



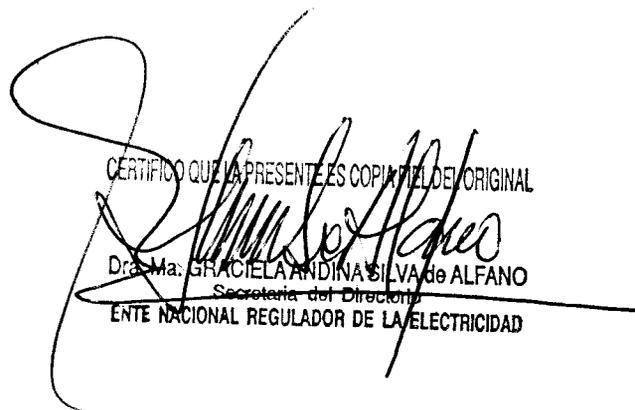
"2008 - Año de la Enseñanza de las Ciencias"

ENTE NACIONAL REGULADOR  
DE LA ELECTRICIDAD

## ANEXO I

Resolución ENRE N° 643/2008

CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DEL ORIGINAL

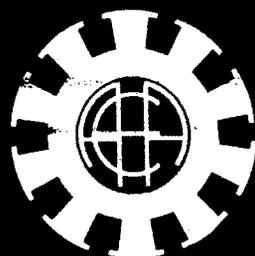


Dra. Ma. GRACIELA ANDINA SILVA de ALFANO  
Secretaria del Director  
ENTE NACIONAL REGULADOR DE LA ELECTRICIDAD

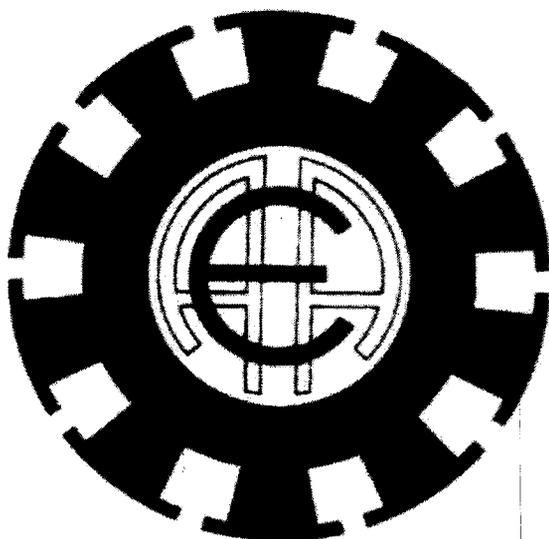
Reglamentación sobre  
Centros de Transformación  
y Suministro en Media  
Tensión  
AEA 95401

Edición: Marzo 2006

Ejemplar N° 617

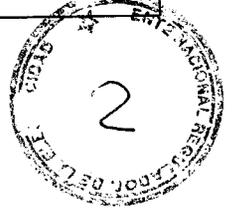


ASOCIACION ELECTROTECNICA ARGENTINA



**ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA**

**1913-2006**



**Comité de Estudios CE 32**

**Centros de Transformación y Suministros de Distribución**

**Integrantes**

**Presidente:**

Ing Edgardo VINSON (EDENOR)

**Miembros Permanentes:**

Ing Federico ANDRIBET (ADELCO)

Ing Eduardo BUCHWITZ (SHNEIDER)

Ing Carlos GALIZIA (CD-AEA)

Ing Luís GRINNER (Estudio GRINNER)

Ing Horacio HIDALGO (ENERGÍA SAN JUAN)

Ing Jorge MAGRI (EDESUR)

Ing Eduardo MIRAVALLS (Gobierno de la Ciudad  
de Buenos Aires).

Ing Mariano VILLAMEDIANA (ORMAZABAL)

**Miembros invitados:**

Ing Norberto BROVEGLIO (CD-AEA)

Ing Walter Corazza (EDELAP)

Ing Miguel DEL POZO (LAT-IITREE)

Ing Alberto FERNANDEZ

Ing Raúl GONZALEZ (EDENOR)

Ing Marcelo GONZALEZ PRESTA (SCHNEIDER)

Ing Carlos FARIAS (EDEN)



Miembros invitados (Continuación):

Ing Juan José MINGRONE (EDESUR)

Ing Rodolfo PASSARDI (SCHNEIDER)

Ing Juan Manuel ROA (ORMAZABAL)

Ing Pedro ROSENFELD (EDENOR)

Ing Enrique ROSO (EJESA)

Ing Juan José RUIZ (ENRE)

### Comisión de Normalización

#### Integrantes

Presidente:

Ing. Norberto O. BROVEGLIO (CD – AEA)

Secretario:

Ing. Natalio FISCHER (Director del EON)

Miembros Permanentes:

Ing. Carlos A. GALIZIA (CD – AEA)

Ing. Alberto IACONIS (APSE)

Ing. Víctor OSETE (CD – AEA)

Ing. Jorge PUJOLAR (CD – AEA)



### Discusión Pública

Se cursaron invitaciones a participar en la Discusión Pública a Ministerios, Secretarías, Subsecretarías, Direcciones, Entes, Reparticiones Oficiales, Generadores, Distribuidoras y Cooperativas con incumbencias en esta especialidad.

### Colaboraciones recibidas de la Discusión Pública.

Como resultado de la Discusión Pública, se han analizado los aportes y comentarios recibidos de las siguientes Instituciones:

Empresa Distribuidora de Electricidad de Entre Ríos S.A. (EDEER S.A.).

Grupo EMDERSA: Empresa Distribuidora de Energía Salta (EDESA), Empresa Distribuidora de Energía San Luis (EDESAL), Empresa Distribuidora de Energía La Rioja (EDELAR).

CEARCA S.A.

Asimismo se han recibido numerosos aportes de especialistas durante las Jornadas de Actualización Tecnológica y Reglamentaria Sobre Centros de transformación MT/BT y de Suministro MT organizada por la AEA, evento desarrollado los días 11 y 12 de Noviembre de 2004, durante el que se expusieron los criterios y aspectos salientes del documento puesto a discusión pública, y durante el proceso previo de discusión interna en la AEA.



## Prólogo

La Asociación Electrotécnica Argentina es una institución civil sin fines de lucro, de carácter privado, creada en 1913 para fomentar el desarrollo de todos los campos de la Electrotecnia. Es el ámbito adecuado para el estudio e información de los aspectos teóricos de la Ingeniería Eléctrica, como así también para el establecimiento de documentos normativos, en todo lo referente a las aplicaciones tecnológicas y a los avances e innovaciones en este campo.

Los documentos normativos producidos son recomendaciones de uso nacional y se publican bajo la forma de Reglamentaciones, Normas, Especificaciones Técnicas, Guías o Informes Técnicos, algunos de los cuales han sido adoptados por diversas Leyes, Resoluciones y Ordenanzas, de carácter oficial.

El Comité de Estudios 32 "Centros de Transformación y de Suministro de Distribución" tiene como principal objetivo el desarrollo de documentos normativos referentes a las instalaciones de transformación, maniobra o suministro a usuarios, cuyo nivel de tensión mas elevado sea de Media Tensión, destinadas a la distribución pública de energía eléctrica.

## Consideraciones Generales

La Asociación Electrotécnica Argentina ha editado los documentos: Reglamentación para la Ejecución de Líneas Aéreas Exteriores de Media Tensión y Alta Tensión y Reglamentación sobre Líneas Subterráneas Exteriores de Energía y Telecomunicaciones que abarcan todos los niveles de tensión utilizados en nuestro país. No obstante, no se dispone de ningún documento normativo de aplicación a las instalaciones eléctricas de tensión superior a 1 kV que se vinculan a estas líneas.

La Asociación Electrotécnica Argentina, consciente de lo expuesto y considerando que es de interés general contar con documentos normativos que regulen la ejecución de estas instalaciones, entre otras acciones, decidió conformar el Comité de Estudio CE 32, y encomendar a éste la realización del presente.

En la elaboración se tuvieron como premisas procurar que las instalaciones tratadas provean un elevado nivel de seguridad de las personas y bienes previniendo los riesgos asociados, que su afectación al medio ambiente sea acotada, que brinden un correcto funcionamiento para el uso previsto y facilidades apropiadas para su explotación por parte de personal entrenado, considerado los avances de las tecnologías disponibles en la actualidad.

A tal efecto, se han establecido condiciones de instalación tomando en cuenta documentos avanzados en la materia, incluyendo las normas IEC y otras reconocidas de origen extranjero tales como las IEEE, VDE, CENELEC, NEC y también se han indicado los materiales a utilizar según las normas IRAM, IEC o en su defecto otra norma extranjera reconocida.

Si bien esta Reglamentación es de aplicación a centros de transformación, maniobra o medición destinados a la distribución pública de energía eléctrica (centros pertenecientes a empresas, cooperativas, instituciones u organismos similares dedicados a esta actividad), podrá servir como guía para la ejecución de Instalaciones Eléctricas superiores a 1 kV en Inmuebles (no destinadas a la distribución pública), hasta tanto sea desarrollado el documento normativo específico.

Las observaciones que sobre este documento normativo considere realizar, se deben canalizar a través de Formulario F-13 (disponible en la pagina Web de la AEA [www.aea.org.ar](http://www.aea.org.ar)) y enviarlo al E-mail [normalizacion@aea.org.ar](mailto:normalizacion@aea.org.ar).

El presente texto fue aprobado por la Comisión Directiva en su sesión del 22 de marzo de 2006, entrando en vigencia a partir de su fecha de edición.



ASOCIACIÓN  
ELECTROTÉCNICA  
ARGENTINA

REGLAMENTACION SOBRE CENTROS DE  
TRANSFORMACION Y SUMINISTRO EN MEDIA  
TENSION

AEA 95401  
©Edición (2006)

Página 7

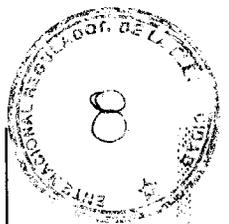


## REGLAMENTACION SOBRE CENTROS DE TRANSFORMACION Y SUMINISTRO EN MEDIA TENSION



## ÍNDICE GENERAL

1.	OBJETO .....	7
2.	ALCANCE.....	7
3.	CAMPO DE APLICACIÓN .....	7
4.	NORMAS DE REFERENCIA.....	7
5.	DEFINICIONES.....	10
5.1.	Generales.....	10
5.1.1.	Centro de transformación (denominado en algunas distribuidoras también como subestaciones de distribución).....	10
5.1.2.	Centro de suministro en MT.....	10
5.1.3.	Seccionamiento.....	10
5.1.4.	Distancia de seccionamiento.....	10
5.1.5.	Parte activa (parte en tensión).....	10
5.2.	Instalaciones.....	10
5.2.1.	Area cerrada de operación eléctrica.....	11
5.2.2.	Barras de distribución.....	11
5.2.3.	Instalaciones de interior.....	11
5.2.4.	Instalaciones de intemperie (de exterior).....	11
5.2.5.	Instalaciones de intemperie (de exterior) abiertas.....	11
5.2.6.	Instalaciones bajo envolvente.....	11
5.3.	Equipamiento.....	11
5.3.1.	Seccionador.....	11
5.3.2.	Interruptor.....	11
5.3.3.	Seccionador bajo carga (interruptor seccionador).....	12
5.3.4.	Combinación interruptor-seccionador-fusible (o seccionador bajo carga-fusible).....	12
5.3.5.	Fusible-interruptor.....	12
5.3.6.	Fusible seccionador autodesconectador.....	12
5.3.7.	Interruptor automático.....	12
5.4.	Medidas de seguridad contra contactos eléctricos directos.....	12
5.4.1.	Envolvente de protección (eléctrica).....	12
5.4.2.	Barrera de protección (eléctrica).....	12
5.4.3.	Obstáculo de protección (eléctrico).....	12
5.4.4.	Distancia mínima de aislación en el aire.....	12
5.4.5.	Distancia de aislación en el aire por barrera.....	12
5.4.6.	Altura mínima.....	13
5.4.7.	Distancia mínima de trabajo (Distancias de seguridad).....	13
5.4.8.	Distancia de seguridad en aire por frontera.....	13
5.5.	Medidas de seguridad respecto del fuego.....	13
5.5.1.	Resistencia al fuego (IRAM 3900).....	13
5.5.2.	Foso de recogida.....	13
5.5.3.	Depósito colector.....	13
5.6.	Puesta a tierra.....	13
5.6.1.	Electrodo de tierra.....	13
5.6.2.	Conductor de (puesta a) tierra.....	14
5.6.3.	Sistema de puesta a tierra.....	14
5.6.4.	Cable con efecto de electrodo de tierra.....	14
5.6.5.	Resistencia de tierra (de un electrodo o grupo de electrodos que constituyen el sistema de puesta a tierra principal).....	14
5.6.6.	Impedancia de tierra (de un sistema de puesta a tierra) ZE.....	14
5.6.7.	Puesta a tierra de protección y puesta a tierra de servicio o funcional.....	14
5.6.8.	Sistema con puesta a tierra de neutro rígida (baja impedancia):.....	14
5.6.9.	Sistema con neutro aislado.....	14
5.6.10.	Sistema con puesta a tierra resonante.....	14
5.6.11.	Tensión de contacto (efectiva) (Uc).....	14
5.6.12.	Tensión de contacto presunta.....	15



5.6.13.	Tensión de paso (Up).....	15
5.6.14.	Sistema de puesta a tierra global.....	15
5.6.15.	Corriente de defecto a tierra (IF).....	15
5.6.16.	Corriente a tierra (IE).....	15
5.6.17.	Elevación de potencial de tierra (UE):.....	15
5.6.18.	Factor de reducción.....	15
<b>6.</b>	<b>REQUISITOS GENERALES.....</b>	<b>16</b>
6.1.	Condiciones Generales.....	16
6.2.	Sistemas de distribución asociados.....	17
6.2.1.	Clase de líneas.....	17
6.2.2.	Esquemas de conexión a tierra (ECT) de los sistemas MT y BT.....	17
6.2.3.	Sistemas de distribución MT.....	18
6.2.4.	Tensiones nominales.....	18
6.3.	Requisitos eléctricos de las instalaciones.....	19
6.3.1.	Niveles de aislación.....	19
6.3.2.	Corrientes de funcionamiento normal.....	20
6.3.3.	Corrientes de cortocircuito.....	20
6.4.	Requisitos Mecánicos.....	20
6.5.	Condiciones climáticas y ambientales.....	21
6.5.1.	Temperatura.....	21
6.5.2.	Humedad.....	21
6.5.3.	Presencia de sustancias contaminantes o corrosivas.....	21
6.5.4.	Radiación solar.....	22
6.5.5.	Movimientos Sísmicos.....	22
6.5.6.	Altura.....	22
6.6.	Instalaciones en altitudes elevadas.....	22
6.7.	Capacidad de las personas.....	22
6.8.	Elección de la potencia nominal de transformación.....	23
6.9.	Proyecto, ejecución y puesta en servicio.....	23
6.10.	Accesibilidad.....	24
<b>7.</b>	<b>CARACTERÍSTICAS Y REQUISITOS CONSTRUCTIVOS.....</b>	<b>24</b>
7.1.	Clasificación de los Centros.....	24
7.1.1.	Tipos de instalación previstas.....	24
7.1.2.	Tipos de centros según su emplazamiento y construcción.....	24
7.1.3.	Tipos de centros según su función.....	25
7.2.	Centros con instalaciones de interior.....	25
7.2.1.	Prescripciones de instalación.....	25
7.2.2.	Distancias mínimas de aislación en aire.....	26
7.2.3.	Altura mínima de partes conductoras con tensión no aisladas.....	26
7.2.4.	Separación de partes con tensión mediante barreras.....	27
7.2.5.	Instalación de los cables.....	28
7.2.6.	Equipamiento.....	29
7.3.	Requisitos de los locales para instalaciones de interior.....	29
7.3.1.	Áreas de servicio interior.....	29
7.3.2.	Acceso e instalación de celdas y transformador.....	30
7.3.3.	Inaccesibilidad de personas no instruidas o calificadas en temas eléctricos (BA1, BA2 Y BA3).....	30
7.3.4.	Disposiciones constructivas y ventilación del local.....	31
7.3.5.	Empleo exclusivo del local.....	33
7.3.6.	Particularidades para locales de centros tipo cámara subterránea (tipo C1).....	33
7.3.7.	Particularidades para recintos de cámaras de operación exterior o compactos (tipo B2).....	34
7.4.	Centros tipo pozo (tipo C2).....	34
7.4.1.	Prescripciones generales.....	34
7.4.2.	Disposiciones constructivas.....	34
7.4.3.	Equipamiento.....	35
7.5.	Centros prefabricados instalados a nivel o subterráneos.....	35
7.5.1.	Prescripciones de instalación.....	35
7.5.2.	Equipamiento Eléctrico.....	36
7.5.3.	Requerimiento de los locales.....	36



