de energía eléctrica a los abonados o consumidores, puede variar en límites establecidos por ley.

31.2.36 Tensión de contacto

Tensión que aparece entre partes simultáneamente accesibles.

31.2.37 Rangos de tensión

Se definen los siguientes rangos de tensión para frecuencia ≤ 60 Hz y voltaje ≤ 1000 V:

a) Rango I

Comprende:

- Instalaciones en las que la protección contra choques o “shock” (contactos eléctricos) está asegurada en ciertas condiciones por el valor de la tensión.
- Instalaciones cuya tensión está limitada por razones operacionales (por ejemplo instalaciones de telecomunicaciones, señalización, control, alarma).

b) Rango II

Comprende las tensiones nominales de alimentación de las instalaciones domésticas, comerciales e industriales.

La Tabla 31.1 muestra los rangos de tensión de acuerdo a la conexión del sistema respecto de tierra.

- Para sistemas directamente conectados a tierra, de acuerdo a los valores eficaces de la tensión entre un conductor de fase y la tierra, y entre dos conductores de fase.
- Para sistemas no conectados directamente a tierra, de acuerdo al valor eficaz de la tensión entre dos conductores de fase

Tabla 31.1
Rangos de tensión

Rango	Sistema directamente conectado a tierra		Sistema no conectado directamente a tierra
	Fase – Tierra (V)	Fase – Fase (V)	Fase – Fase (V)
I	$U \leq 50$	$U \leq 50$	$U \leq 50$
II	$50 < U \leq 600$	$50 < U \leq 1000$	$50 < U \leq 1000$

ANEXO 1

APARATOS MODULARES PARA INSTALACIONES EN BAJA TENSION

Zeon PDF Driver
www.zeon.com.tw

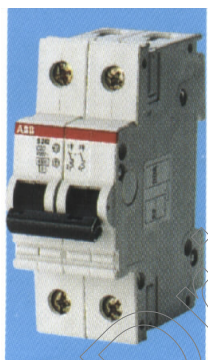
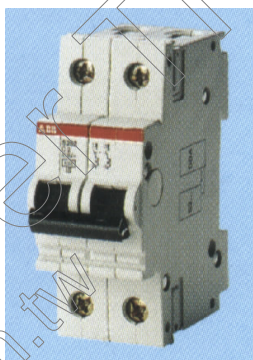
ANEXO 1

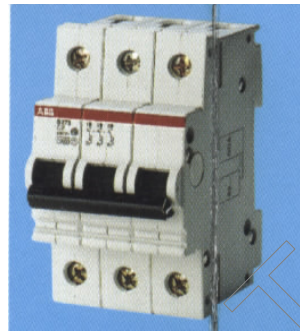
APARATOS MODULARES PARA INSTALACIONES EN BAJA TENSION

1.1 INTRODUCCION

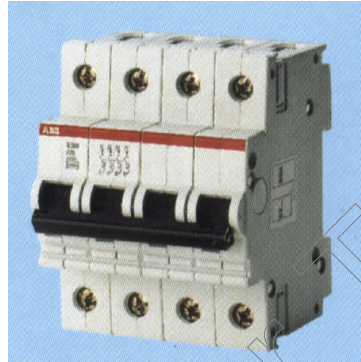
Para las instalaciones en baja tensión, además de los Disyuntores (Interruptores Automáticos) y los Dispositivos Diferenciales ya descritos en capítulos anteriores, se dispone en el mercado otros aparatos que describiremos de manera sucinta a continuación, sobre la base del catalogo ABB Electroconduttore, Gama de productos System pro M, de octubre de 1999.

1.2 INTERRUPTORES AUTOMATICOS (DISYUNTORES)

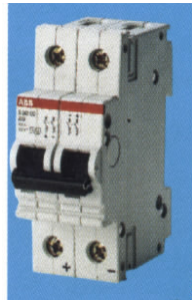
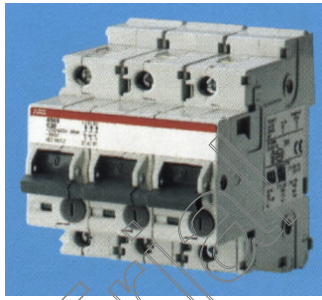
									
Gama			S 240	S 250					
Curva			C	B	C		K		
Corriente nominal (A)			6áIná40	6áIná63	0.5áIná2	3áIná63	0.5áIná2	3áIná63	
Norma de referencia		Nº de polos	Ue (V)						
IEC 23-3 / EN 60898	Icn	1-4	230/400	4.5	6	6	6		
		1	230	6	10	∞	10	∞	10
	Icu	1+N,2	127	10	30	∞	30	∞	30
			230	6	20	∞	20	∞	20
		2	400	7.5	10	∞	10	∞	10
			230	10	20	∞	20	∞	20
		3.4	400	7.5	10	∞	10	∞	10
			230	6	7.5	∞	7.5	∞	7.5
	Ics	1+N,2	127	10	22.5	∞	22.5	∞	22.5
			230	6	15	∞	15	∞	15
		2	400	5.6	7.5	∞	7.5	∞	7.5
			230	10	15	∞	15	∞	15
		3.4	400	5.6	7.5	∞	7.5	∞	7.5
			230	6	7.5	∞	7.5	∞	7.5
EN IEC 60947-2 Corriente alterna	Icu	1	≤24	8	20	∞	20	∞	20
			≤60	6	10	∞	10	∞	10
		2	≤48	8	20	∞	20	∞	20
			≤75	6	10	∞	10	∞	10
			≤110	6	10	∞	10	∞	10
			≤110	6	10	∞	10	∞	10
	Ics	1	≤24	8	20	∞	20	∞	20
			≤60	6	10	∞	10	∞	10
		2	≤48	8	20	∞	20	∞	20
			≤75	6	10	∞	10	∞	10
			≤110	6	10	∞	10	∞	10
			≤110	6	10	∞	10	∞	10



Gama				S 250				
Curva				B	C, D		K	
Corriente nominal (A)				6ÁIná63	0.5ÁIná2	3ÁIná63	0.5ÁIná2	3ÁIná63
Norma de referencia		Nº de polos	Ue (V)					
IEC 23-3 / EN 60898	Icn	1-4	230/400	10	10	10		
EN IEC 60947-2 Corriente alterna	Icu	1	230	15	∞	15	∞	15
		1+N,2	127	35	∞	35	∞	35
		230	25	∞	25	∞	25	25
		2	400	15	∞	15	∞	15
		3.4	230	20	∞	20	∞	20
		400	15	∞	15	∞	15	15
	Ics	1	230	11.2	∞	11.2	∞	11.2
		1+N,2	127	26.2	∞	26.2	∞	26.2
		230	18.7	∞	18.7	∞	18.7	18.7
		2	400	11.2	∞	11.2	∞	11.2
		3.4	230	15	∞	15	∞	15
		400	11.2	∞	11.2	∞	11.2	11.2
EN IEC 60947-2 Corriente alterna	Icu	1	≤24	30	∞	30	∞	30
			≤60	15	∞	15	∞	15
		2	≤48	30	∞	30	∞	30
			≤75	15	∞	15	∞	15
			≤110	15	∞	15	∞	15
	Ics	1	≤24	30	∞	30	∞	30
			≤60	15	∞	15	∞	15
		2	≤48	30	∞	30	∞	30
			≤75	15	∞	15	∞	15
			≤110	15	∞	15	∞	15