7.6.	Instalaciones de exterior .....	36
7.6.1.	Distancias mínimas de aislación en aire en equipamiento abierto .....	36
7.6.2.	Condiciones de instalación y equipamiento .....	37
7.6.3.	Condiciones particulares para Centros de transformación aéreos (tipo A) .....	37
7.6.4.	Condiciones particulares para Instalaciones de intemperie a nivel (centros tipo B3) .....	40
7.6.5.	Condiciones particulares para instalaciones de intemperie a nivel con equipamiento bajo envolvente .....	42
7.7.	Requisitos básicos del equipamiento de maniobra y protección .....	42
7.7.1.	Centro de transformación MT/BT .....	42
7.7.2.	Centro de transformación MT/MT .....	43
7.7.3.	Centro de suministro MT .....	44
7.8.	Disposiciones particulares según el comportamiento frente al fuego y fugas del líquido aislante del transformador empleado .....	45
7.8.1.	Transformadores en aceite mineral (O) .....	45
7.8.2.	Transformadores en líquido de baja inflamabilidad, tipos K2, K3 según IEC 61100 (por ejemplo, líquido aislante de siliconas) .....	46
7.8.3.	Transformadores de aislación seca tipo F1-F2 según IEC 60076-11. ....	47
7.9.	Instalaciones auxiliares de BT .....	50
7.9.1.	Iluminación artificial .....	51
7.9.2.	Toma de fuerza motriz para trabajos de mantenimiento .....	51
7.9.3.	Toma de fuerza motriz para ventilación forzada .....	51
7.9.4.	Toma de fuerza motriz para bombas de achique .....	51
7.9.5.	Servicios auxiliares para mando de celdas u otros equipos .....	52
7.9.6.	Sistema de telecontrol (terminales remotas) .....	52
7.9.7.	Sistema de alarma de incendio .....	52
7.9.8.	Sistema de iluminación de emergencia .....	52
<b>8.</b>	<b>TRATAMIENTO DEL NEUTRO Y PUESTAS A TIERRA .....</b>	<b>52</b>
8.1.	Conductor neutro Puesto a tierra .....	52
8.1.1.	Secciones mínimas de los conductores de neutro en el CT .....	52
8.1.2.	Continuidad del neutro en el centro de transformación .....	53
8.1.3.	Identificación del conductor neutro y de puesta a tierra .....	53
8.2.	Sistemas de puesta a tierra asociados a los centros .....	54
8.2.1.	Puesta a tierra de protección .....	54
8.2.2.	Puesta a Tierra de Servicio .....	54
8.3.	Requisitos de los sistemas de puesta a tierra .....	54
8.3.1.	General .....	54
8.3.2.	Valores máximos de resistencias de puesta a tierra .....	54
8.3.3.	Dimensionado en relación con la corrosión y resistencia mecánica .....	55
8.3.4.	Dimensionamiento en relación al esfuerzo térmico .....	56
8.3.5.	Verificación de tensiones de contacto .....	57
8.3.6.	Condiciones de interconexión o separación de puesta a tierra de servicio y de protección del transformador .....	61
8.3.7.	Separación Entre Tomas de Tierra del centro y de otras instalaciones .....	63
8.4.	Realización de los sistemas de puesta a tierra .....	63
8.4.1.	Conexión de las masas del centro a la tierra de protección .....	63
8.4.2.	Ejecución y Montaje de los electrodos, y conexionado .....	64
8.5.	Requisitos particulares para los sistemas de puesta a tierra de centros asociados a redes rurales de MT con retorno por tierra .....	65
8.5.1.	Puesta a tierra de protección y servicio de MT de los centros de transformación aéreos derivados .....	65
8.5.2.	Puesta a tierra servicio de BT de los centros de transformación aéreos derivados .....	65
8.5.3.	Puestas a tierra del centro de transformación de aislamiento del sistema .....	65
<b>9.</b>	<b>EQUIPAMIENTO Y MATERIALES .....</b>	<b>66</b>
9.1.	Requisitos generales .....	66
9.1.1.	Selección del equipamiento .....	66
9.1.2.	Seguridad del personal .....	66
9.2.	Transformadores y autotransformadores .....	66
9.2.1.	Generalidades .....	66



9.2.2.	Potencias nominales .....	67
9.2.3.	Regulación de tensión .....	67
9.2.4.	Grupos de conexión .....	67
9.2.5.	Sobretensión, sobrecarga y refrigeración .....	68
9.2.6.	Servicio en paralelo .....	69
9.2.7.	Capacidad de los transformadores en condiciones de cortocircuito .....	69
9.2.8.	Nivel de aislación .....	69
9.2.9.	Autotransformadores .....	69
9.2.10.	Accesorios .....	70
9.3.	Equipamiento de maniobra para MT .....	70
9.3.1.	Interruptores automáticos, interruptores manuales, seccionadores y autodesconectores fusibles de MT .....	70
9.3.2.	Celdas .....	71
9.3.3.	Equipamiento y accesorios de MT sumergibles .....	72
9.4.	Equipamiento de maniobra BT .....	72
9.4.1.	Tableros de Distribución .....	72
9.4.2.	Seccionadores fusibles instalados en altura .....	73
9.5.	Descargadores de MT .....	73
9.6.	Aisladores .....	73
9.7.	Barras .....	73
9.8.	Conexiones .....	74
9.9.	Baterías .....	74
<b>10.</b>	<b>PROTECCIONES DEL EQUIPAMIENTO ELÉCTRICO .....</b>	<b>74</b>
10.1.	Protecciones contra sobrecorrientes .....	74
10.1.1.	Aspectos generales .....	74
10.1.2.	Criterios de protección de transformadores contra cortocircuitos .....	75
10.1.3.	Protección del transformador frente a sobrecargas .....	76
10.1.4.	Protección de las líneas salientes .....	76
10.1.5.	Protecciones para detección de fallas incipientes .....	77
10.2.	Protecciones contra sobretensiones .....	78
10.2.1.	Del lado de MT .....	78
10.2.2.	Del lado de BT .....	78
10.3.	Protección de instalaciones auxiliares BT .....	78
<b>11.</b>	<b>REQUISITOS DE SEGURIDAD EN VÍA PÚBLICA .....</b>	<b>79</b>
11.1.	Puertas y tapas de cámaras o gabinetes accesibles desde el exterior. Sistemas de cerramiento .....	79
11.1.1.	Generalidades .....	79
11.1.2.	Centros a nivel tipos B1 .....	79
11.1.3.	Centros a nivel tipo B2 .....	79
11.1.4.	Centros a nivel tipo B3 .....	79
11.1.5.	Centros de transformación subterráneos tipo C1 y C2 .....	80
11.2.	Señalización preventiva para personal de operación y terceros .....	80
<b>12.</b>	<b>IMPACTO AMBIENTAL .....</b>	<b>80</b>
12.1.	Ruidos .....	82
12.1.1.	Niveles de ruido admitidos .....	82
12.1.2.	Niveles medios de ruido de los transformadores .....	82
12.2.	Campos Eléctricos y Magnéticos .....	82
12.3.	Radiointerferencia .....	82
<b>13.</b>	<b>INSPECCIONES Y ENSAYOS EN EL EMPLAZAMIENTO PARA LA PUESTA EN SERVICIO .....</b>	<b>82</b>
<b>ANEXO A.</b>	<b>TENSION DE CONTACTO Y CORRIENTE ADMISIBLE POR EL CUERPO HUMANO (REGLAMENTARIO) .....</b>	<b>84</b>
A.1.	Equivalencia entre la tensión de contacto y la corriente que pasa a través del cuerpo humano .....	84
A.2.	Consideración de resistencias adicionales .....	86
<b>ANEXO B.</b>	<b>VERIFICACIÓN DE VENTILACIÓN NATURAL DE TRANSFORMADOR INSTALADO EN LOCAL (INFORMATIVO) .....</b>	<b>88</b>



## 1. OBJETO

Este documento normativo establece las condiciones mínimas que deberá cumplir el diseño, proyecto, ejecución y puesta en servicio de los centros de transformación MT/BT, MT/MT, maniobra MT y/o de suministro en MT, para preservar la seguridad de las personas, bienes, animales y asegurar el funcionamiento de acuerdo con el fin previsto.

## 2. ALCANCE

Abarca a todos los centros de transformación, de maniobra y de suministro en MT, con tensión nominal máxima de hasta 36 kV, a construir a partir de la puesta en vigencia del presente documento normativo, o a modificar sustancialmente (renovación total del equipamiento eléctrico), en lo que resulte aplicable.

## 3. CAMPO DE APLICACIÓN

Aplica a los Centros de transformación, maniobra y suministro MT pertenecientes a las redes de distribución pública de energía eléctrica, incluyendo a los de urbanizaciones cerradas.

Los requerimientos establecidos son considerados como presupuestos mínimos, debiendo considerarse los establecidos por los organismos competentes que correspondan conforme al área en que se desarrollen las instalaciones (autoridades municipales, provinciales, Entes Reguladores, etc.).

## 4. NORMAS DE REFERENCIA

Los siguientes documentos son indispensables para la aplicación de este documento. A menos que se indiquen fechas específicas, debe considerarse la última versión vigente de los mismos:

- IRAM 2001 Tensiones y frecuencia eléctrica normales.
- IRAM 2099 Transformadores de potencia. Generalidades.
- IRAM 2112 Transformadores de potencia. Comportamiento ante cortocircuitos externos.
- IRAM 2211 Coordinación de la aislación.
- IRAM 2247 Transformadores trifásicos para electrificación rural con tensión primaria nominal de 13,2 kV. Características generales y tipificación de accesorios.
- IRAM 2250 Transformadores de distribución. Tipificación de características y accesorios.
- IRAM 2276 Transformadores de potencia secos.
- IRAM 2279 Transformadores monofásicos para electrificación rural, con tensión primaria nominal de 7,62 kV y 13,2 kV. Características generales y tipificación de accesorios.
- IRAM 2358 Corrientes de cortocircuito. Métodos para el cálculo de sus efectos.
- IRAM 2359-1 Tableros eléctricos. Barras de cobre para corriente permanente. Diseño.
- IRAM 2359-2 Tableros eléctricos. Barras de aluminio para corriente permanente. Diseño.



- IRAM 2377 Coordinación de la aislación en los sistemas de baja tensión incluyendo las distancias de aislación en el aire y las longitudes de contorno en los equipos.
- IRAM 2377 – 1 Coordinación de la aislación del equipamiento en los sistemas (Redes) de baja tensión. Parte 1: Principios, requisitos y ensayos.
- IRAM 2437 Transformadores y reactores. Determinación de los niveles de ruido.
- IRAM 3900 Fuego e incendio. Definiciones fundamentales.
- IRAM 4062 Ruidos molestos al vecindario. Método de medición y clasificación.
- IRAM 10005 Colores y señales de seguridad. Colores y señales fundamentales.
- IRAM 11950 Resistencia al fuego de los elementos de la construcción. Método de ensayo.
- IEC 60038 – IEC Standard voltages
- IEC 60050-191 International Electrotechnical Vocabulary. Chapter 191: Dependability and quality of service.
- IEC 60071-2 Insulation co-ordination - Part 2: Application guide
- IEC 60076 Power transformers - Part 1: General
- IEC 60076-11 Power transformers - Part 11: Dry-type transformers
- IEC 60079-0 Electrical apparatus for explosive gas atmospheres-Part 0 General requirements.
- IEC 60255 Electrical relays
- IEC 60354 Loading guide for oil-immersed power transformers
- IEC 60364 Electrical installations of buildings
- IEC 60364 Electrical installations of buildings
- IEC 60364-4-41 Protection for safety. Protection against electric shock.
- IEC 60364-5-51 Electrical installations of buildings - Part 5-51: Selection and erection of electrical equipment - Common rules.
- IEC 60479-1 Effects of current on human beings and livestock - Part 1: General aspects
- IEC 60529 Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)
- IEC 60694 Common specifications for high-voltage switchgear and controlgear standards
- IEC 60721 Classification of environmental conditions - Part 1: Environmental parameters and their severities.
- IEC 60865-1 Short-circuit currents - Calculation of effects - Part 1: Definitions and calculation methods



13

- IEC 60909 Short-circuit currents in three-phase a.c. systems - Part 0: Calculation of currents
- IEC 60949 Calculation of thermally permissible short-circuit currents, taking into account non-adiabatic heating effects
- IEC 61100 Classification of insulating liquids according to fire-point and net calorific value
- IEC 61200 Electrical installation guide
- IEC 61330 High-voltage/low voltage prefabricated substations.
- IEC 61386 Conduit systems for electrical installations.
- IEC 61936-1 Power installations exceeding 1 kV a.c. - Part 1: Common rules
- IEC 62262 Degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impacts (IK code)
- IEC 62271-100 High-voltage switchgear and controlgear - Part 100: High-voltage alternating current circuit-breakers.
- IEC 62271-102 High-voltage switchgear and controlgear - Part 102: Alternating current disconnectors and earthing switches.
- IEC 62271-103 High-voltage switchgear and controlgear - Part 103: High-voltage switches for rated voltages above 1 kV and less than 52 kV.
- IEC 62271-105 High-voltage switchgear and controlgear - Part 105: High voltage alternating current switch-fuse combinations.
- IEC 62271-200 High-voltage switchgear and controlgear - Part 200: A.C. metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV.
- ANSI/IEEE Std. 80 The IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding.
- ANSI/IEEE Std. 386 IEEE Standard for separable insulated connectors for power distribution systems above 600 V.
- ANSI Std. C37-71 Three-phase, manually operated subsurface load-interrupting switches for alternating-current systems.
- HD 637 S1 Power installations exceeding 1 kV a.c..
- AEA 60909 Corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna. Parte 0: Cálculo de las corrientes de cortocircuito. Parte 1: Factores para el cálculo.
- AEA 90364 Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles Parte 7 Sección 771 .
- AEA 92305-0 Carta de Nivel Isocerámico Medio Anual
- AEA 95301 Reglamentación de Líneas Aéreas Exteriores de Media Tensión y Alta Tensión.