Gama				S 280									
Curva				B, C, D				Z			K, Z		
Corriente nominal (A)				In=6	10áIná25	32áIná40	50áIná63	0.5áIná2	3áIná8	50áIná63	10áIná25	32áIná40	
Norma de referencia		Nº de polos	Ue (V)										
IEC 23-3 / EN 60898	Icn	1-4	230/400	10	25	15	10						
EN IEC 60947-2 Corriente alterna	Icu	1	230	15	25	20	15	∞	15	15	25	20	
		1+N,2	127	30	50	40	30	∞	30	30	50	40	
			230	25	40	30	25	∞	25	25	40	30	
		2	400	15	25	20	15	∞	15	15	25	20	
		3,4	230	20	40	30	20	∞	20	20	40	30	
			400	15	25	20	15	∞	15	15	25	20	
	Ics	1	230	11.25	25	20	11.25	∞	11.2	11.2	25	20	
		1+N,2	127	22.5	37.5	30	22.5	∞	22.5	22.5	37.5	30	
			230	18.75	30	22.5	18.75	∞	18.7	18.7	30	22.5	
		2	400	11.25	18.75	15	11.25	∞	11.2	11.2	18.7	15	
		3,4	230	15	30	22.5	15	∞	15	15	30	22.5	
			400	11.25	12.5	10	11.25	∞	11.2	11.2	12.5	10	
	EN IEC 60947-2 Corriente alterna	Icu	1	≤24	30	30	30	30	∞	30	30	30	30
			2	≤60	15	15	15	15	∞	15	15	15	15
				≤48	30	30	30	30	∞	30	30	30	30
				≤75	15	15	15	15	∞	15	15	15	15
Ics		1	≤110	15	15	15	15	∞	15	15	15	15	
			≤24	30	30	30	30	∞	30	30	30	30	
			≤60	15	15	15	15	∞	15	15	15	15	
		2	≤48	30	30	30	30	∞	30	30	30	30	
			≤75	15	15	15	15	∞	15	15	15	15	
			≤110	15	15	15	15	∞	15	15	15	15	

											
Gama				S 280UC		S 290		S 500			
Curva				B, C, K, Z		C, D		B, C, D		K reg.	
Corriente nominal (A)				0.5áIná40		10áIná25		32áIná40		50áIná63	
Norma de referencia		Nº de polos	Ue (V)								
IEC 23-3 / EN 60898		Icn	1-4	230/400			10		25		
EN IEC 60947-2 Corriente alterna	Icu	1	230	12.5	12.5	15		50			
			400	6	4.5			50			
		1+N,2	127	50	20	50		50			
			230	25	10	25		50			
		2	400	12.5	4.5	15		50			
		3.4	230			25		50	50	30	
	400				15		50	50	30		
	3	500					15	20	15		
		690					6	6	6		
	Ics	1	230	12.5	12.5	10		25			
			400	6	4.5			25			
			127	50	20	25		25			
			230	25	10	20		25			
		2	400	12.5	4.5	10		25			
			230			20		25	30	25	
		3.4	400			10		25	30	25	
			500					11	15	11	
		3	690					3	3	3	
			Icu	1	≤24	50	50	15		30	
		≤60			30	40	15		30		
≤75		15			20			30			
≤250		6			4.5						
2		≤48		50	50	20		30			
	≤75	30		40	15		30				
	≤110	30		40	15		30				
	≤250	25		25							
Ics	1	≤500	6	4.5							
		≤24	50	50	15		30				
		≤60	30	30	15		30				
		≤75	15	15			30				
	2	≤250	6	6							
		≤48	50	50	20		30				
		≤75	30	40	15		30				
		≤110	30	40	15		30				
	≤250	25	25								
	≤500	6	4.5								

1.3 INTERRUPTORES Y BLOQUES DIFERENCIALES

1.3.1 Magnetotérmicos diferenciales

MAGNETOTERMICOS DIFERENCIALES							
Gama			ELETTROSTOP				VARIMAT
			DS 121	DS 642 P	DS 650	DS 670	DS 850
Corriente nominal In	(A)		6...32	6...32	0.5...63 6...32 (DS651)	0.5...63	10...20
Poder de corte	(kA)	Tensión (V)					
Norma de referencia							
EN IEC 61009	Icn		4.5	4.5	6	10	6
EN IEC 60947-2	Icu	230	6	6	20	25	15
	Ics	230	6	6	15	20	10
	Icu	400-415			10	15	10
	Ics	400-415			7.5	10	7.5
Poder de corte diferencial	(kA)						
EN IEC 61009	I _{dm}	230/240	4.5	4.5	6 0.5 para DS 651	7.5	6
Curva característica de corte TM	Im	B			•		
		C	•	•	•	•	•
Sensibilidad diferencial nominal	(A)	B			0.03-0.3		
		C	0.03-0.3	0.03-0.3	0.01-0.03-0.3	0.03-0.3	0.03/0.2

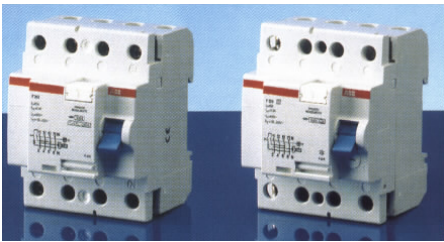
1.3.2 Relé diferencial RD1

Los relés diferenciales RD1, proporcionan protección de los cables contra contactos indirectos, en instalaciones trifásicas con intensidades nominales hasta 1000 A. La regulación de sensibilidad y tiempo se realiza mediante minidip.

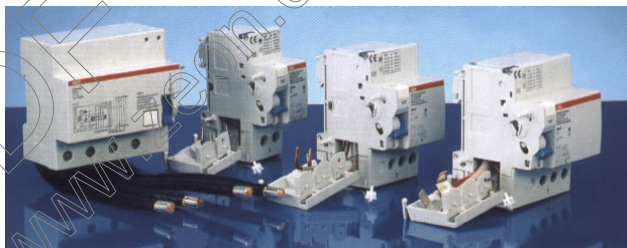
Los siete transformadores externos disponibles, llevan a cabo la función de detección de las corrientes de dispersión, produciendo una señal al circuito secundario para la intervención del relé.

	Tensión nominal Ue	(V)	c.a., c.c. 110, c.a. 380
	Máx. salida de contacto In	(A)	5 (óhmios)
	Frecuencia nominal	(Hz)	50/60
	Regulación de sensibilidad	(A)	0.03 a 2
	Regulación tiempo de intervención	(S)	0.02 a 5
	Consumo	(W)	1.7...5
	Módulos	(n°)	3
	Normas de referencia		CEI 41-1, IEC 255, VDE 0664

1.3.3 Diferenciales puros

DIFERENCIALES PUROS						
Gama		ELETTROSTOP		VARISTOP		
		F 360	F 660	F 370	F 670	F 390 sel
Nº polos		2P, 4P	2P, 4P	2P, 4P	2P, 4P	2P, 4P
Corriente nominal In	(A)	16...80	80...125	16...80	80...125	40...63
Tensión nominal Ue	(V)	c.a. 230/400	c.a. 230/400	c.a. 230/400	c.a. 230/400	c.a. 230/400
Poder de corte diferencial	(kA)					
EN IEC 61008	I _{dm}	0.5 (F362)	2	1.5	2	1.5
		1.5 (F364)				
Resistencia al cortocircuito con protección en back-up mediante:	Inc (kA)					
Fusible gI 63 A		6	-	6	-	6
Fusible gI 125 A		6 (solo para 80 A)	10	6 (solo para 80 A)	10	
Disyuntor S 250-S 290		5	5	5	5	5
Disyuntor S 270		6	6	6	6	6
Disyuntor S 280		6	6	6	6	6
Sensibilidad diferencial nominal	(A)	0.01-0.03-0.3-0.5	0.03-0.3	0.01-0.03-0.3-0.5	0.03-0.3	0.3-0.5

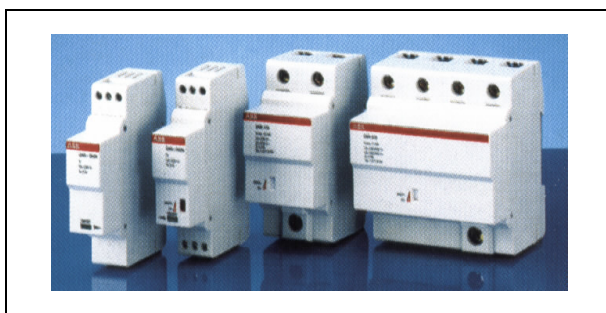
1.3.4 Bloques diferenciales

BLOQUES DIFERENCIALES										
Gama			DDA 60		DDA 70		DDA 90 sel		DDA 60 AE	DDA 60 AP
Nº polos			2P, 3P, 4P	2P, 4P	2P, 3P, 4P	2P, 4P	2P, 3P, 4P	2P, 4P	2P, 3P, 4P	2P, 3P, 4P
Corriente nominal In (A)			25-40-63	100	25-63	100	63	100	63	63
Tensión nominal Ue (V)			c.a. 230/400	c.a. 230/400	c.a. 230/400	c.a. 230/400	c.a. 230/400	c.a. 230/400	c.a. 230/400	c.a. 230/400
Poder de corte según EN IEC 61009	Icn		Equivalente al interruptor automático (Disyuntor) acoplado							
Poder de corte según EN IEC 60947-2	Icn									
Poder de corte diferencial	I _{dm}	(kA)								
Con S 250			6		6		6		6	6
Con S 270			7.5		7.5		7.5		7.5	7.5
Con S 280 (10...25°)			12.5		12.5		12.5		12.5	12.5
Con S 280 (32...40°)			7.5		7.5		7.5		7.5	7.5
Con S 290				7.5		7.5		7.5		
Sensibilidad nominal (A)			0.03-0.1-0.3-0.5-1-2	0.03-0.3	0.03-0.1-0.3-0.5-1	0.03-0.3	0.1-0.3-0.5-1-2	0.3-1	0.03-0.3-0.5-1	0.03-0.3

1.4 DISPOSITIVOS DE PROTECCION

1.4.1 Descargadores de sobretensiones OVR

El sistema OVR, el cual comprende dispositivos de protección de líneas eléctricas en baja tensión, líneas telefónicas y de transmisión de datos, asegura protección contra sobretensiones de tipo transitorio originadas por descargas atmosféricas, maniobras de aparatos eléctricos y disturbios parásitos existentes en las mismas líneas. Los dispositivos están provistos de señalización óptica de fin de vida útil, a distancia puede ser enviada una señal óptica/acústica mediante el accesorio OVR/SING



Protección para líneas eléctricas principales

		OVR 315	OVR 155
Tensión nominal Ue	(V)	c.a. 230/400	c.a. 230/400
Frecuencia	(Hz)	50/60	50/60
Máx corriente transitoria de descarga máx (8/20)	(kA)	65	65
Número de descargas	(n°)	1	1
Máx corriente transitoria nominal (8/20)	(kA)	20	20
Número de descargas	(n°)	20	20
Tensión max residual Up	(kV)	2	2
Tiempo de respuesta	(ms)	≤ 25	≤ 25
Módulos	(n°)	4	2
Norma de referencia		NFC 61-740 (ed. 1995) IEC 1643-1	

Protección para líneas eléctricas principales

		OVR 340	OVR 140
Tensión nominal Ue	(V)	c.a. 230/400	c.a. 230
Frecuencia	(Hz)	50/60	50/60
Máx corriente transitoria de descarga máx (8/20)	(kA)	40	40
Número de descargas	(n°)	1	1
Máx corriente transitoria nominal (8/20)	(kA)	10	10
Número de descargas	(n°)	20	20
Tensión max residual Up	(kV)	1.2 / 1.8	1.2 / 1.8
Tiempo de respuesta	(ms)	≤ 25	≤ 25
Módulos	(n°)	4	2
Norma de referencia		NFC 61-740 (ed. 1995) IEC 1643-1	

Protección para líneas eléctricas

		OVR 315	OVR 155
Tensión nominal Ue	(V)	c.a. 230/400	c.a. 230
Frecuencia	(Hz)	50/60	50/60
Máx corriente transitoria de descarga máx (8/20)	(kA)	15	15
Número de descargas	(n°)	1	1
Máx corriente transitoria nominal (8/20)	(kA)	5	5
Número de descargas	(n°)	20	20
Tensión max residual Up	(kV)	1.2/1.8	1.2/1.8
Tiempo de respuesta	(ms)	≤ 25	≤ 25
Módulos	(n°)	4	4
Norma de referencia		NFC 61-740 (ed. 1995) IEC 1643-1	

Protección para líneas telefónicas y transmisión de datos

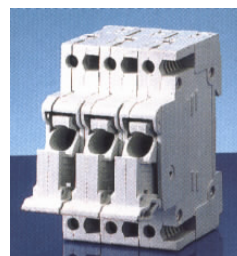
		OVR/TEL
Tensión nominal Ue	(V)	De c.c. 48 V hasta c.c. 200 V
Máx corriente transitoria de descarga máx (8/20)	(kA)	10
Número de descargas	(n°)	1
Máx corriente transitoria nominal (8/20)	(kA)	5
Número de descargas	(n°)	10
Tensión max residual Up	(kV)	0.3
Tiempo de respuesta	(ms)	≤ 25
Módulos	(n°)	1
Norma de referencia		NFC 61-740 (ed. 1995) IEC 1643-1