14

- AEA 95201                   Reglamentación de Líneas Aéreas Exteriores de Baja Tensión.
- AEA 95702                   Reglamento para la Ejecución de Trabajos Con Tensión.

## 5.           DEFINICIONES

### 5.1.        Generales

#### 5.1.1.     Centro de transformación (denominado en algunas distribuidoras también como subestaciones de distribución)

Instalación destinada a transformar la energía eléctrica de una valor de tensión de MT a otro valor de tensión de MT o BT, o viceversa. Incluye el/los transformador/es, el equipamiento de maniobra y protección, y la estructura que contiene o soporta el equipamiento.

#### 5.1.2.     Centro de suministro en MT

Instalación destinada a entregar energía eléctrica en MT desde la red de distribución pública a un usuario. Incluye el equipamiento de maniobra, protección y medición, y la estructura que contiene o soporta el equipamiento.

#### 5.1.3.     Seccionamiento

la apertura o desconexión de una instalación o parte de ella o de un equipo, respecto de todos los conductores no puestos a tierra, mediante la creación de intervalos o distancias de aislación conforme al nivel de tensión de la instalación, con la finalidad de separarla de forma segura de toda fuente de energía eléctrica.

#### 5.1.4.     Distancia de seccionamiento

Distancia de aislación entre contactos abiertos que cumple con las prescripciones de seguridad de los seccionadores.

#### 5.1.5.     Parte activa (parte en tensión)

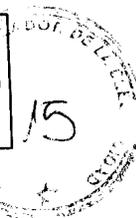
Conductor o parte conductora destinada a estar bajo tensión en servicio normal, incluyendo el conductor de neutro, pero, por convención no se incluyen a los conductores PEN, PEM o PEL (Vocabulario Electrotécnico Internacional según IEC 60050, en adelante VEI, 826-03-01).

Conductor PEN: Conductor puesto a tierra que combina las funciones de conductor de protección y de conductor de neutro (VEI 195-02-12 modificada).

### 5.2.        Instalaciones

#### 5.2.1.     Area cerrada de operación eléctrica

Local o emplazamiento para la explotación de instalaciones y equipos eléctricos el acceso al cual se supone restringido sólo a personas calificadas o instruidas desde el punto de vista eléctrico (ver 7.7), o a personal bajo la supervisión de personas calificadas o instruidas desde el punto de vista eléctrico, mediante, por ejemplo, la apertura de una puerta o el levantamiento de una barrera que requieren el uso de una llave, herramienta o dispositivo especial, y que está claramente indicado por señales de advertencia apropiadas.



### 5.2.2. Barras de distribución

En un centro o subestación, conjunto de barras necesario para realizar la conexión entre varios circuitos. Por ejemplo, tres barras de distribución para un sistema (red) trifásico (VEI 411-18-33).

### 5.2.3. Instalaciones de interior

Instalaciones eléctricas situadas dentro de un edificio o local, donde el equipo está protegido de las inclemencias del tiempo.

### 5.2.4. Instalaciones de intemperie (de exterior)

Instalaciones eléctricas situadas en el exterior, fuera de edificios o locales y que están expuestas a las inclemencias del tiempo.

### 5.2.5. Instalaciones de intemperie (de exterior) abiertas

Instalaciones donde el equipo no tiene protección completa contra el contacto directo (al menos IP 3X/IPXXC por todos los lados) y está expuesto a las inclemencias del tiempo.

### 5.2.6. Instalaciones bajo envolvente

Instalaciones donde el equipo tiene protección completa contra contactos directos, y cuya envolvente las protege contra las inclemencias del tiempo si se trata de instalaciones intemperie.

Instalaciones de interior abiertas: instalaciones de interior donde el equipo no tiene protección completa contra contactos directos (al menos IP 3X/IPXXC por todos los lados).

## 5.3. Equipamiento

### 5.3.1. Seccionador

Aparato mecánico de conexión que asegura, en la posición de abierto, una distancia de aislación, separación o seccionamiento, en concordancia con los requerimientos especificados (VEI 441-14-05).

Un seccionador es capaz de abrir o cerrar un circuito cuando la corriente interrumpida o establecida es de intensidad despreciable, o cuando no se produce ningún cambio notable de la tensión en los bornes de c/u de sus polos. También es capaz de soportar o transportar corriente en las condiciones normales del circuito y es también capaz de transportar durante un tiempo especificado corrientes anormales del circuito tales como las corrientes de cortocircuito.

### 5.3.2. Interruptor

Es un dispositivo de maniobra capaz de conectar, transportar e interrumpir las corrientes bajo condiciones normales de operación del circuito, pudiendo incluir condiciones de sobrecarga especificadas, y de transportar durante un tiempo especificado corrientes bajo condiciones anormales del circuito especificadas, tales como cortocircuitos (VEI 441-14-10).

### 5.3.3. Seccionador bajo carga (interruptor seccionador)

Es un interruptor que, en posición abierta, satisface los requerimientos de aislación establecidos para un seccionador (441-14-12).



#### **5.3.4. Combinación interruptor-seccionador-fusible (o seccionador bajo carga-fusible)**

Es una combinación entre un interruptor (o seccionador bajo carga) tripolar con tres fusibles provistos de percutor, de forma que la operación de cualquier percutor causa la apertura automática de los tres polos del interruptor.

#### **5.3.5. Fusible-interruptor**

Interruptor en el que el contacto móvil está formado por un elemento recambiable o por portafusibles con su elemento recambiable.

#### **5.3.6. Fusible seccionador autodesconectador**

Seccionador en el que el contacto móvil está formado por un portafusibles con su elemento fusible recambiable, concebido de forma que cuando el elemento fusible interrumpe la corriente, el portafusibles automáticamente se desplaza hasta la posición de abierto, proporcionando seccionamiento.

#### **5.3.7. Interruptor automático**

Aparato o dispositivo mecánico de conexión capaz de establecer, soportar e interrumpir corrientes en las condiciones normales del circuito, así como de establecer, soportar durante un tiempo determinado e interrumpir corrientes en condiciones anormales especificadas del circuito tales como las de cortocircuito.

### **5.4. Medidas de seguridad contra contactos eléctricos directos**

#### **5.4.1. Envoltente de protección (eléctrica)**

Envoltura que rodea las partes internas de un equipo para evitar el acceso a las partes vivas o peligrosas en cualquier dirección (VEI 195-06-12).

#### **5.4.2. Barrera de protección (eléctrica)**

Parte que proporciona protección contra los contactos directos en todas las direcciones de acceso habitual (VEI 195-06-15).

#### **5.4.3. Obstáculo de protección (eléctrico)**

Elemento que impide el contacto directo fortuito o involuntario, pero que no impide el contacto directo por una acción deliberada (VEI 195-06-16).

#### **5.4.4. Distancia mínima de aislación en el aire**

Menor distancia admisible de aislación en el aire entre las partes en tensión o entre éstas y tierra.

#### **5.4.5. Distancia de aislación en el aire por barrera**

Menor distancia admisible de aislación en el aire entre una barrera y las partes en tensión o aquellas partes que pudieran estar sometidas a una tensión de contacto peligrosa.



#### 5.4.6. Altura mínima

Menor distancia admisible de aislación vertical en el aire entre superficies accesibles y partes en tensión sin protección contra el contacto directo o aquellas partes que pudieran estar sometidas a una tensión de contacto peligrosa.

#### 5.4.7. Distancia mínima de trabajo (Distancias de seguridad)

Distancia mínima en el aire que para trabajar debe mantenerse entre cualquier parte del cuerpo o cualquiera de las herramientas conductoras que se manipulen directamente y cualquier parte a distinto potencial, en la situación más desfavorable que pueda producirse. En nuestro país son de aplicación las distancias de seguridad establecidas por la Ley 19587 Higiene y Seguridad en el Trabajo, Decreto Reglamentario 351/79, Anexo VI, punto 1.1.5.

#### 5.4.8. Distancia de seguridad en aire por frontera

Menor distancia admisible de aislación en el aire entre un cercado exterior y las partes en tensión o aquellas partes que pudieran estar sometidas a una tensión de contacto peligrosa.

### 5.5. Medidas de seguridad respecto del fuego

#### 5.5.1. Resistencia al fuego (IRAM 3900)

Aptitud de un elemento de construcción, componente o estructura, de conservar (bajo condición de fuego) durante un tiempo determinado la carga portante requerida, la estanqueidad y/o la aislación térmica, especificados en el ensayo respectivo de la norma correspondiente (IRAM 11950).

Se designa mediante un número que representa el tiempo en minutos, precedido de la sigla "FR" (o "F" según los decretos reglamentarios de la Ley de Seguridad e Higiene 19587). Por ejemplo, FR 60 significa resistencia al fuego 60 minutos.

#### 5.5.2. Foso de recogida

Receptáculo destinado a recoger el líquido aislante de un transformador u otro equipo en caso de fuga.

#### 5.5.3. Depósito colector

Depósito colector para la fuga de líquidos, agua de lluvia, etc. para uno o más transformadores u otros equipos.

### 5.6. Puesta a tierra

#### 5.6.1. Electrodo de tierra

Conductor que está en contacto eléctrico con la tierra, que puede estar incorporada en un medio conductor particular, por ejemplo hormigón o coque (VEI 195-02-01).

Nota: por ejemplo, un conductor que está empotrado en hormigón el cual está en contacto con la tierra mediante una gran superficie (por ejemplo, un electrodo de tierra en cimientos).

#### 5.6.2. Conductor de (puesta a) tierra

Conductor que proporciona un camino conductor, o parte de un camino conductor, entre un punto dado de una red, de una instalación o de un componente eléctrico y un electrodo o toma de tierra (VEI 195-02-03).



### **5.6.3. Sistema de puesta a tierra**

Sistema localmente limitado de electrodos de tierra conectados conductivamente o de partes de metal de igual eficacia (por ejemplo, pies de torres, blindajes, envolventes de cable metálicas), de conductores de tierra y de conductores equipotenciales (VEI 604-04-01).

### **5.6.4. Cable con efecto de electrodo de tierra**

Cable cuyas envolventes, pantallas o blindajes tienen el mismo efecto que un electrodo de tierra de jabalinas.

### **5.6.5. Resistencia de tierra (de un electrodo o grupo de electrodos que constituyen el sistema de puesta a tierra principal)**

Resistencia entre el electrodo o grupo de electrodos y la tierra de referencia.

### **5.6.6. Impedancia de tierra (de un sistema de puesta a tierra) ZE**

Impedancia entre el sistema de puesta a tierra y la tierra de referencia.

Está determinada por los electrodos de tierra directamente conectados, y también por los conductores de tierra de líneas aéreas, por cables con efecto de electrodo de tierra conectados, y otros sistemas de puesta a tierra conectados conductivamente al sistema de puesta a tierra principal mediante las envolventes conductoras de los cables, los blindajes, los conductores PEN o en cualquier otra forma.

### **5.6.7. Puesta a tierra de protección y puesta a tierra de servicio o funcional**

Ver punto 8.2.

### **5.6.8. Sistema con puesta a tierra de neutro rígida (baja impedancia):**

Sistema en el que al menos un neutro de un transformador o de un transformador de puesta a tierra o de un generador, está puesto a tierra directamente (rígida) o mediante una impedancia diseñada de tal manera que debido a un defecto a tierra en cualquier emplazamiento, la corriente de defecto lleva a una desconexión automática fiable a causa de su magnitud (VEI 601-02-25, 601-02-26).

### **5.6.9. Sistema con neutro aislado**

Sistema en el cual los neutros de los transformadores y de los generadores no están conectados voluntariamente a tierra, a excepción de las conexiones de alta impedancia con finalidades de señalización, medida o protección (VEI 601-02-24, modificada).

### **5.6.10. Sistema con puesta a tierra resonante**

Sistema en el que al menos un neutro de un transformador o de un transformador de puesta a tierra está puesto a tierra mediante una bobina de extinción de arco y la inductancia combinada de todas las bobinas de extinción de arco está sintonizada con la capacidad a tierra del sistema para la frecuencia de operación (VEI 601-02-13).

### **5.6.11. Tensión de contacto (efectiva) (Uc)**

Tensión entre partes conductoras cuando son tocadas simultáneamente por una persona o un animal (VEI 195-05/11).

El valor de la tensión de contacto efectiva puede estar influenciado por la impedancia de la persona o animal en contacto.



19

Se refiere al contacto entre piso y masas ubicadas al alcance (las normas HD 637 e IEEE 80 indican una distancia horizontal de 1 m), asumiendo que la corriente fluye desde la mano a los pies, o al contacto entre masas simultáneamente accesibles.

#### **5.6.12. Tensión de contacto presunta**

Tensión entre partes conductoras simultáneamente accesibles por una persona o un animal cuando las mismas no son tocadas (VEI 195-05-09).

#### **5.6.13. Tensión de paso (Up)**

Diferencia de potencial entre dos puntos sobre la superficie de la tierra que se encuentran a una distancia de 1 m entre sí, la cual es considerada como la longitud de paso de una persona (VEI 195-05-09).

A los efectos de verificar las condiciones de seguridad, la tensión de paso se evaluará en la dirección del máximo gradiente de potencial.

#### **5.6.14. Sistema de puesta a tierra global**

Sistema de puesta a tierra equivalente creado por la interconexión de los sistemas locales de puesta a tierra que asegura, por la proximidad de los sistemas de puesta a tierra, que no hay tensiones de contacto peligrosas. Tales sistemas permiten la división de corrientes de defecto a tierra de forma que resulta en una reducción de la subida de potencial de tierra en el sistema local de puesta a tierra. De tal sistema podría decirse que forma una superficie cuasi-equipotencial.

#### **5.6.15. Corriente de defecto a tierra (IF)**

Corriente que circula desde el circuito principal a tierra o a las partes puestas a tierra en el lugar del defecto.