Señalización

		OVR/SING
Tensión nominal Ue	(V)	c.a. 230
Capacidad nominal de contacto	(A)	5 (óhmicos)
Tensión de aislamiento entre contactos	(kV)	1
Tensión de aislamiento entre contacto y bobina	(kV)	2.5
Tipo de contactos		2-4 NC / 4-6 NA
Módulos		1+1
Norma de referencia		NFC 61-740 (ed. 1995) IEC 1643-1

1.4.2 Portafusibles seccionable E 30

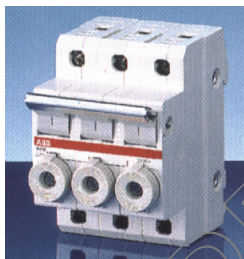
Los portafusibles E 30 se han realizado para la protección contra sobrecargas y cortocircuitos y diseñados para el acopio con fusibles industriales gL y aM.



Tensión nominal Ue	(V)	c.a 250	c.a 250	c.a 380	c.a 380	c.a 280, 500	c.a 500, 660	c.a 400, 500, 600
Corriente nominal In	(A)	10	16	20	25	32	50	125
Frecuencia nominal	(Hz)	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60
Dimensiones de los fusibles	(mm)	8.5x23	10.3x25.8	8.5x31.5	10.3x31.5	10.3x38	14x51	22x58
Consumo (por polo)	(W)	0.08...2.6	0.08...2.6	0.08...2.6	0.08...2.6	0.08...2.6	0.25...5	0.3...12.5
Módulos	(n°)	1, 2, 3	1, 2, 3	1, 2, 3	1, 2, 3	1, 2, 3	1 ½, 3, 4 ½, 6	2, 4, 6, 8
Norma de referencia		IEC269-2	IEC269-2	IEC269-2	IEC269-2	IEC269-2	IEC269-2	IEC269-2

1.4.3 Interruptor portafusibles

Los interruptores porta fusibles encuentran su aplicación en instalaciones industriales o terciarias para maniobras de circuitos bajo carga, asegurando la protección contra sobrecargas y cortocircuitos.

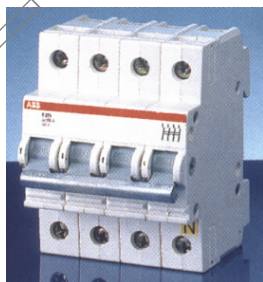


Tensión nominal Ue	(V)	c.a. 400
Corriente nominal In	(A)	20
Frecuencia nominal	(Hz)	50/60
Dimensiones de los fusibles	(mm)	8.5 x 31.5; 10.3 x 38
Consumo	(W)	3.18...16
Módulos	(n°)	1, 2, 3, 4
Normas de referencia		CEI 17-11, NFC 61-250

1.5 DISPOSITIVOS DE MANDO

1.5.1 Interruptores seccionadores E 240 – E 270

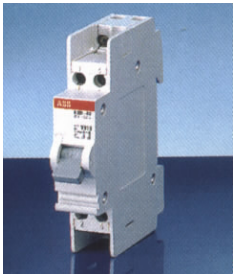
Son aparatos aptos para maniobras en carga. Disponen de precinto de la palanca de maniobra, en las dos posiciones.



Tensión nominal Ue	(V)	c.a. 230/400
Corriente nominal In	(A)	16...125
Frecuencia nominal	(Hz)	50/60
Corriente de corta duración Icw	(A)	20 veces In x 1 segundo
Clase de utilización		AC22 (E240); AC22 – AC23 (E270)
Consumo	(W)	0.3...3.2 por polo
Módulos	(n°)	1, 2, 3, 4
Normas de referencia		IEC 408, IEC 947-3

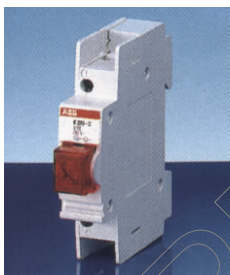
1.5.2 Interruptores conmutadores, selectores E 220

Son aparatos aptos para maniobras en carga. Disponen de precinto de la palanca de maniobra, en las dos posiciones.

	Tensión nominal Ue	(V)	Hasta 400 c.a.
	Corriente nominal In	(A)	16, 25, 32
	Frecuencia nominal	(Hz)	50/60
	Tensión de aislamiento	(kV)	3
	Consumo	(W)	0.48...7.12
	Módulos	(n°)	1
	Normas de referencia	IEC 408, CEI 17-11	

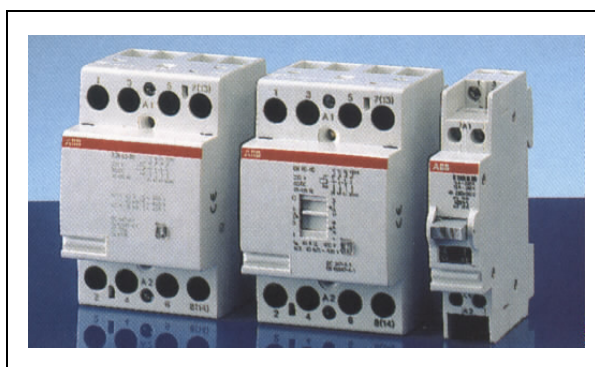
1.5.3 Pulsadores y pilotos E 220

Los pulsadores se emplean para el mando a distancia de cualquier tipo de dispositivo eléctrico. La señalización luminosa provista por los pilotos, indica la actuación de un específico acontecimiento en la instalación.

	Tensión nominal Ue	(V)	250 c.a.
	Corriente nominal In	(A)	16
	Frecuencia nominal	(Hz)	50/60
	Consumo	(W)	0.96...1.50
	Módulos	(n°)	1
	Normas de referencia	IEC 408	

1.5.4 Contactores y relés monóstables ESB, EN, E 259

Destinados a empleos específicos: por ejemplo en la realización de edificios inteligentes se instalan para mando de bombas, ventiladores, mando de calefacción, alumbrado, etc.



a) Contactores gama ESB

Compuesta por diferentes modelos de aparatos que se diferencian entre sí para el número de los contactos de potencia, la capacidad de los contactos mismos y la tensión de alimentación del electroimán.