#### **5.6.16. Corriente a tierra (IE)**

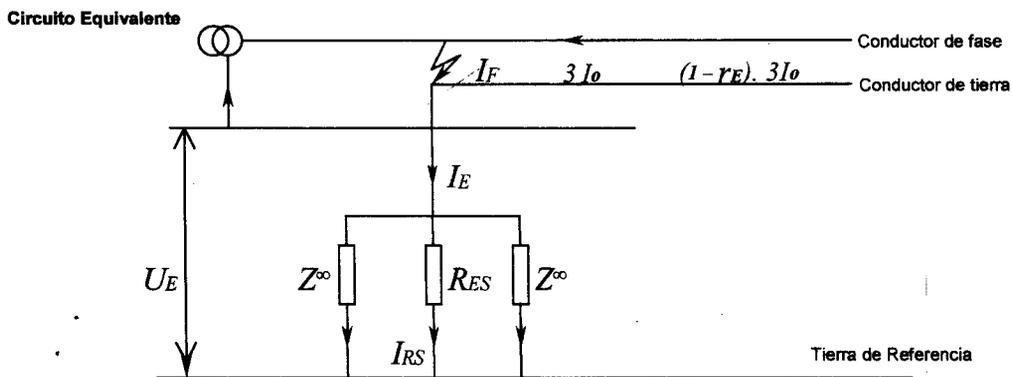
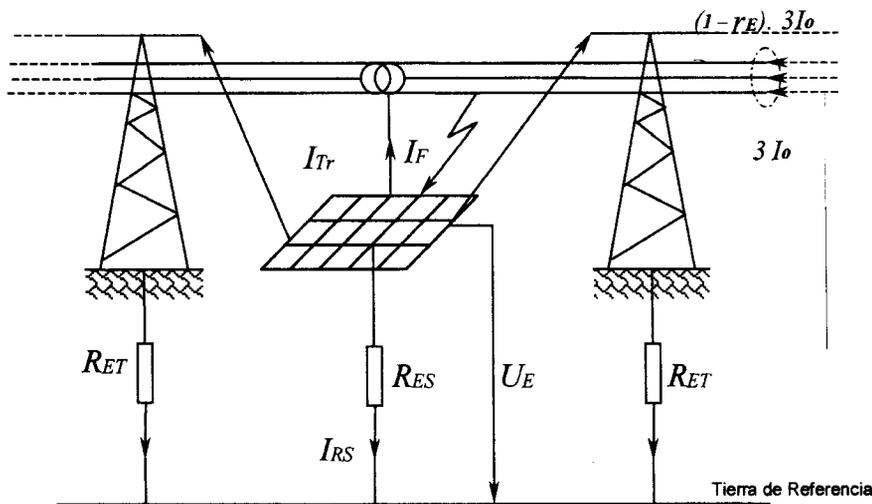
Corriente que circula a tierra a través de la impedancia a tierra.

#### **5.6.17. Elevación de potencial de tierra (UE):**

Tensión entre un sistema de puesta a tierra y la tierra de referencia. Resulta del producto de IE y ZE.

#### **5.6.18. Factor de reducción**

El factor de reducción de una línea trifásica es la relación entre la corriente a tierra y la suma de las corrientes de secuencia cero (homopolares) en los conductores de fase del circuito principal en un punto distante del lugar de cortocircuito y del sistema de puesta a tierra de una instalación.



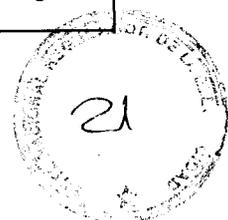
- $3 I_0$  Tres veces la corriente de secuencia cero (homopolar) de la línea
- $I_{Tr}$  Corriente a través de la puesta a tierra del neutro de transformador
- $I_F$  Corriente de defecto a tierra
- $I_E$  Corriente a tierra
- $I_{RS}$  Corriente a través de la resistencia a tierra del electrodo de tierra mallado
- $r_E$  Factor de reducción de la línea aérea
- $R_{ES}$  Resistencia a tierra del electrodo de tierra mallado
- $R_{ET}$  Resistencia a tierra de la torre
- $Z^\infty$  La impedancia del conductor de tierra/pie de torre de la línea se supone infinita
- $U_E$  Subida del potencial de tierra

## 6. REQUISITOS GENERALES

### 6.1. Condiciones Generales

Los componentes de estas instalaciones deben elegirse, construirse y mantenerse de manera tal que garanticen una operación segura, teniendo en cuenta las condiciones climáticas, los niveles de tensión y corriente de operación, las solicitaciones de cortocircuito presuntas, las sobretensiones atmosféricas e internas que se puedan presentar, los campos magnéticos y los niveles máximos de ruido establecidos.

Los materiales y componentes deben cumplir con las normas IRAM o IEC correspondientes.



## 6.2. Sistemas de distribución asociados

### 6.2.1. Clase de líneas

La alimentación y/o salida de éstos centros, como las líneas a su servicio para control o comunicación, podrán ser realizadas por medio de líneas aéreas o canalizaciones subterráneas, reconociéndose a los efectos de la presente reglamentación las siguientes clases:

- Clase A - Baja Tensión, Tensión nominal  $\leq 1$  kV: Son las líneas aéreas o subterráneas para distribución de energía eléctrica, cuya tensión nominal es de hasta 1 kV.
- Clase B - Media Tensión, Tensión nominal  $< 66$  kV: Son las líneas aéreas o subterráneas para transporte o distribución de energía eléctrica, cuya tensión nominal es inferior a 66 kV y superior a 1 kV (ver nota).
- Clase BB – Media Tensión con retorno por tierra, Tensión nominal  $\leq 38$  kV: son las líneas aéreas de un solo conductor para distribución rural de energía eléctrica, cuya tensión nominal es superior a 1 kV e inferior o igual a 38 kV.

Nota 1: por el alcance de esta Reglamentación, sólo se incluirá el tratamiento de centros a los que acceden líneas de hasta 36 kV inclusive.

Nota 2: Las líneas aéreas telefónicas, de señalización, y comando a distancia, se encuentran comprendidas en la "Reglamentación sobre líneas aéreas exteriores de BT" de la AEA.

### 6.2.2. Esquemas de conexión a tierra (ECT) de los sistemas MT y BT

#### 6.2.2.1. Sistemas MT

El esquema de puesta a tierra del neutro adoptado en general para los sistemas de MT es el de neutro puesto rigidamente a tierra (o eventualmente por baja impedancia).

Se pueden presentar sistemas MT existentes con esquemas de conexión a tierra del neutro "aislado de tierra" o "con puesta a tierra resonante".

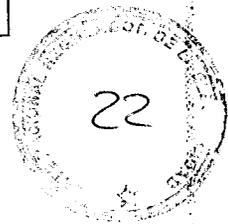
Las masas de la instalación de MT del centro se conectan a la puesta a tierra propia del mismo.

Nota: el esquema de conexión a tierra del sistema condicionará la elección del nivel de aislación y las características de los dispositivos limitadores de sobretensiones.

#### 6.2.2.2. Sistemas BT

Los esquemas de puesta a tierra considerados para los sistemas de BT alimentados por los centros de transformación son el TN (Neutro a (T)ierra – Masas a (N)eutro), y el TT (Neutro a (T)ierra – Masas a una (T)ierra independiente), siendo este último de aplicación general en las instalaciones de usuarios abastecidos de la red de distribución pública de BT. Para esquemas TN se reconocen las variantes TN-C (función de neutro y protección en único conductor PEN, en toda la instalación), TN-S (conductor de protección separado del neutro en toda la instalación BT, y unido sólo en el origen), o TN-C-S (función de neutro y protección en único conductor PEN, en parte de la instalación y conductor de protección separado del neutro en el resto de la instalación). Las dos últimas variantes quedan restringidas a las instalaciones eléctricas dentro del CT, y a la red de distribución pública BT.

El esquema de tierra IT (Neutro aislado de tierra, o puesto a tierra a través de una impedancia elevada, y masas conectadas a (T)ierra) no se debe utilizar en los centros de transformación que abastecen redes de distribución pública BT.



### 6.2.3. Sistemas de distribución MT

Los sistemas de alimentación en MT a éstos centros, serán de los siguientes tipos:

- Trifásico trifilar: Con neutro conectado a tierra en subestación AT/MT.
- Trifásico tetrafilar: Con neutro distribuido conectado rígidamente a tierra.
- Bifásico bifilar.
- Monofásico bifilar con neutro transportado conectado rígidamente a tierra.
- Monofásico unifilar con retorno por tierra.

### 6.2.4. Tensiones nominales

A efectos de la aplicación de esta Reglamentación, según los niveles de tensión de los sistemas asociados a los centros, las tensiones nominales previstas son:

Tabla 6.2-a – Muy baja tensión

Clasificación	Tensión nominal
Muy baja tensión	$U_n \leq 50 \text{ V}$

Nota: de requerirse que el sistema sea MBTS (de muy baja tensión sin puesta a tierra) se cumplirán las condiciones establecidas en la parte 4 de la Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles.

Tabla 6.2-b – Tensiones nominales en baja tensión

Clasificación	Tensión Nominal Sistema	
	Monofásico	Trifásico
Baja Tensión	0,22 kV (*)	3x 0,38/0,22 kV (*)

Nota: Este valor corresponde al establecido por la norma IRAM 2001 en su Tabla II y está comprendido dentro de los valores aceptados por la norma IEC 60038, la que en su Nota 1 a la Tabla I dice: "La tensión nominal de los sistemas existentes de 220/380 V y 240/415 V evolucionará hacia los valores recomendados de 230/400 V. El período de transición será lo más corto posible y no debería exceder los 20 años a partir de la publicación de la presente norma. Durante este período y como primer paso, las autoridades de los países con tensiones de 220/380 V deberán suministrar tensiones en el rango 230/400 V + 6 % 10 % y los países con tensiones de 240/415 V deberán suministrar tensiones en el rango 230/400 V + 10 % 6 %. Al final de este período de transición, será alcanzada una tolerancia de 230/400 V ± 10 %. Una vez alcanzado este punto una ulterior reducción de la tolerancia será estudiada internacionalmente".



Tabla 6.2-c – Tensiones hominales en media tensión

Nivel	Tensión nominal Sistema		
	Monofásico	Bifásico	Trifásico
Media Tensión	1x 19 kV	2x 33 kV	3x 33/19 kV
	1x 7,6 kV	2x 13,2 kV	3x 13,2/7,6 kV



Nota: La frecuencia normalizada es 50 Hz.

Las relaciones de transformación habituales, conforme a los niveles de tensiones nominales establecidos, son:

Tabla 6.2-d – Relaciones de transformación habituales

Clasificación	Tensión mayor (kV)	Tensión menor (kV)
MT/MT – Trifásico	33	13,86
MT/BT – Trifásico	33	0,4/0,231
	13,2	
MT/BT – Monofásico	33	0,231
	19	
	13,2	
	7,6	

Nota: Estas relaciones de transformación y tensiones son normales para centros pertenecientes al servicio público de distribución de energía eléctrica. Las tablas no son limitativas respecto de otras relaciones de transformación y tensiones que puedan requerirse en casos especiales, por necesidad del usuario, o por disposiciones legales vigentes.

### 6.3. Requisitos eléctricos de las instalaciones

#### 6.3.1. Niveles de aislación

El nivel de aislación para el equipamiento eléctrico debe ser seleccionado según su tensión nominal conforme con los valores de la tabla siguiente, adoptados de la norma IRAM 2211 - Coordinación de la aislación (compatibles con los establecidos por la IEC 60071).

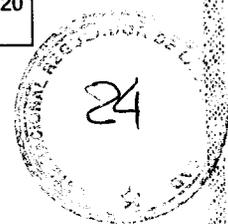


Tabla 6.3-a – Niveles de aislamiento

Tensión máxima para el material [kV] (valor eficaz)	Tensión resistida de impulso (onda 1.2/50 $\mu$ s) [kV] (valor pico)	Tensión resistida de frecuencia industrial [kV] (valor eficaz)
0,4	Mínimo 6 (*)	2,5
3,6	40	10
7,2	60	20
14,5	95	38
36	170	70

(\*) Nota: según IRAM 2377, es la tensión nominal de impulso categoría IV para tensión de red 220/380 V. Puede ser necesario aumentar este valor a 8 kV (categoría IV para tensión de red 400/690 V) o más, según condiciones particulares.

Los aparatos de seccionamiento deberán verificar además las tensiones resistidas a polo abierto que correspondan a su nivel de aislamiento, según lo especificado en la norma IEC 60694 (62271-1 a futuro).

### 6.3.2. Corrientes de funcionamiento normal

Cada sistema debe estar diseñado y construido de tal forma que la corriente en condiciones normales de funcionamiento no exceda las corrientes asignadas de los materiales o las corrientes admisibles de los componentes para los que la corriente asignada no se ha especificado. Se entiende como condición normal de funcionamiento la correspondiente a la/las configuración/es operativa/s normal/es del sistema diseñado.

### 6.3.3. Corrientes de cortocircuito

Las instalaciones deben estar diseñadas, construidas y montadas para resistir con seguridad los efectos mecánicos y térmicos que resultan de las corrientes de cortocircuito.

A tal efecto se evaluarán las corrientes de cortocircuito, y su duración, teniendo en cuenta el tiempo de eliminación del defecto impuesto por los dispositivos de protección.

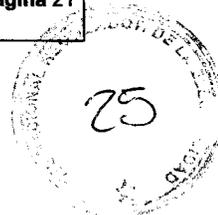
Los cálculos de las corrientes de cortocircuito se pueden realizar conforme a las normas AEA 60909 o IEC 60909. Para la determinación de los efectos de las corrientes de cortocircuito se podrán aplicar según el caso las normas IEC 60865-1, o IEC 60949.

Nota: Según las características del centro y de la red de alimentación, puede ser necesario aplicar directamente valores de corrientes de cortocircuito de diseño representativos de una eventual situación futura, y no los que surgen de un cálculo para la configuración inicial del sistema.

## 6.4. Requisitos Mecánicos

Los equipos y estructuras deben soportar los esfuerzos mecánicos previsibles.

Deben considerarse diversas combinaciones de cargas sobre las cuales basar el cálculo de la carga total resultante, debiendo incluir las habituales como las que dependen de condiciones climáticas o circunstancias excepcionales.



Las acciones a considerar, según corresponda, son:

- Presión del viento sobre los equipos, estructuras, cables, aisladores y accesorios.
- Acciones horizontales y verticales debido a la tracción mecánica de cables asociados.
- Peso de todos los elementos y de la estructura, incluyendo el peso de hielo.
- Sobrecargas adicionales de montaje.
- Cargas debidas a movimientos sísmicos (ver nota).

Los escenarios de condiciones climáticas límite deben adoptarse en función de la ubicación geográfica de la instalación.

Si la instalación estuviese ejecutada sobre estructuras integrantes de líneas aéreas exteriores, se considerarán los esfuerzos debido a los elementos constituyentes de ésta instalación en el propio cálculo mecánico de la línea.

Adicionalmente, cuando corresponda, se evaluarán las situaciones excepcionales de peso propio y carga de tracción actuando simultáneamente con la mayor de las cargas ocasionales siguientes:

- Esfuerzos debidos a la operación de seccionamiento.
- Esfuerzos electrodinámicos de cortocircuito.

Nota: En áreas donde existe un peligro substancial de movimientos sísmicos, deben considerarse los esfuerzos que cabe esperar dentro del caso de carga excepcional, conforme a las recomendaciones del Instituto Nacional de Previsión de Movimientos Sísmicos (INPRES) Se deberán considerar las interacciones inerciales y las cinemáticas debidas a los corrimientos del terreno.

## **6.5. Condiciones climáticas y ambientales**

Las instalaciones deben ser diseñadas para su funcionamiento bajo las condiciones climáticas y ambientales que se indican a continuación, a menos que las particularidades del área de implantación justifiquen prever condiciones más severas.

### **6.5.1. Temperatura**

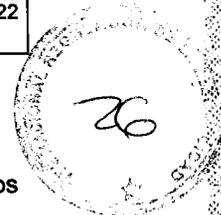
Como condición normal, los límites de temperatura del aire ambiente sin considerar el calor emitido por el equipamiento son: límite superior 40°C, límite inferior -5°C. Esta condición se corresponde con la designación AA4 (IEC 60364-5-51). En instalaciones de interior, su valor promedio medido durante 24 h no debe ser mayor que 35 °C.

### **6.5.2. Humedad**

El valor medio de la humedad relativa para un período de 24 horas, oscila entre el 5% y el 100%.

### **6.5.3. Presencia de sustancias contaminantes o corrosivas**

En el diseño de las instalaciones, como en la especificación de los materiales a emplear, debe evaluarse si el aire ambiente puede estar contaminado por polvo, humo, gases corrosivos, vapores, cemento, arena o sal, niebla salina (zonas marítimas), etc. Si no hay presencia de ningún agente contaminante en el ambiente, la designación correspondiente a esta condición es AF1 según IEC 60364-5-51, o clase 3C1 según IEC 60721.



#### 6.5.4. Radiación solar

En interior: en condiciones normales puede despreciarse la influencia de la radiación solar, excepto casos especiales en que deba tenerse en cuenta un aumento considerable de la temperatura superficial.

En exterior: según el emplazamiento deben adoptarse medidas especiales para asegurar que no se excedan los valores de temperatura admisibles. Se debe considerar la radiación solar de un nivel de hasta 1000 W/m<sup>2</sup>.

#### 6.5.5. Movimientos Sísmicos

La IEC 60364-5-51 establece su clasificación en 4 rangos, nominados según el código AP 1 a 4, en función de la aceleración [cm/s<sup>2</sup>]. En general se adoptará un grado AP 1 (despreciable, aceleración < 30 [cm/s<sup>2</sup>]), salvo la situación indicada en 6.4.

#### 6.5.6. Altura

Se considera como condición normal de altitud hasta 1000 m sobre nivel del mar. Para instalaciones o equipos a altura mayor, se aplicarán las condiciones expresadas en 6.6.

#### 6.6. Instalaciones en altitudes elevadas

Las instalaciones ubicadas por encima de 1000 m sobre el nivel del mar deberán reunir los requisitos adicionales siguientes:

Corrientes admisibles: la corriente admisible de conductores al aire debe reducirse en un 0,2% por cada 100 m por encima de los 1000 m.

Distancias de aislación en aire: las distancias mínimas fase - tierra y entre fases establecidas en el capítulo 3 se deberán aumentar en un 1,4% por cada 100 m por encima de los 1000 m para tensiones superiores a 1 kV, ó por encima de los 2000 m para equipamiento de tensión igual o inferior (ver IRAM 2377 o IEC 60664).

Tensiones soportadas: Cuando el equipamiento sea empleado en altitudes mayores de 1000 m sobre el nivel del mar, los valores de las tensiones de ensayo para alturas inferiores a aquella deberán incrementarse en el factor que corresponda según altura y tipo de ensayo dieléctrico correspondiente, de acuerdo a la IEC 60694 (62271-1 a futuro) o IEC 60071-2.

#### 6.7. Capacidad de las personas

Las instalaciones eléctricas de los centros se suponen de acceso restringido solamente a personas calificadas o instruidas en temas eléctricos, o personal autorizado bajo la supervisión de personas calificadas o instruidas en temas eléctricos, que deberán adoptar las medidas de seguridad que correspondan a la tarea a desarrollar. A tal efecto se establece la clasificación siguiente, basada en la REIEI y en la IEC 60364-parte 5:

- BA4: Personas instruidas en temas eléctricos: personal de operación y mantenimiento instruidos para ejecutar estas tareas en instalaciones de este nivel de tensión.
- BA5: Personas calificadas en temas eléctricos: ingenieros y técnicos de la especialidad.

El personal que realice el mantenimiento de las instalaciones debe estar instruido para el buen desempeño de su función. El personal que efectúe trabajos sobre la instalación en tensión deberá estar habilitado especialmente por la empresa para dicho fin, según establece la Ley 19587, en sus Decretos 351/79, Anexo VI artículo 1.2 Capacitación del personal, y 592/2004 Anexo I "Reglamento para la Ejecución de Trabajos con Tensión en instalaciones mayores a un kilovolt", elaborado por la AEA.



Las instalaciones deben contar con los recursos necesarios para evitar el acceso de toda persona ajena al servicio o que no obedezca a la clasificación anterior, sea mediante barreras, envolturas o recintos con puertas o tapas y sistemas de cierre adecuados o por ubicación en altura sobre estructuras, con las señales de advertencia de peligro correspondientes.

## 6.8. Elección de la potencia nominal de transformación

Para el dimensionamiento de la potencia nominal de los centros se deberá tener en cuenta, entre otras, las consideraciones siguientes:

- La altitud respecto al mar, a la cual se instala el centro.
- Las temperaturas media anual, media mensual del mes de mayor temperatura y máxima anual en el lugar de instalación.
- El diagrama de carga diario, y la sobrecarga prevista, cuando el transformador deba abastecer carga adicional ante reposición de servicio en emergencia de instalaciones normalmente abastecidas desde otro transformador.
- En centros que abastezcan usuarios con cargas oscilantes, la potencia de cortocircuito necesaria del lado BT para acotar las fluctuaciones de tensión que puedan originar un nivel de parpadeo (flicker) inadmisibles.

Nota 1: Es conveniente analizar el diagrama de carga diario, estacional y anual, para evaluar los valores de pérdidas del transformador y la relación entre pérdidas constantes y variables más convenientes.

Nota 2: En instalaciones para un único usuario, prever si es necesaria una reserva para futuras ampliaciones.

Nota 3: Emplear preferentemente las series de potencias indicadas en la norma IRAM 2099.

Nota 4: La carga admisible y sobrecargabilidad se podrá evaluar, conforme al ciclo de carga previsto, mediante la norma IEC 60354.

Nota 6: Para el análisis de la capacidad de carga de transformadores con régimen de carga normal cíclico y en emergencia puede aplicarse como guía la IEC 60354.

## 6.9. Proyecto, ejecución y puesta en servicio

Será obligatoria la aprobación del proyecto, de la ejecución y de la puesta en servicio por profesionales matriculados cuyos títulos habilitantes tengan incumbencias y/o competencias específicas en instalaciones de Media Tensión.

En el proyecto de centros, se deberán considerar las diversas características constructivas de acuerdo con el tipo de red de M.T. sobre la cual están conectados (red subterránea o aérea), y además tener en cuenta las diferentes configuraciones urbanas, sus restricciones, si la zona es inundable o no, las disponibilidades de espacio y acceso que permitan atender los requisitos técnicos de funcionamiento, mantenimiento y operación, no provocar interferencias con otros servicios públicos ni con inmuebles.

Deberán tenerse en cuenta los requisitos de seguridad eléctrica establecidos en la legislación laboral respectiva y otros propios de los entes actuantes en el lugar de emplazamiento.



## 6.10. Accesibilidad

Los recintos para centros deben ser accesibles las 24 horas por parte del personal de explotación. Al respecto en locales incluidos en predio del usuario se procurará disponer de acceso directo desde vía pública, caso contrario, se convendrá entre Usuario y Distribuidora la condición de accesibilidad permanente.

## 7. CARACTERÍSTICAS Y REQUISITOS CONSTRUCTIVOS

### 7.1. Clasificación de los Centros

#### 7.1.1. Tipos de instalación previstas

- Instalaciones de interior
  - En recintos cerrados de operación interior.
  - En recintos cerrados de operación exterior.
- Instalaciones de intemperie
  - En altura (centros aéreos tipo plataforma o monoposte)
  - A nivel (área cercada, operación interior).
  - Bajo nivel (equipamiento sumergible).

#### 7.1.2. Tipos de centros según su emplazamiento y construcción

Según su emplazamiento y características constructivas, se presentan las variantes siguientes:

- a) Centros aéreos (instalación de intemperie en altura).
- b) Centros a nivel

B1 Instalación de interior en recintos cerrados de operación interior, con las variantes siguientes:

- B1a. Recinto en inmueble, acceso desde espacio abierto o vía pública.
- B1b. Recinto en inmueble, acceso desde espacio interior.
- B1c. Recinto independiente, acceso desde espacio abierto.

B2. Instalación de interior en recintos cerrados de operación exterior (cámara con maniobra exterior).

- B2a. Recinto cerrado incluido en planta interior de inmueble.
- B2b. Recinto cerrado en espacio abierto.

B3. Instalación intemperie a nivel (en área cercada de operación interior).

- B3 a. Aparatos de maniobra y protección dentro de envolventes (celdas).



- B3 b. Aparatos de maniobra y protección abiertos.
- c) Centros subterráneos
- C1. Instalación de interior en recinto (cámara) operación interior, acceso desde espacio abierto o vía pública.
  - C2. Instalación de exterior en pozo, equipamiento sumergible, operación externa.

### 7.1.3. Tipos de centros según su función

Según la función que desarrollan, se reconocen los tipos de centros siguientes:

- Centro de transformación MT/BT
- Centro de transformación MT/MT
- Centro de distribución y maniobra MT (instalación a la que acceden tres o más líneas, con equipamiento de maniobra que permita el cambio de configuración de la red MT).
- Centro de suministro y medición MT (instalación destinada al suministro de un usuario de MT)
- Centro de regulación de tensión

Nota: una instalación puede cumplir más de una de las funciones indicadas.

Particularmente, para el caso de centros de transformación MT/MT cuya tensión más elevada supere 14,5 kV, las indicaciones de esta Reglamentación se consideran como requerimientos mínimos, pudiendo requerirse el cumplimiento, en lo que sea aplicable, de la futura Reglamentación sobre Estaciones Transformadoras de AT/AT o AT/MT, cuando el centro:

- Forma parte de Sistemas de Transmisión en esos niveles de tensión, y su arquitectura eléctrica responde a una estación transformadora AT/MT.
- Cumple la función de ser la fuente de alimentación de una ciudad.
- Cuando por su importancia, las Autoridades Regulatorias decidan incorporarlas en esta categoría.

## 7.2. Centros con instalaciones de interior

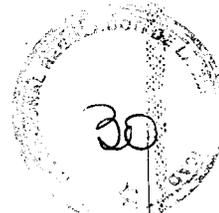
Estas prescripciones comprenden los centros de instalación interior, construidos con equipamiento individual, alojado en un área o recinto cuyo interior es accesible solamente por personal calificado.

Son de aplicación a las variantes B1 a B3 y C1 indicadas en 7.1.

### 7.2.1. Prescripciones de instalación

Los dispositivos de maniobra y protección de MT deberán estar dentro de envolventes adecuadas, puestas a tierra si fuesen metálicas, proveyendo una protección completa contra el contacto directo accidental con partes conductoras, y diseñadas de forma de proteger al operador de posible proyección ocasionada por avería en el momento de la maniobra (ver además capítulo 9), de conformidad con la norma IEC 62271-200.

Las partes conductoras no aisladas con tensión de MT (barras, terminales de cable, bornes de transformador, pasamuros) que se encuentren por debajo de la altura libre permitida (ver 7.2.3.) deberán



protegerse mediante barreras que impidan contacto accidental, las que si fuesen metálicas deberán estar conectadas efectivamente a la tierra de protección del centro.

### 7.2.2. Distancias mínimas de aislación en aire.

a) Distancias mínimas "N" entre fases y a masa de las partes conductoras desnudas:

Tabla 7.2-a – Distancias mínimas de aislación en aire

Tensión nominal hasta (kV)	Distancia "N"(m)
1	0,04
6,6	0,09
13,2	0,16
33	0,32

Nota 1: Valores para media tensión extraídos de Norma IRAM 2211.

Nota 2: Estos valores pueden reducirse parcialmente por medio de envolturas aislantes, realizando los ensayos correspondientes. Para el equipamiento ejecutado y ensayado en fábrica se admiten menores distancias, siempre que se haya comprobado mediante ensayo su rigidez dieléctrica acorde al nivel de aislación exigido.

- b) Distancias mínimas entre partes conductoras desnudas de distintos niveles de aislación: Se observará una distancia por lo menos un 25% superior a la correspondiente al mayor nivel de aislación.
- c) Distancias mínimas entre partes conductoras desnudas que puedan ser separadas por seccionador: Se observará una distancia por lo menos un 25% superior a la correspondiente al mayor nivel de aislación. Caso contrario, se debe hacer un ensayo de tensión soportada para las distancias de aislación (conforme tablas IEC 60694, (62271-1 a futuro).
- d) Eventualmente, si hubiese mas de un equipo no alojado en envoltentes (celdas), no hubiese entre ellos una barrera adecuada, y se prevea trabajar sobre uno sin tensión manteniendo el/los otros en servicio, se deberá respetar una distancia mínima entre las partes conductoras con tensión no aisladas igual a  $(N + 1)$  m.

### 7.2.3. Altura mínima de partes conductoras con tensión no aisladas.

La altura de las partes conductoras con tensión no aisladas respecto del nivel de piso en áreas de circulación será la indicada en la tabla siguiente.

Tabla 7.2-b – Altura mínima de partes conductoras

Tensión nominal hasta [kV]	Altura "H" [m] (*)
1	2,3
6,6	2,60
13,2	2,66
33	2,82

(\*) Nota: Esta altura debe incrementarse en 200 mm cuando los conductores atraviesen pasillos de circulación.



Si la altura es menor a la indicada se deberá:

- Colocar una envoltura que cubra las partes con tensión por todos los lados accesibles. Si es metálica, estará puesta a tierra.
- Colocar barrera vertical de altura suficiente ubicada a una distancia que evite aproximaciones peligrosas del personal situado en áreas transitables.

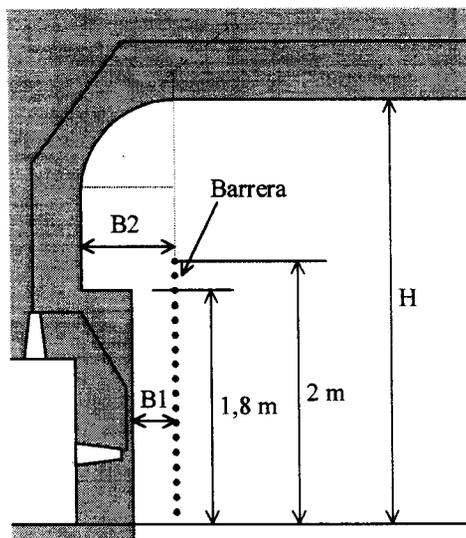
Las bases de apoyo de los aisladores de MT deberán estar a una altura mínima de 2,25 m por sobre el nivel de piso.