Tensión nominal Ue	(V)	c.a. 230	c.a. 400	c.a. 400	c.a. 400
Corriente nominal In	En AC1 (A)	20	24	40	63
Potencia nominal	En AC3 (kW)				
230 V		1.3	2.2	5.5	8.5
400 V		-	4	11	15
Frecuencia nominal	(Hz)	50/60	40/60	40/60	40/60
Tensión electroimán de mando	(V)	c.a. 12, 24, 48, 110, 230	c.a./c.c. 12, 24, 230	c.a./c.c. 24, 230	c.a./c.c. 24, 230
Maniobras eléctricas	(n°)	1 millón	1 millón	1 millón	1 millón
Maniobras mecánicas	En AC1 (n°)	150000	130000	150000	150000
	En AC3 (n°)	150000	500000	170000	240000
Consumo (por polo)	(W)	1	1.2	3	6
Módulos	(n°)	1	2	3	3
Normas de referencia		VDE0106, parte 100	VDE0106, parte 100	VDE0106, parte 100	VDE0106, parte 100

b) Contactores gama EN

Provista de conmutador que permite la selección de los diferentes funcionamientos: bloqueo permanente, funcionamiento automático, activado / marcha manual.

Tensión nominal Ue	(V)	c.a. 230/400	c.a. 230/400	c.a. 230/400
Corriente nominal In	En AC1 (A)	20	24	40
Potencia nominal	En AC3 (kW)			
230 V		1.3	2.2	5.5
400 V		-	4	11
Frecuencia nominal	(Hz)	50	50	50
Tensión electroimán de mando	(V)	c.a. 230	c.a. 230	c.a. 230
Consumo (por polo)	(W)	1	1	3
Módulos	(n°)	1	2	3
Normas de referencia		IEC 158 1/3	IEC 158 1/3	IEC 158 1/3

c) Relés monostables gama E 259

Dispositivos específicos para el empleo en instalaciones residenciales o terciarias (ej. Mando de lámparas). Provistos con mando manual temporáneo y dispositivo de señalización de posición de los contactos.

Tensión nominal Ue	(V)	c.a. 250, 380
Corriente nominal In	(A)	10, 16
Frecuencia nominal	(Hz)	50/60
Tensión electroimán de mando	(V)	8, 12, 24, 230
Maniobras eléctricas	(n°)	1 millón
Maniobras mecánicas	(n°)	100000
Consumo (por polo)	(W)	4...6
Módulos	(n°)	1
Normas de referencia		DIN VDE 0637, DIN 43880

1.5.5 Telerruptores electromecánicos E 250

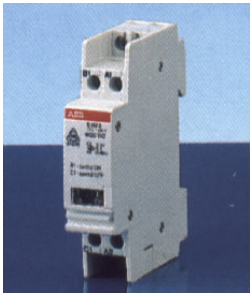
Dispositivos biestables que actúan la conmutación de contactos, por cada impulso enviado a la bobina, mediante pulsadores N.A. Encuentran su aplicación típica en el mando de lámparas desde diferentes puntos.

Disponibles diferentes modelos en función de la tensión de excitación y de la posición de los contactos. Disponen de accionamiento manual y de señalización de posición de contactos.

	Tensión nominal Ue	(V)	c.a. 250/380
	Corriente nominal In	(A)	10, 16
	Frecuencia nominal	(Hz)	50/60
	Tensión electroimán de mando	(V)	8, 12, 24, 230
	Maniobras eléctricas	(n°)	1 millón
	Maniobras mecánicas	(n°)	100000
	Consumo (por polo)	(W)	2...6
	Módulos	(n°)	1, 2
	Normas de referencia	DIN VDE 0637, DIN 43880	

1.5.6 Interruptores electrónicos E 260

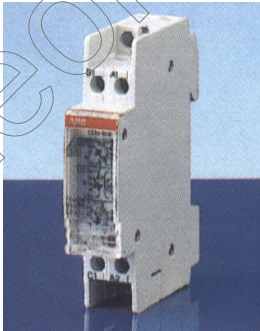
La versión electrónica de éstos relés, con respecto a la correspondiente versión electromecánica, añade ventajas en cuanto a número de maniobras, silenciosidad de funcionamiento y confiabilidad.

	Tensión nominal Ue	(V)	c.a. 250 + 10% -20%
	Corriente nominal In	(A)	10
	Frecuencia nominal	(Hz)	50/60
	Tensión electroimán de mando	(V)	12, 24, 230
	Maniobras eléctricas	(n°)	2 millón
	Maniobras mecánicas	(n°)	100000
	Consumo (por polo)	(W)	0.50...1
	Módulos	(n°)	1
	Normas de referencia	DIN VDE 0637, DIN 43880	

1.6 DISPOSITIVOS DE CONTROL

1.6.1 Temporizadores E 234

Aparatos utilizados para el mando de dispositivos eléctricos mediante temporización como, por ejemplo, sistemas de alumbrado, aire acondicionado, guardacarriles, puertas y accesos, etc.

	Tensión nominal Ue	(V)	c.a./ c.c. 12...48 c.a. 110...230
	Corriente nominal In	(A)	10
	Frecuencia nominal	(Hz)	50/60
	Tensión circuito de mando	(V)	c.c./ c.a. 12...230
	Maniobras eléctricas	(n°)	100000
	Maniobras mecánicas	(n°)	10 millones
	Tiempo de ajuste	De 0.1 seg. a 24 horas	
	Consumo	(W)	2.50
	Módulos	(n°)	1
	Normas de referencia	DIN VDE 0637, DIN 43880	

1.6.2 Interruptores horarios y programadores electromecánicos ETS

Aparatos para el mando, según temporización definida de apertura y cierre de circuitos eléctricos.

Están provistos de selector de conmutación en funcionamiento permanente ON-OFF. Diferentes versiones con programaciones diaria o semanal. Disponible también kit para fijación en pared.

	Tensión nominal Ue	(V)	c.a. 230
	Capacidad nominal del contacto In	(A)	16 cos ϕ = 1
	Frecuencia nominal	(Hz)	50/60
	Precisión de funcionamiento		1 seg./ 24 horas
	Duración en funcionamiento	(nº)	10 años o 50000 actuaciones
	Consumo	(W)	0.5
	Módulos	(nº)	3
	Normas de referencia		CEE 24, IEC 669-1 EN 60730

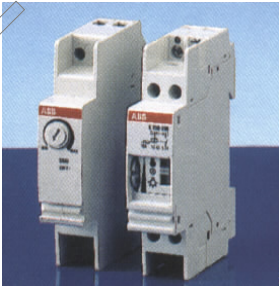
1.6.3 Interruptores horarios y programadores digitales DTT

Ofrecen las ventajas típicas de los aparatos realizados con componentes electrónicos. La gama prevee dispositivos con programación diaria y semanal y programadores semanales multicanal. Estos últimos, sofisticados desde el punto de vista funcional, permiten el mando de más circuitos y también grupo de cargas independientes con programaciones desplazadas desde el punto de vista temporal, pero con única referencia horaria.

	Tensión nominal Ue	(V)	c.a. 230
	Capacidad nominal del contacto In	(A)	16 cos ϕ = 1; 2,5 cos ϕ = 0.6
	Frecuencia nominal	(Hz)	50/60
	Precisión de funcionamiento		$\pm$ 2,5 seg. / 24 horas
	Número máximo de conmutaciones		12 (diario – 1 canal) 28 (semanal – 1 canal) 48 (semanal – 2 canales) 322 (dia./ sem. – 3 canales)
	Consumo	(W)	5
	Módulos	(nº)	2, 6 (multicanal)
	Normas de referencia		IEC 730-1, CEI 107-70, VDE 0633, EN 60730-1

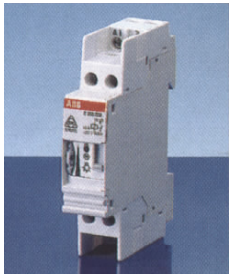
1.6.4 Preaviso de apagado SWD para minuterio de escalera E 232

Utilizado en combinación con los minuterios de escalera, para la indicación de la proximidad del apagado del alumbrado. La señalización se realiza con el obscurecimiento al 50 % de la intensidad luminosa del circuito de alumbrado conectado, para un tiempo seleccionable.

	Tensión nominal Ue	(V)	c.a. 230
	Potencia nominal	(W)	1300 (óhmicos)
	Frecuencia nominal	(Hz)	50/60
	Consumo	(W)	3
	Módulos	(nº)	1

1.6.5 Minuterios de escalera electromecánicos y electrónicos E 232

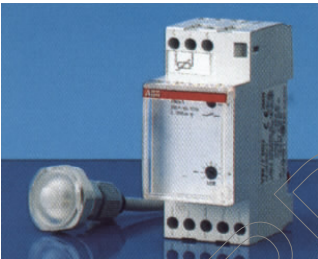
Permiten la gestión del alumbrado en áreas de pasaje como pasillo, escaleras, entradas etc. Las posiciones seleccionables del aparato son: luz permanente, luz temporizada, desconectado. El tiempo de temporización es regulable entre 5 segundos y 5 minutos.

	Tensión nominal Ue	(V)	c.a. 8...230/230
	Capacidad nominal del contacto In	(A)	16 (2000 W máx.)
	Frecuencia nominal	(Hz)	45/60
	Consumo	(W)	3.50; 4.50
	Módulos	(n°)	1

1.6.6 Interruptor crepuscular TWS-1

Permite el mando de equipos de iluminación de acuerdo con el umbral de actuación.

La instalación prevee el acopio con una fotocélula que detecta la intensidad luminosa ambiental y envía la señal de actuación.

	Tensión nominal Ue	(V)	c.a. 230
	Capacidad nominal del contacto In	(A)	15 (óhmicos)
		(W)	2.5 carga inductiva $\cos \varphi = 0.6$
	Frecuencia nominal	(Hz)	50/60
		(S)	1000 (lámparas fluorescentes con compensación capacitiva)
	Temporización		
	en conectar:		+ 50
	en descansar:		+ 50
	Consumo	(W)	5
	Módulos	(n°)	2
	Normas de referencia		CEI 12-13

1.6.7 Relés de máximo consumo RMC

Se instalan a jusante del interruptor principal, con funciones de comprobación permanente que el consumo efectivo, dependiente de los aparatos eléctricos conectados, no supere el valor máximo aceptable según regulación. Una alarma acústica avisa al usuario de la necesidad de apagar unas cargas evitando la actuación del interruptor principal. El dispositivo se suministra con una regulación 3 kW.

	Tensión nominal Ue	(V)	c.a. 230
	Corriente nominal In	(A)	De 18.3 hasta 27.5
	Capacidad nominal del contacto In	(A)	0.6 $\cos \varphi = 1$
			0.4 $\cos \varphi = 0.8$
	Frecuencia nominal	(Hz)	50
	Umbral de regulación	(A)	0...18.3; 0...27.5
	Consumo	(W)	10
	Módulos	(n°)	2

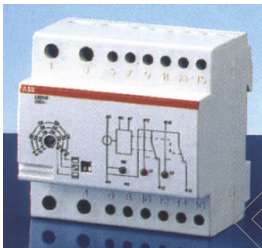
1.6.8 Interruptores prioritarios E 451

Se utilizan para el control de una o más cargas que pueden consumir corrientes superiores al umbral de actuación. El dispositivo permite determinar prioridades de funcionamiento, desconectando cargas cuando la potencia disponible sea limitada.

	Tensión nominal Ue	(V)	c.a. 230
	Corriente de intervención nominal ajustable	(A)	De 7.5 a 18
	Corriente máxima	(A)	De 22 a 55
	Capacidad nominal del contacto In	(A)	1
	Frecuencia nominal	(Hz)	50/60
	Tiempo de desconexión	(ms)	10/20
	Tiempo de reactivación	(ms)	5/10
	Maniobras eléctricas	(n°)	100000
	Consumo	(W)	6
	Módulos	(n°)	1
Normas de referencia			VDE 0110

1.6.9 Racionalizador de consumo LSS 1/2

Instalado a jusante del interruptor principal, efectúa un control comparativo entre el valor máximo admitido de consumo de corriente y el consumo efectivo de la instalación. Si la corriente total sobrepasa el umbral definido, el interruptor desconecta en secuencia hasta dos cargas no prioritarias.

	Tensión nominal Ue	(V)	c.a. 230
	Corriente nominal In	(A)	90
	Capacidad nominal del contacto In	(A)	2 x 16
	Umbrales de regulación	(A)	5... 30, 10...60, 15...90
	Frecuencia nominal	(Hz)	50/60
	Consumo	(W)	5
	Módulos	(n°)	5

1.6.10 Relé de control de fases SQZ3

Chequea en forma continuativa la correcta secuencia entre las fases, la ausencia de una o más fases, cualquier variación del valor de tensión de red superior a $\pm 10\%$. Dispone de leds para la indicación de funcionamiento correcto y de señalización de anomalía. En caso de detección de fallas el relé puede actuar en alternativa: un contactor de maniobra motor, el interruptor de protección motor mediante su bobina de apertura.

	Tensión nominal Ue	(V)	c.a. 380
	Capacidad nominal del contacto In	(A)	5
	Frecuencia nominal	(Hz)	50/60
	Consumo	(W)	10
	Módulos	(n°)	2

1.6.11 Lámpara para señalización falta de tensión LE

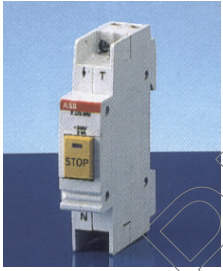
La lámpara se activa faltando la tensión de red, permitiendo el alumbrado en el armario de distribución y consecuentemente una rápida y segura intervención. La alimentación es asegurada por una batería de Ni-Cd incluida, que cargándose en tampón se alimenta por la conexión de red. El dispositivo dispone también de led verde que señala el buen funcionamiento y led roja que indica la exclusión del dispositivo actuada mediante el selector de ahorro batería.