#### 7.2.4. Separación de partes con tensión mediante barreras.

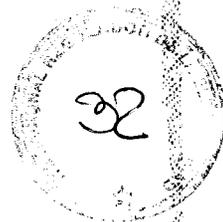
Las partes con tensión no aisladas ubicadas a altura menor a la indicada en 7.2.3 se separarán manteniendo respecto del plano de una barrera de 2 m de altura una distancia de:

Tabla 7.2-c – Separación de partes con tensión (en mm)

Altura de las partes con tensión	Tensión del sistema							
	Hasta 1 kV		Hasta 6,6 kV		13,2 kV		33 kV	
	Malla	placa	Malla	placa	Malla	placa	Malla	placa
De 0 a 1,8 m (B1)	140	40	190	90	260	160	420	320
Mas de 1,8 m (B2)	230	230	280	280	350	350	450	450



El grado de protección mínimo de la malla debe ser IP2X o IPXXB según IEC 60529. Las barreras metálicas estarán puestas a tierra.



### 7.2.5. Instalación de los cables

Los cables de potencia aislados se canalizarán dentro del local en canales de cable, cañerías o soportados por elementos adecuados fijados a techo o paredes. Estos elementos de ser metálicos deberán ser puestos a tierra, a menos que sus dimensiones sean inferiores a 50 x 50 mm. Los requisitos de accesos y canalizaciones se indican en 7.3.

Se observará que los elementos ferromagnéticos no constituyan un circuito magnético cerrado en torno a ningún cable unipolar.

Los cables no tendrán empalmes en su recorrido dentro de las canalizaciones internas del centro.

Los cables de medición, comando, etc. se mantendrán separados físicamente de los cables con tensiones de servicio superiores a 1 kV. A tal efecto los cables de medida o comando se alojarán:

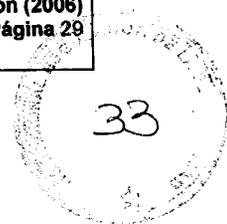
- Dentro de cañerías metálicas para este uso exclusivo, conectadas a la puesta a tierra de protección del centro, sean embutidas en mampostería o a la vista.
- Dentro de cañerías de material sintético, embutidas en mampostería, conforme a la IEC 61386 partes 2.1, 2.2 o 2.3, o la IRAM 62386 (una vez editada).
- En canales de cable de este uso exclusivo.
- En canales de cable compartidos con los cables de tensión superior a 1 kV, siempre que estén distanciados al menos a 350 mm, o separados por una barrera metálica puesta a tierra, o por material ignífugo.

Si se prevé afectación por interferencias electromagnéticas sobre cables de comando (por ejemplo, por longitud de recorrido, o sensibilidad del equipamiento), se recomiendan las medidas siguientes.

Para perturbaciones de alta frecuencia (por ejemplo, maniobras, descargas electrostáticas):

- Empleo de cables apantallados, con pantallas continuas de baja resistencia y con una baja impedancia de acoplamiento en la banda de frecuencias de interferencia.
- Las pantallas se pondrán a tierra en ambos extremos y en puntos intermedios cuando sea posible.
- Las pantallas deben ponerse a tierra en la entrada de armarios de comando, para que las corrientes en pantalla no afecten circuitos sin apantallamiento.
- Para perturbaciones de baja frecuencia (por ejemplo, cortocircuitos):
- Separación de cables de comando de los de potencia por distanciamiento o uso de distintas rutas.
- Evitar paralelismo con los cables de potencia o embarrados.
- Situar todos los conductores de un mismo circuito en el mismo cable, o siguiendo el mismo trazado si hubiese que emplear cables distintos.
- Cables de potencia dispuestos en tresbolillo.

Todos los cables de potencia, control y señalización instalados exteriormente al transformador o autotransformador y que queden en contacto con la cuba u otra posición en la que puedan tener contacto con el líquido aislante, deberán ser resistentes a la degradación por éste, satisfaciendo el ensayo establecido en la norma IRAM 2268, y no propagarán la llama."



### 7.2.6. Equipamiento

Los requerimientos generales de seccionadores y celdas de MT se describen en capítulo 9.

En caso de centros de instalación interior con maniobra exterior, la instalación estará concebida de forma que, abierto el cerramiento exterior, no haya posibilidad de contactos directos con partes bajo tensión, excepto mediante acto voluntario previo retiro de barreras de protección.

El tablero de BT tendrá un grado de protección mínimo IP2X (o IPXXB) según IEC 60529 en todos los casos (considerando retirado o abierto el cerramiento exterior en caso de centros de maniobra exterior).

Los transformadores podrán ser en líquido aislante (de alto punto de inflamación o no) o secos, según las características del local y su ubicación (ver punto 7.8).

### 7.3. Requisitos de los locales para instalaciones de interior

Las prescripciones indicadas son de aplicación a los locales destinados a alojar el equipamiento de las instalaciones de interior de centros.

El local que contenga el centro deberá estar construido de material no combustible.

Las paredes o cerramientos serán de resistencia al fuego suficiente con relación al equipamiento alojado, conforme punto 7.8.

El recinto protegerá el equipamiento alojado en él contra la humedad y las filtraciones. Asimismo no debe ser atravesado por ningún canal o tubería de agua potable, aguas negras, pluviales, gas, ni por ductos de teléfonos o señal que no pertenezcan a la propia instalación.

#### 7.3.1. Areas de servicio interior

##### a) Dimensiones de los pasillos

Los pasillos situados entre o frente a celdas cerradas tendrán un ancho mínimo de:

**Tabla 7.3-a – Dimensiones de pasillos**

Maniobra	Puertas de celdas	Ancho (mm)
A un lado	Extraíbles	1000
	Rebatibles	800 (*)
Ambos lados	Extraíbles	1200
	Rebatibles	1000 (*)

(\*) Este es el ancho de paso disponible cuando la celda está con su puerta rebatible abierta. Valen también para celdas con aparatos en carro en posición abiertos y desconectados.

Cuando se requieran pasillos de servicio posteriores a las celdas, accesibles para mantenimiento o montaje, se dejará un ancho mínimo de 700 mm de ancho. Las celdas tendrán la salida de expulsión de gases dispuesta de forma de no afectar al operador.

La altura mínima de pasillos de maniobra será de 2,20 m.



b) Condiciones de salidas de emergencias

Las salidas deberán estar dispuestas de forma que las rutas de salida tengan recorridos no superiores a 20 m.

Si un pasillo de maniobra no excede los 10 m bastará con una sola salida. Si la longitud es superior deberán disponerse posibilidades de evacuación en ambos extremos.

Cuando se disponga de salida única, y las puertas de celdas sean rebatibles, se recomienda que estas cierren en el sentido del escape. Los accesos para personal y equipamiento deberán ubicarse de modo que aún en caso de incendio no se obstaculice la salida de las personas del edificio, sobre todo en el caso de accesos únicos.

### 7.3.2. Acceso e instalación de celdas y transformador

a) Paso de transformador

Paso horizontal: Se deberá prever un gálibo para pasaje de transformador con una altura y ancho 0,20 m superior a las dimensiones de la máquina más grande prevista ingresar, incluyendo las medidas del medio de traslado cuando sea necesario.

Ingreso vertical (cámara bajo nivel): ancho y largo de la abertura superior en 0,20 m a las medidas correspondientes del transformador.

El camino de transformador debe ser de resistencia mecánica adecuada para resistir el peso de la máquina y de su eventual medio de traslado.

b) Accesibilidad a transformadores

Todo dispositivo agregado a los transformadores, tales como ventiladores, deben ser de fácil acceso para su inspección visual con la máquina en servicio, y para su mantenimiento al menos con la máquina fuera de servicio.

Los grifos de extracción de muestras de aceite deben ser accesibles con la máquina en tensión de forma segura.

Todo elemento de señalización y control debe ser visible y en lo posible accesible con la máquina en tensión de forma segura y sin dificultad, desde una posición accesible desde el piso o pasillo de inspección (por ejemplo, nivel de aceite, indicador de temperatura o relé Buchholz si lo tuviese).

c) Distancia entre parte posterior de celdas y la pared.

Si las celdas poseen paneles de alivio de presión en la parte posterior (flaps), deberá preverse una separación de la pared o tabique conforme indicaciones del fabricante.

Si los paneles de alivio de presión expulsaran hacia áreas de paso de personal, debe disponerse de un tabique, respetando la separación antedicha.

### 7.3.3. Inaccesibilidad de personas no instruidas o calificadas en temas eléctricos (BA1, BA2 Y BA3)

Las puertas o tapas que comuniquen los recintos de servicio eléctrico con otros ambientes o el exterior, deberán disponer de un cierre según lo establecido en el capítulo 11, que impida el acceso de las personas ajenas al servicio, o personal no instruido o calificado. Sólo se permitirá el ingreso de personal BA4 o BA5 (instruidas o calificadas en temas eléctricos) o personas que pertenecen al servicio.

35

#### **7.3.4. Disposiciones constructivas y ventilación del local**

La construcción debe ser apta para soportar las solicitaciones propias del área de instalación, incluyendo movimientos sísmicos cuando corresponda.

##### **7.3.4.1. Paredes exteriores y tabiques**

Todas las paredes deben ser construidas de un acabado liso. Los espesores y materiales cumplirán los requisitos establecidos en el punto 7.8, según el tipo de transformador empleado.

##### **7.3.4.2. Techos**

Deberán presentar una perfecta solidez e impermeabilidad.

Su pendiente deberá permitir la evacuación de las aguas pluviales.

##### **7.3.4.3. Piso**

En cámaras a nivel deberá elevarse al menos a 10 cm del nivel del suelo exterior y deberá estar por encima de la cota de inundación, con una pendiente de 1 cm por metro en dirección a la puerta.

Deberá ser previsto para soportar el peso del transformador más pesado que pueda instalarse a futuro.

Los canales de cables deberán ser cubiertos con tapas removibles de rigidez suficiente para soportar el peso de personas o equipos según corresponda. Su diseño debe evitar caídas por desplazamiento y de ser metálicas su marco de apoyo deberá estar puesto a tierra.

##### **7.3.4.4. Puertas.**

Las hojas de las puertas serán de planchas de acero de por lo menos 2 mm de espesor, encuadradas en una estructura metálica, u otro material de espesor que proporcione resistencia al fuego y mecánica similar.

Si presentan aberturas de ventilación, deberán cumplir lo indicado en el punto 7.3.4.6.

Las dimensiones de la puerta de acceso deberán permitir el montaje, el mantenimiento del centro y el ingreso y salida del transformador y equipos si pasaran por la misma puerta. En ningún caso será menor a 0,75 m de ancho y 2,2 m de alto libres.

##### **7.3.4.5. Contención del líquido aislante**

Según el tipo de transformador a emplear, se deberán cumplir las prescripciones del punto 7.8. Si existiese cualquier equipo que contenga más de 50 litros de líquido aislante, valdrán las mismas indicaciones que para transformadores.

##### **7.3.4.6. Ventilación**

El local del centro deberá ser provisto de buena ventilación, procurando cuando sea posible que sea cruzada. Se preferirá ventilación natural para locales con transformadores.

Las tomas de aire fresco se ubicaran preferentemente a nivel inferior de los transformadores, y las de salida a altura superior.

En caso de cámaras a nivel de terreno, el ingreso de aire fresco puede materializarse en las mismas puertas de acceso, y la de salida colocando ventanas con persiana a nivel superior preferentemente en proximidad al transformador.



La ventilación deberá ser tal que, para la máxima carga del transformador, la temperatura en el ambiente de maniobra no supere en 15 K la temperatura del ambiente exterior, considerando temperatura ambiente máxima anual de 40 °C y 20 °C de temperatura media anual. Esta condición se considera asegurada si la diferencia entre el aire de entrada y salida no supera el salto térmico de 15 K para el transformador previsto instalar con las pérdidas correspondientes a su potencia asignada.

Para la diferencia de temperatura entre aire de entrada y salida mencionada, el transformador se podrá emplear con un factor de carga de 90%, considerando carga constante. Si la temperatura ambiente es mayor a la de referencia (ver punto 6.5), o si el salto térmico estimado es mayor, debe adoptarse un factor de carga menor. Para la determinación del factor de carga admisible en función de la temperatura ambiente, puede emplearse el Anexo D de la norma IEC 61330, aplicando la curva correspondiente a clase 10K para el salto térmico antedicho. Para determinar el factor de carga aplicable para regímenes de carga cíclicos, complementariamente, se puede emplear la norma IEC 60354.

Para su verificación se puede emplear el método del Anexo B (informativo).

En el cálculo de la ventilación se deberán considerar las pérdidas en el transformador y en el resto del equipamiento, y las fuentes externas, tal como la radiación solar. Respecto de ésta, se tendrá en cuenta en el diseño la forma de reducir su influencia en la temperatura ambiente del recinto.

Si no fuera posible obtener una ventilación natural suficiente, la ventilación podrá ser forzada, en cuyo caso la disposición de los conductos será la más conveniente para el diseño. Al respecto se adoptarán las precauciones siguientes:

- Dispositivos de parada automática para su bloqueo en caso de incendio.
- Señal de alarma de fuera de servicio del motor de impulso (si hay personal para recibir alarma y personal BA4 o BA5 para actuar) o un dispositivo que saque de servicio (o reduzca la carga) del transformador por temperatura inadmisibles del aceite, cuando el recinto esté incluido o adyacente a otras construcciones.

Las bocas de ventilación deben cumplir las siguientes prescripciones:

- Para evitar problemas de ruidos, no deberán desembocar en espacios interiores tales como circulaciones o vestíbulo de acceso a edificios, ni a pozos de aire cerrados por los cuatro lados (con altura de construcción superior a 7m) al que concurren ventanas de oficinas o viviendas, ni ubicarse a menos de 3 m de ventanas ubicadas sobre el plano, o 2 m si se interpone un obstáculo (balcón, marquesina, etc.), o bien aplicar medidas especiales pertinentes a efectos de poder cumplir los requerimientos indicados en 12.1.1.
- Las ventilaciones y los ductos eventuales no deberán compartirse con los de ningún otro ambiente o servicio.
- Las bocas se ubicarán evitando el ingreso de polvos nocivos, gases corrosivos o explosivos.
- Las aberturas, por su forma o ubicación, no deberán permitir la entrada de lluvia o salpicaduras de agua ni permitir el ingreso de pequeños animales tales como aves o roedores, para lo cual se establece un grado de protección mínimo (IP 23 según IEC 60529), y se dispondrán de manera de evitar el ingreso de agua según la cota de inundación del lugar.
- Las aberturas accesibles por terceros estarán dispuestas o protegidas de modo de evitar contactos eléctricos accidentales al introducir elementos metálicos. Si la parte inferior de la abertura se ubica a menos de 2,3 m de altura, no debe poder efectuarse contacto con partes con tensión no aisladas ingresando un elemento metálico recto de diámetro mayor a 1 mm, o bien la forma de las rejas debe impedir su ingreso (IP23 D según IEC 60529).
- Se observarán las prescripciones indicadas en el punto 7.8 según el tipo de transformador a emplear.



37

#### 7.3.4.7. Accesos y canalizaciones de cables

Los accesos de cable directamente enterrados de MT y de BT se harán mediante caños presión nominal 4 daN/cm<sup>2</sup>, de PVC según norma IRAM 13350, o PAD u otro material de aplastamiento similar. Una vez instalados los cables deberán ser sellados de modo de evitar el ingreso a la cámara de humedad, animales, etc., mediante un elemento o dispositivo de sellado que permita su posterior remoción, y con capacidad de absorber dilataciones del cable con la carga.