	Tensión nominal Ue	(V)	c.a. 230
	Intensidad luminosa	(lumen)	20
	Frecuencia nominal	(Hz)	50/60
	Reserva de marcha	(min)	45
	Consumo	(W)	10
	Módulos	(nº)	2

1.6.12 Indicador de alarma E 228 WM

Diseñado para la señalización acústica y luminosa de alarma.

El zumbador y la luz intermitente, se activan por el cierre de un contacto externo, debido a fallas, alarmas, preavisos etc.

	Tensión nominal Ue	(V)	c.a. 230
	Frecuencia nominal	(Hz)	50
	Consumo	(W)	4
	Módulos	(nº)	1

1.6.13 Cronotermóstato CRT

En función del tiempo y de la temperatura ambiente permite la activación y/o desactivación de un dispositivo térmico. El aparato dispone de display LCD con visualización de horas o de temperatura medida por la sonda termométrica.

	Tensión nominal Ue	(V)	c.a. 230
	Capacidad nominal del contacto In	(A)	8 cosφ=0.1
	Frecuencia nominal	(Hz)	50/60
	Programas	(nº)	8 (8 ON + 8 OFF)
	Reserva de marcha	(h)	48
	Precisión	(°C)	0.1
	Consumo	(W)	2
	Módulos	(nº)	3

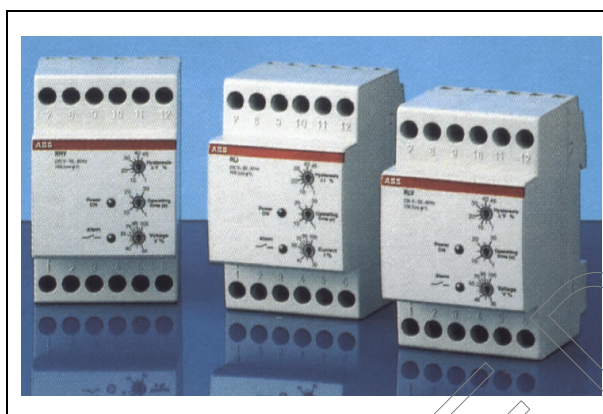
1.6.14 Relés amperimétricos y voltimétricos de mínima / máxima corriente y tensión

Estos aparatos se utilizan para el control de la corriente (amperimétricos) y de la tensión (voltimétricos) en las redes eléctricas, para garantizar una perfecta protección de los aparatos que se utilizan.

Se encuentran disponibles:

- Relé de máxima corriente (RHI) y de máxima tensión (RHV): el relé de mando permanece excitado hasta que la magnitud que se debe controlar es inferior al valor programado del umbral.
- Relé de mínima corriente (RLI) y de mínima tensión (RLV): el relé de mando permanece excitado hasta que la magnitud que se debe controlar es superior al valor programado del umbral.

En ambos casos el relé se desexcita con un retraso que se puede regular mediante un potenciómetro. También es posible regular la histéresis (de 1 a 45 %) mediante un potenciómetro.

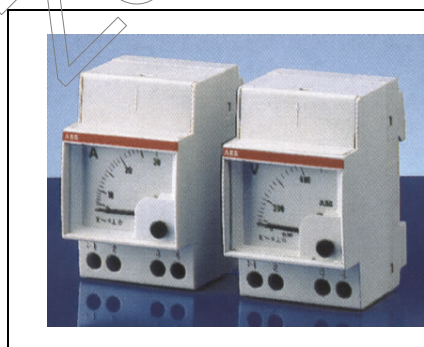
	Tensión nominal Ue	(V)	c.a. 230
	Capacidad del contacto durante el intercambio	(A)	16
	Frecuencia nominal	(Hz)	50/60
	Umbral de intervención relé amp.	(A)	2, 5, 10
	Umbral de intervención relé vol.	(V)	100, 300, 500
	Regulación ajustable de In y Vn %	(%)	30...100
	Valor de histéresis regulable	(%)	1...45
	Tiempo de retraso intervención	(S)	1...30
	Potencia disipada	(W)	2
	Módulos	(n°)	3

1.7 DISPOSITIVOS DE MEDIDA

La gama disponible ofrece instrumentos analógicos y digitales. Además de normales aparatos para la medida de funciones eléctricas (voltímetros, vatímetros, frecuencímetros, cosfímetros) están disponibles también instrumentos especiales (relés de control de fases, termómetros, tacómetros, contadores horario) y una serie de accesorios, entre los cuales escalas intercambiables, que extienden las posibilidades funcionales.

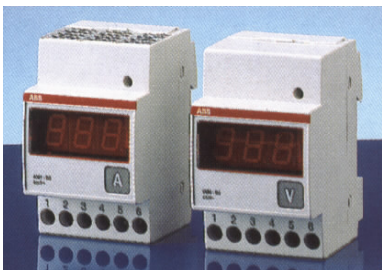
1.7.1 Instrumentos analógicos

Aptos para medida directa, o indirecta mediante la utilización de accesorios especiales.

	Tensión nominal Ue	(V)	c.a. 300, 500 c.c. 100, 300
	Corriente nominal en a.c.	(A)	
	Lectura directa		Valores de fondo escala 5...30
	Lectura indirecta		Valores de fondo escala 5...2500
	Corriente nominal en c.c.	(A)	
	Lectura directa		Valores de fondo escala 0.1...30
	Lectura indirecta		Valores de fondo escala 5...500
	Frecuencia nominal	(Hz)	50/60
	Clase de precisión	(%)	1.5(0.5 los frecuencímetros)
	Consumo	(W)	0.3...4
	Módulos	(n°)	3
	Normas de referencia		IEC 414, IEC 51

1.7 2 Instrumentos digitales

Aptos para medida directa, o indirecta mediante la utilización de accesorios. Visualización de las medidas por indicador digital de tres cifras con indicación de fuera de escala. Las ventajas de la instrumentación electrónica derivan de no disponer de partes en movimiento sometidas a desgaste de rozamiento y por consecuencia larga duración y elevada precisión.

	Tensión nominal Ue	(V)	c.a. 230 ± 10 %
	Tensiones de medida en c.a. y c.c.	(V)	De 0 hasta 600
	Corriente nominal en c.a.	(A)	Valores de fondo escala de 15 a 999
	Corriente nominal en c.c.	(A)	Valores de fondo escala de 0...999
	Frecuencia nominal	(Hz)	◇ 50/60
	Clase de precisión	(%)	± 0.5 fondo escala
	Dígitos de visualización	(n°)	3
	Consumo	(W)	1...4
	Módulos	(n°)	3
	Normas de referencia		IEC 414, IEC 51

1.7 3 Contadores monofásicos Mini-Meter

Disponen de un display a 4 dígitos para lectura de consumos en kWh. La serie está compuesta por 5 modelos con dimensiones de tres módulos. Los valores de consumo visualizados representan los valores reales de medida (sin coeficientes de multiplicación).

	Tensión nominal Ue	(V)	c.a. 230 monofásico
	Corriente de inserción directa	(A)	Hasta 32
	Corriente de inserción indirecta	(A)	100, 200, 300, 400 (seleccionable)
	Frecuencia nominal	(Hz)	50/60
	Clase de precisión	(%)	2
	Consumo	(W)	1.7
	Módulos	(n°)	3
	Normas de referencia		IEC 66/110/DIS (1994), IEC 801-2-3-4

1.7 4 Contador monofásicos EMT 3

Aparato con dimensiones particularmente reducidas. Equipado de microprocesor con convertidor analógico / digital de 5 canales que permite la medida de corriente y tensión. El conteo puede ser puesto a cero mediante pulsador de reset.

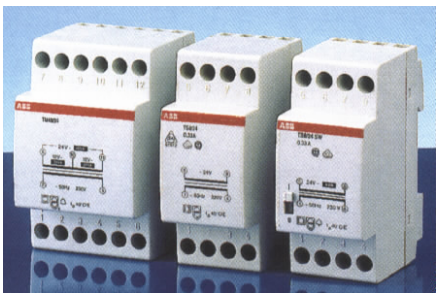
	Tensión nominal Ue	(V)	c.a. 230 monofásico
	Corriente de inserción directa	(A)	25
	Corriente de inserción indirecta	(A)	60, 100, 250, 600, 800, 1000 (seleccionable)
	Frecuencia nominal	(Hz)	50/60
	Clase de precisión	(%)	4
	Consumo	(W)	1
	Módulos	(n°)	3

1.8 OTRAS FUNCIONES MODULARES

1.8.1 Transformadores

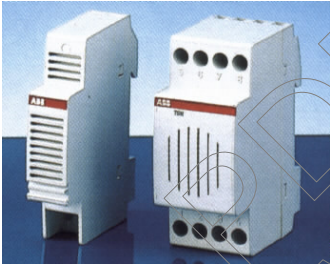
Estos transformadores disponen de tensiones secundarias a muy baja tensión de seguridad.

La gama comprende 4 versiones: a prueba de fallas (serie TM), resistentes a cortocircuito (serie TS8), resistentes a cortocircuitos con selector on-off (serie TS8/SW), resistentes a cortocircuito protegidos (serie TS16/TS24).

	Tensión nominal Ue primaria	(V)	c.a. 230 monofásico
	Tensión nominal Ue secundaria	(V)	4, 6, 8, 12, 24
	Frecuencia nominal	(Hz)	50
	Potencia	(VA)	8, 10, 15, 16, 24, 30, 40
	Consumo	(W)	1...4
	Módulos	(n°)	2, 3
	Normas de referencia		CEI 14-6; EN 60742

1.8.2 Timbres SM, TSM y zumbadores RM1

Timbres y zumbadores modulares aptos para funcionamiento intermitente, vienen activados por pulsadores y encuentran aplicación tanto en ámbito residencial así como en el terciario.

	Tensión nominal Ue primaria	(V)	c.a. 12, 230
	Frecuencia nominal	(Hz)	50
	Consumo	(W)	3.6 (a 12 V); 5.5 (a 230 V)
	Módulos	(n°)	1, 2

1.8.3 Tomas de corriente M1173 – M1174 – E1175

Tomas de corriente para instalación en perfil DIN, disponible en los modelos: M 1173 tipo Italia, M 1174 tipo Francia y E 1175 tipo Schuko.

	Tensión nominal Ue	(V)	Hasta 250 c.a.
	Corriente nominal In	(V)	10...16
	Frecuencia nominal	(Hz)	50/60
	Consumo	(W)	0.6
	Módulos	(n°)	2.5
	Normas de referencia		DIN VDE 0632, DIN 43880

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Germán Rocha Maldonado, *Apuntes de clases ELC 262 Instalaciones Eléctricas II*, UMSS Depto Electricidad, Cbba 2001.
- 2.- Germán Rocha M., Félix Meza R., Ramiro Mendizábal V., *Reglamento de instalaciones Eléctricas Interiores en Baja tensión SIB-CBBA*.
- 3.- *Reglamento Electrotécnico para Baja tensión*, Madrid 1996, Editorial Paraninfo.
- 4.- Germán Rocha Maldonado, *Protección de las Instalaciones Eléctricas interiores en Baja tensión*, ENDE-UMSS.
- 5.- *Manual y catalogo del electricista*, Santiago de Chile, Schneider Electric Chile S.A., 1999.
- 6.- *Linha cabos energia*, Pirelli, Brasil.
- 7.- Ademaro A. M. Cotrin, *Manual de Instalaciones Eléctricas*, Pirelli, Sao Paulo, Mc Graw-Hill, 1985.
- 8.- Alberto Guerrero Fernández, *Instalaciones Eléctricas en las Edificaciones*, Madrid, Mc Graw-Hill, 1992.
- 9.- Ademaro A. B., Bittencourt Cotrin, *Instalaciones Eléctricas*, Sao Paulo, Mc Graw-Hill do Brasil, 1982.
- 10.- Joao Mamede Filho, *Instalaciones Eléctricas Industriales*, 5º Tomo JC editora, 1997.
- 11.- Alberto F. Spitta, *Instalaciones Eléctricas Tomo 1 y Tomo 2*, Siemens, Editorial Dossat, Madrid, 1981.
- 12.- *Compensación del factor de potencia con condensadores de potencia*, Folleto KR 0-315-SD, Asea Kabel AB, Esto colmo, 1986
- 13.- *Publicaciones IEC (Comisión Electrotécnica Internacional (364,529))*.
- 14.- *Recursos didácticos – Profissionais*, Siemens Sao Paulo.

-
- 15.-** *Cable Laying for assembly, Folleto Asea 7370 001 E-1, Vasteras.*
- 16.-** *National Electrical Code (NEC) EEUU.*
- 17.-** *NB – 3 Instalacoes Eléctricas de Baixa tensao – ABNT, Editorial CQ Ltda, Rio de Janeiro 1990.*
- 18.-** *Manual Estándar del Ingeniero Electricista.*
- 19.-** *Instalacoes Eléctricas volumen 1 y 2, Siemens, Editorial Nobel, Sao Paulo, 1996.*
- 20.-** *Switchgear Manual, 9ª Edición ABB, Berlín 1993.*
- 21.-** *Manual de Baixa tensao 1 y2 Siemens, Nobel, Sao Paulo, 1998.*
- 22.-** *Catálogo de productos Eléctricos para la industria y el comercio, Hansa, Siemens 1999/2000.*
- 23.-** *Catálogo, System pro M, Aparatos modulares para instalaciones en Baja tensión, ABB Elettroconduttore, 603360/042 Octubre 1999.*
- 24.-** *Norma Boliviana NB 777, Diseño y construcción de las instalaciones Eléctricas interiores en Baja tensión, ICS 29.240.20 Líneas de distribución de energía Mayo 1997.*
-