Cuando se acceda por otro tipo de canalizaciones (trinchera, bandejas, etc.) que atraviesen paredes, muros tabiques o cualquier otro elemento que delimite secciones de protección contra incendio, se hará en forma que el cierre obtenido presente una resistencia al fuego equivalente.

Las galerías, trincheras y tuberías para alojar conductores deberán ser amplias y con ligera inclinación hacia los drenajes de agua.

#### 7.3.4.8. Tabiques entre transformadores

En el caso que se instalen contiguos más de un transformador con aislante líquido, y a fin de evitar el deterioro de uno de ellos por la proyección de aceite u otros materiales al averiarse otro muy próximo, se deberá instalar un tabique resistente al fuego entre ambos de resistencia F60 (ver punto 7.8).

#### 7.3.5. Empleo exclusivo del local

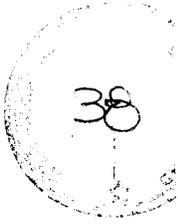
Los locales deben ser empleados solamente para la función prevista, prohibiéndose almacenar materiales u otros elementos ajenos dentro de éstos.

#### 7.3.6. Particularidades para locales de centros tipo cámara subterránea (tipo C1)

Son locales construidos bajo nivel del terreno, en la vía o espacio público o dentro de inmueble, con equipamiento eléctrico independiente, e interior accesible por personal para ejecutar maniobras y trabajos.

Valen las prescripciones aplicables de las descriptas en los puntos 7.3.1 a 7.3.5 y 7.8 según el transformador empleado, agregando las siguientes:

- Su construcción se efectuará en hormigón armado o mampostería, y debe ser impermeable, impidiendo la penetración de la humedad del suelo y agua proveniente de napas freáticas.
- Debe ser de construcción suficientemente sólida como para resistir la presión transmitida por el terreno debido a la carga de tránsito de la acera o de la calzada (esta última según clasificación municipal, provincial o nacional). La construcción deberá resistir movimientos sísmicos según corresponda al lugar, conforme se indica en 6.4.
- En la elección de la ubicación de la cámara, sus ventilaciones y aspectos constructivos se considerará la cota de inundación del lugar. Las entradas de personal y de ventilación deberán diseñarse en función de evitar ingreso de agua, contemplando la cota más alta de inundación alcanzada.
- Si no pudiera evitarse el riesgo de inundación, se empleará equipamiento sumergible. Todo equipo que no cumpla esta condición, deberá salir de servicio ante entrada de agua antes que el nivel del fluido alcance las partes conductoras.
- Las tapas deben tener una resistencia mecánica adecuada a las cargas normales presentes en el lugar de ubicación. Su resistencia será como mínimo la indicada en 7.4.2.2. La entrada de personal no se ubicará en calzadas. Si la tapa de entrada de equipos separada de la de acceso de personal se ubicara en calzada, debe resistir como mínimo una carga de 5300 daN distribuida en 600 cm<sup>2</sup>, o mayor según la categoría de vehículos que se permita transitar por esa vía.



### 7.3.7. Particularidades para recintos de cámaras de operación exterior o compactos (tipo B2).

Además de las prescripciones aplicables de los puntos precedentes, se deben considerar las siguientes:

- Sobre el frente se debe disponer de un espacio libre fuera del recinto, para la maniobra y mantenimiento del centro, que como mínimo deberá corresponder a lo indicado en 7.3.1, pudiendo resultar dimensiones mayores según las características del equipamiento.
- Este espacio exterior no debe ser ocupado ni obstruido su acceso por ningún elemento.
- La construcción y ubicación del recinto deberá ser apta al tipo de ocupación del espacio circundante, y al tipo de transformador empleado, según las condiciones de 7.8.
- La ubicación debe ser tal que no se impida la salida de personas de los edificios aún durante la operación.
- Para centros ubicados en áreas de paso de personas, el recinto en conjunto con las celdas deben limitar los efectos externos de un arco interno, satisfaciendo las condiciones correspondientes a la clase de accesibilidad B (aparamenta bajo envolvente metálica de acceso no limitado, incluyendo la posibilidad de acceso del público en general) de la norma IEC 62271 – 200.
- El cerramiento exterior debe impedir el acceso de terceros a los accionamientos de los elementos de maniobra, y proveer el grado de protección adecuado a su ubicación.
- Si por la ubicación del local existiese riesgo de colisión de vehículos contra éste, se lo protegerá mediante barreras metálicas apropiadas, en las direcciones desde las que pueda provenir el impacto.

### 7.4. Centros tipo pozo (tipo C2)

Responden a este tipo los centros con el equipamiento de maniobra MT y transformador herméticos, colocados en recinto bajo nivel ubicado en ambiente exterior, operable desde el exterior, a nivel de terreno.

#### 7.4.1. Prescripciones generales

Los recintos de los centros tipo pozo irán instalados en puntos donde no haya estacionamiento de vehículos, o donde pueda gestionarse su restricción. Su tapa y rejas no deben perjudicar el tránsito peatonal.

#### 7.4.2. Disposiciones constructivas

##### 7.4.2.1. Local

Las paredes del recinto serán resistentes al fuego (FR 90).

Para evitar acumulación de agua el recinto deberá contar con un medio de desagote, propio. Caso contrario, debe efectuarse su revisión periódica para evitar la acumulación de agua estancada. Si el recinto aloja un transformador, se debe evitar que el eventual aceite derramado pase a la tierra bajo el recinto (no removible), y que pueda ser bombeado al exterior.

Ninguna tubería o sistema de conducción ajena a la instalación eléctrica debe entrar o pasar a través del recinto del transformador.



#### **7.4.2.2. Tapas de acceso**

Los recintos deberán llevar tapas (metálicas si contiene transformador en aceite) con tratamiento anticorrosivo adecuado, las que deberán soportar el tránsito de peatones, con una carga distribuida de 14,4 kN/m<sup>2</sup>, y el estacionamiento eventual de un vehículo de 1500 daN. En caso que debiera ubicarse sobre la vereda en la entrada vehicular, deberá soportar como mínimo el paso de un vehículo de 1500 daN de peso por eje (o mayor según las características previstas de los vehículos y de su carga).

Las tapas que requieran ser abiertas para maniobrar tendrán un sistema de cierre según lo indicado en el capítulo 11.

#### **7.4.2.3. Aberturas de ventilación**

Deberán proveerse aberturas de ventilación para desalojar las perdidas al exterior mediante circulación del aire, de dimensiones suficientes para que la sobret temperatura en el interior no comprometa la vida útil del equipamiento. Se podrán materializar previendo rejillas en la tapa del foso.

Las rejillas de ventilación deben presentar una separación de no más de 2 cm, de modo de evitar la penetración de animales o cuerpos extraños, y no dificultar el tránsito peatonal.

#### **7.4.3. Equipamiento**

Todos los elementos contenidos en el recinto bajo nivel comprendiendo equipamiento de maniobra MT transformador y los correspondientes conectores de cables, deberán ser sumergibles, según lo indicado en 9.3.3.

Los seccionamientos de MT podrán realizarse mediante interruptor-seccionador manual (seccionador bajo carga) o sistemas de conectores premoldeados.

La protección frente a sobrecorrientes del transformador podrá realizarse mediante fusibles, en tal caso éstos deberán estar alojados en portafusibles herméticos.

El tablero de BT puede instalarse externamente en gabinete autoportante a nivel, en gabinete embutido en pared, o concebirse mediante elementos de maniobra y protección instalados en altura sobre poste (para alimentación de redes aéreas BT).

### **7.5. Centros prefabricados instalados a nivel o subterráneos**

Responden a este tipo los centros prearmados con el equipamiento de maniobra y protección MT, BT y transformación integrados en un recinto; para montarse a nivel, de operación interior o exterior, o bajo nivel de operación interior. Estos deben estar contruidos en materiales inalterables ante la acción de la humedad. Su diseño debe cumplir con los requisitos establecidos por la norma IEC 61330 (IEC 62271-202 a futuro).

#### **7.5.1. Prescripciones de instalación**

Los centros prefabricados de acuerdo con los diferentes tipos de diseño, podrán instalarse a nivel del suelo o en ejecución subterránea, a la intemperie en espacios abiertos públicos o privados, o en espacios interiores de inmuebles, siempre que el recinto en sí cumpla las prescripciones relativas al comportamiento al fuego del transformador empleado, o se ubique en un local que permita su cumplimiento.

Se ubicarán en áreas adecuadas de modo que no afecten el tránsito peatonal y vehicular. Además deben ubicarse de modo que no resulten dañadas por el tránsito vehicular, sea por propio peso de vehículos en centros subterráneos no aptos para resistirlos, o por colisión accidental en centros a nivel, debiendo colocarse barreras de protección mecánica si existiese riesgo de colisión.



En caso de ubicación en espacios privados, podrán colocarse tanto en exteriores (observando las prescripciones anteriores) o en espacios interiores adecuados, (siempre que dichos lugares no sean de carga, descarga, depósito o pasaje de bultos a través de medios de elevación), y en tanto que se cumplan las condiciones de accesibilidad indicadas en punto 6.10.

- El centro prefabricado a nivel se instalará sobre la superficie o en caso de ser necesario sobre solado apto para resistir su peso, con los huecos o conductos (cañeros) necesarios para el acceso de los cables.
- El espacio circundante debe estar habilitado para llevar a cabo las maniobras y el mantenimiento.
- Para el caso de centros prefabricados subterráneos, estos se deberán alojar dentro de una excavación con dimensiones suficientes para albergar al centro en cuestión más el espacio necesario para su manipuleo de instalación y conexionado de conductores.

El cerramiento exterior debe impedir el acceso de terceros a los accionamientos de los elementos de maniobra, y proveer los grados de protección IP e IK adecuados a su ubicación.

En centros de diseño compacto (de maniobra exterior) valen las condiciones de 7.3.7 y 7.2.6.

### **7.5.2. Equipamiento Eléctrico**

El equipamiento eléctrico interior debe responder a las normas citadas en la IEC 61330 (IEC 62271-202 a futuro).

Los seccionamientos y protecciones mínimos necesarios serán los indicados en 7.7.

Para la determinación de la potencia que puede entregar un transformador en un centro prefabricado, se considerará la temperatura media del ambiente del lugar de instalación, la clase térmica de la envoltura (hormigón, metal, u otro) y si el transformador es seco o en aceite. La refrigeración de los mismos se considera en todos los casos por ventilación natural. A tal efecto se puede aplicar el Anexo D (informativo) de la norma IEC 61330 (IEC 62271-202 a futuro).

### **7.5.3. Requerimiento de los locales**

Respecto del comportamiento frente al fuego del recinto prefabricado, de los elementos próximos a éste, su ubicación respecto de otras construcciones, y el tipo de transformador, se deberán verificar las condiciones establecidas en el punto 7.8.

Si el recinto no proveyera en sí mismo las características de resistencia al fuego adecuadas al tipo de transformador para instalaciones de interior (por ejemplo, recinto metálico), su emplazamiento debe satisfacer las condiciones del punto 7.8 para transformadores instalados en exterior.

Cuando el centro prefabricado este equipado con un transformador en aceite, el mismo deberá estar preparado para contener posibles pérdidas o derrames. El foso o tanque de recolección estará desvinculado de los canales previstos para el pasaje de conductores y su capacidad será la suficiente para recoger la totalidad del líquido dieléctrico del transformador de mayor potencia admitido dentro del centro en cuestión.

## **7.6. Instalaciones de exterior**

### **7.6.1. Distancias mínimas de aislación en aire en equipamiento abierto**

Comprende las instalaciones con equipamiento puestos fuera del alcance de personas no instruidas o calificadas por ubicación en altura (centros de transformación aéreos, tipo A), o dentro de áreas cerradas de operación eléctrica delimitadas por cercos o muros. En el caso de utilizar cercos metálicos de alambre



artístico o vallados metálicos deberán ser conectados a tierra, asegurándose la continuidad galvánica entre todos sus componentes.

- a) La separación entre partes bajo tensión sin aislación, y entre éstas y otras a partes a potencial de tierra deben cumplir como mínimo las que se dan en la tabla siguiente:

**Tabla 7.6-a – Distancias mínimas de aislación en aire**

Tensión nominal [kV]	Separación entre fases Nif (*) [mm]	Separación fase-tierra Ni (*) [mm]
0,4	40	40
6,6	210	120
13,2	250	160
33	350	320

(\*) Notas: Las distancias fase-tierra corresponden a norma IRAM 2211 e IEC 60071. Las distancias entre fases se adoptaron superiores. Para el equipamiento ejecutado y ensayado en fábrica se admiten menores distancias, siempre que se haya comprobado mediante ensayo su rigidez dieléctrica acorde al nivel de aislación exigido.

- b) Distancias mínimas entre partes conductoras desnudas de distintos niveles de aislación:

Se observará una distancia por lo menos un 25% superior a la correspondiente al mayor nivel de aislación.

- c) Distancias mínimas entre partes conductoras desnudas que puedan ser separadas por seccionador:

Se observará una distancia por lo menos un 25% superior a la correspondiente al mayor nivel de aislación. Caso contrario, se debe hacer un ensayo de tensión soportada para las distancias de aislación (conforme tablas IEC 60694 – IEC 62271-1 a futuro).

### 7.6.2. Condiciones de instalación y equipamiento

Todo el equipamiento, herrajes y conexiones serán aptos para intemperie.

El equipamiento MT será apto para operarlo desde nivel de terreno, sea por un sistema de accionamiento fijo o mediante herramientas aisladas adecuadas.

El equipamiento de maniobra y protección de BT podrá montarse en altura o a nivel de terreno. En este último caso, se aplicarán las condiciones indicadas en 9.4.1.

El equipamiento de maniobra y protección de BT montado en altura que no fuese operable desde nivel de terreno, deberá instalarse de modo que para acceder y operarlo el personal pueda conservar una distancia mínima de 0,80 m respecto de las partes conductoras de MT.

En caso que un cable subterráneo de MT o BT acometa a una estructura elevada ubicada en espacio accesible al público o a un área interna en la que esté expuesto a impacto, éstos deberán tener una protección mecánica hasta una altura de 2,5 m, con grado de protección IK10 según IEC 62262.

### 7.6.3. Condiciones particulares para Centros de transformación aéreos (tipo A)

Son centros de exterior con su equipamiento montado sobre una estructura que lo soporta en forma elevada respecto del nivel del terreno, manteniendo la instalación fuera del alcance de las personas.



### 7.6.3.1. Prescripciones particulares de instalación

Los transformadores se sujetarán directamente a un poste, o se colocan sobre plataformas sujetas por uno o dos postes. La estructura se calculará considerando los esfuerzos del conjunto y los ejercidos por las líneas asociadas según la Reglamentación sobre Líneas Aéreas Exteriores de BT o de AT y MT vigentes.

Las conexiones de MT se realizarán con conductores que deberán estar soportados adecuadamente por los bornes de seccionadores, bases portafusibles, del propio transformador, y por aisladores soporte intermedios si fuese necesario para asegurar las distancias entre fases y a tierra necesarias.

Cuando se haya previsto el empleo de técnicas de Trabajos Con Tensión (TCT) se deberá tener en cuenta el Reglamento para la Ejecución de Trabajos Con Tensión de la AEA. A efectos de facilitar las prácticas de TCT, es recomendable la aplicación de las medidas siguientes:

- Disponer sobre el borne de MT del transformador de una pieza que permita la conexión de un puente transitorio mediante morsetos ajustables para TCT.
- Ejecutar las conexiones al transformador mediante cable protegido.

Esta última medida es también recomendable para reducir fallas por acción de aves.

En caso que se ejecuten las conexiones al transformador mediante conductor protegido, incluidos los capuchones de protección aislante sobre el aislador del transformador, se recomienda intercalar elementos adecuados que permitan ejecutar la conexión de un equipo de puesta a tierra transitoria, protegidos mediante una cubierta aislante. El diseño y ubicación de estos elementos no deben afectar el nivel de aislación del transformador.

Se deberá disponer de un obstáculo material para evitar la subida a los postes de cualquier persona ajena al servicio eléctrico. El obstáculo debe ser de forma tal que no sea posible superarlo sin un acto voluntario. No requieren la aplicación de un obstáculo material los postes cilíndricos o troncocónicos con diámetros en la base mayores a 200 mm que presenten una superficie lisa y sin salientes hasta una altura de 2,5 m sobre el suelo.

### 7.6.3.2. Alturas y distancias laterales mínimas

#### a) Alturas sobre el nivel del suelo:

- Desde la parte inferior del transformador: 3 m
- Desde cualquier parte a potencial (libre de obstáculos) 4,30 m. (IEC 61936-1)

#### b) Distancias a edificios

- De los postes a la línea municipal: 2 m.

Las partes conductoras de MT no aisladas y sin barreras interpuestas, deberán mantener una distancia libre de obstáculos y en todas direcciones no menor de:

- 2 m desde la línea de edificación (pared ciega o ventana sin posibilidad de apertura).
- 2,40 m distancia punto a punto desde aberturas y ventanas de abrir.
- 2,40 m en horizontal desde saliente de balcón más próxima, o terraza existente y de libre acceso a personas (con baranda de protección). De no cumplirse, se debe verificar en la transición una distancia diagonal de 4,0 m medida punto a punto desde el piso accesible de la saliente o terraza.



- Solamente en caso de balcón o ventana de ejecución posterior al centro, cuando esta distancia resulte menor se deberá instalar una barrera mediante reja metálica puesta a tierra (IP2X si se ubica como mínimo a 1,4 m del balcón o ventana, o IP 3X), tal que garantice que el camino desde la ventana, saliente de balcón o terraza existente hasta las partes con tensión resulte de 2,40 m. Las partes con tensión respecto de la reja deberán estar a una distancia mínima igual a la indicada para barreras en instalaciones de exterior a nivel.

Las partes del centro protegidas, sin aislación plena en MT y sin barreras interpuestas, deberán mantener una distancia libre de obstáculos y en todas direcciones respecto de aberturas o ventanas de abrir no menor de 2,25 m (punto a punto). Respecto de la saliente más próxima de balcón o terraza existente y de libre acceso a personas (con baranda de protección) deberá mantener una distancia de 2,25 m en horizontal y de no cumplirse, se debe verificar en la transición una distancia diagonal de 4,0 m medida punto a punto desde el piso accesible de la saliente o terraza.

Las partes del centro plenamente aisladas, en BT y MT, deberán estar fuera del alcance de la mano, desde toda posición practicable, sin el auxilio de medios especiales o deliberadamente.

c) Distancias a otras obras:

- Las partes del centro plenamente aisladas, en MT, deben mantener una distancia horizontal de 1,5 m a cualquier poste perteneciente a otras líneas de electricidad, telefonía o señales.
- Las partes a potencial no aisladas del centro deben mantener respecto a cualquier posición practicable perteneciente a líneas de electricidad, telefonía o señales, u otras obras (columnas de alumbrado, cartelería o señalización, accesibles para su modificación, actualización o mantenimiento) instalaciones o partes constructivas, una distancia de:
  - 1,25 m en BT.
  - 2,40 m en MT
- Las partes a potencial de MT del centro deben mantener una distancia mínima de 1,5 m a cualquier posición impracticable perteneciente a otras obras (cartelería, señalización o marquesinas).
- Las partes a potencial de MT del centro deben mantener una distancia de 2,5 m a las posiciones practicables de árboles para efectuar su poda.
- Las partes del centro plenamente aisladas en BT deberán ser inaccesibles, desde toda posición practicable de otras obras, sin el auxilio de medios especiales o deliberadamente.
- Los postes mantendrán una distancia mínima de 0,5 m respecto al borde externo del cordón de la vereda.

Nota: se entiende en general como posición practicable a aquella a la cual una persona puede acceder normalmente y pararse. En el caso de personal afectado a la explotación y mantenimiento de las líneas aéreas o centros, dicha posición se ubica a 1,20 m por debajo del punto de trabajo manual.

### 7.6.3.3. Puesta a tierra

Las masas del centro, las masas extrañas (estructuras metálicas o armaduras de estructuras de H<sup>º</sup>A<sup>º</sup>), y el neutro del transformador deberán estar conectados a tierra, como así también los descargadores, según lo establecido en el capítulo 8.

### 7.6.3.4. Señales de advertencia

Se colocarán carteles de advertencia según se indica en capítulo 11.



**7.6.4. Condiciones particulares para instalaciones de intemperie a nivel (centros tipo B3).**

Son centros con equipamiento apto intemperie abierto o dentro de envolventes, dispuesto a nivel, en un área cerrada de operación eléctrica delimitada por cerco o muro.

Se recomienda restringir su uso a áreas industriales rurales o residenciales de baja densidad.

**7.6.4.1. Prescripciones de instalación**

a) Altura de partes con tensión no aisladas en cruce de áreas transitables por personal:

**Tabla 7.6-b – Altura de partes con tensión en áreas transitables**

Tensión nominal [kV]	Altura [m]
1 kV	2,30 m
6,6 kV	2,65 m
13,2 kV	2,75 m
33 kV	2,85 m

b) Altura de partes con tensión no aisladas en cruce de caminos de transporte de transformadores o equipos, dentro del área delimitada por cerco o muro:

Deberán estar a una altura mínima de 4 m sobre nivel de solado. Deberá verificarse además que la altura sea 0,5 m mayor que la del aparato a transportar, ubicado sobre el vehículo correspondiente.

c) Partes con tensión MT dentro de espacios no transitables

Deberán protegerse a las personas que se encuentren en zona transitable del contacto directo con éstas mediante barreras metálicas puestas a tierra, ubicadas a una distancia del punto con tensión más próximo función de la altura de la barrera. Para barreras de 2 m de altura se cumplirán como mínimo las distancias respecto de puntos con tensión indicadas para instalaciones de interior, punto 7.2.4.

d) Cercos o muros perimetrales.

La distancia horizontal (mm) desde partes con tensión no aisladas ni alojadas dentro de envolventes (celdas) hasta cercos será la indicada en la siguiente tabla:

**Tabla 7.6-c – Distancias de partes con tensión a cercos o muros perimetrales**

Tensión	I) Cerco alambre h>= 2,4 m	II) Muro h>= 2,4 m	III) Muro h>= 2,5 + Ni
Hasta 13,2 kV	1700	1250	Hasta h:300 Mas de h: 1250
Hasta 33 kV	1850	1350	Hasta h:400 Mas de h:1350

Donde "Ni" es la distancia dieléctrica indicada en tabla 7.6 a)

Nota 1: La altura del muro II) incluye protección indicada en 11.1.4. La del III) es sólo muro sin computar la de la protección.



Nota 2: Las distancias de columna III) valen hasta la altura del muro, para partes con tensión no aisladas a altura superior se verificarán las distancias indicadas en columna II).

La altura mínima de las partes con tensión que atraviesen el plano del cerco o muro (conductores de introducción o salida al centro) será de 6 m para instalaciones de MT.

Para equipamiento dentro de envolventes, se aplica lo indicado en 7.6.5. Separación entre partes conductoras de distintos equipos MT no alojados en envolventes (celdas), ni separados por barreras:

Si se prevé trabajar sobre uno sin tensión manteniendo el/los otros en servicio, se deberá respetar una distancia mínima entre las partes conductoras con tensión no aisladas de los distintos equipos igual a:

$$D_v = N_i + 1000 \text{ mm}$$

Donde  $N_i$  se extrae de la tabla 7.6.a)

Caso contrario, bastará con respetar lo indicado en 7.6.1.

#### e) Canalizaciones

Los cables de MT para vinculación entre equipos podrán instalarse directamente enterrados, en canales con tapas metálicas u hormigón, o en cañerías con la cantidad de bocas de inspección en su recorrido que correspondan. Los cruces de pasos de vehículos se harán en cañerías.

Todos los cables aislados de potencia, control y señalización instalados exteriormente al transformador o autotransformador y que forman conjunto con él, deberán ser resistentes a la degradación por líquidos aislantes y agentes meteorológicos. Caso contrario deberán encontrarse dentro de un caño metálico que lo proteja, fijado adecuadamente.

Las conexiones entre equipos pueden realizarse mediante barras rígidas o flexibles, debiendo verificar los esfuerzos térmicos y electrodinámicos ocasionados por un cortocircuito.

#### f) Áreas de servicio interior: ídem 7.3.1.

### 7.6.4.2. Disposiciones constructivas

Las conexiones y equipos podrán soportarse sobre pórticos de hierro, estructuras de hormigón armado o estructuras de madera. Estas estructuras se verificarán ante los esfuerzos, estados e hipótesis indicados en la Reglamentación para Líneas Aéreas Exteriores de BT o de MT y AT, agregando las cargas excepcionales que correspondan (ver capítulo 6).

Para evitar ingreso de terceros, toda la playa estará delimitada por un cerco o muro perimetral que cumpla con los requisitos indicados en el punto 11.2, respetando las distancias del punto c). Si se emplea cerco, la parte inferior del mismo debe impedir el acceso de una persona que ejecute una excavación bajo nivel de suelo, por ejemplo, mediante una estructura de hormigón o pared de mampostería que quede 500 mm bajo suelo y sobresalga 200 mm por encima, a la que se toma la malla.

Asimismo, para evitar el acceso de personas o animales por debajo de las puertas de acceso, se deberá ejecutar una losa de 400 mm de ancho, de resistencia suficiente para el paso de los vehículos que puedan acceder, a efectos de evitar huecos por desgaste del terreno.

### 7.6.4.3. Instalación de los transformadores

El transformador se dispondrá sobre base de resistencia adecuada a 10 cm de altura sobre el terreno, en rieles de apoyo previstos. En general esta base tendrá foso o cisterna para que el aceite escurra a su interior, o una batea exterior impermeable, ejecutados de modo de evitar derrames de aceite hacia el terreno circundante aunque el foso se encuentre lleno de agua de lluvia. Solo podrá prescindirse de medios de contención de aceites para transformadores de menos de 1000 l (ver punto 7.8).



Complementariamente se respetarán las prescripciones indicadas en el punto 7.8.

Parte de la instalación puede ejecutarse como interior, aplicándose lo indicado en 7.2.

La toma de tierra, y la conexión de equipos y partes metálicas a ésta deberán cumplir las prescripciones establecidas en el punto 8.

Respecto de la accesibilidad al transformador, vale lo indicado en 7.3.2 b).

### **7.6.5. Condiciones particulares para instalaciones de intemperie a nivel con equipamiento bajo envolvente.**

El equipamiento bajo envolvente en general se instalará dentro de áreas delimitadas por cercos o muros.

Si no se ha comprobado que las celdas que contienen el equipamiento de maniobra satisfacen las condiciones de limitación de los efectos externos de un arco interno correspondientes a la clase de accesibilidad B (aparata bajo envolvente metálica de acceso no limitado, incluyendo la posibilidad de acceso del público en general) de la norma IEC 62271 – 200, se observará una distancia de separación de las envolventes al cerco (excepto que se apliquen o interpongan muros o tabiques) igual a la indicada en la tabla 7.6-c columna II menos Ni, o 300 mm mínimo de las partes en que se satisfagan las condiciones de limitación para clase de accesibilidad A de la norma indicada.

Si estas condiciones estuvieran satisfechas, las distancias mínimas respecto del cerco deben obedecer a las recomendaciones de fabricantes en la zona de expulsión de gases de las celdas, al ancho de pasillo de maniobra necesario sobre el frente de las celdas (al menos 1000 mm), y a la necesidad de evitar eventuales acciones de terceros.

Si el equipamiento bajo envolvente de exterior cumple con las condiciones de cerramiento establecidas para un centro compacto en el punto 11, y se verifican las condiciones establecidas en el punto 7.3.7 y 7.2.6, puede instalarse en lugares accesibles al público, tratándose como centro compacto. La necesidad de instalar cercos o muros en este caso será función de la exposición a acciones de terceros. Si el transformador forma parte del conjunto, su instalación debe verificar las condiciones indicadas en 3.8 para transformadores instalados en exterior.

## **7.7. Requisitos básicos del equipamiento de maniobra y protección.**

### **7.7.1. Centro de transformación MT/BT**

#### **7.7.1.1. Lado MT**

##### **7.7.1.1.1 Seccionamiento**

Del lado MT del transformador se dispondrá de un aparato de maniobra que provea seccionamiento. Si la conexión del centro de transformación no es mediante una única derivación radial (accede mas de un cable de red MT), cada entrada a su vez poseerá seccionamiento propio, e indicación de extremo origen del cable.

En instalaciones operadas por personal entrenado, que ejecuta rutinariamente esta tarea, con el equipamiento de maniobra de transformador deberá poder interrumpirse al menos la corriente de vacío del transformador. En caso de ser operado eventualmente por personal con menor grado de capacitación, deberá poder interrumpir al menos la corriente nominal del transformador.

##### **7.7.1.1.2 Protección contra sobrecorrientes**

Fusible o interruptor automático de capacidad de ruptura adecuada a la potencia de cortocircuito en el punto de conexión a la línea.



### 7.7.1.1.3 Protección frente a sobretensiones

Si la conexión al centro se deriva de red MT aérea, se deben colocar descargadores de sobretensión. Si hubiese transición línea-cable, se dispondrán en ese punto.

Nota: es necesario evaluar la posibilidad de ferresonancia, fundamentalmente cuando entre un elemento de maniobra unipolar y el transformador aparece una capacidad apreciable entre fases y/o fase-tierra, y el transformador queda en vacío. Es recomendable en estos casos como práctica operativa, antes de alimentar del lado MT de un transformador, cerrar alguno de los circuitos de BT

### 7.7.1.2. Lado BT

#### 7.7.1.2.1 Maniobra

Debe disponerse de seccionador de corte general, o bien seccionador por cada salida, operable bajo carga (IEC 60947-3). Si las salidas no tienen aparato de maniobra, deben poder seccionarse mediante retiro de elementos (por ejemplo fusibles).

#### 7.7.1.2.2 Protección frente a sobrecorrientes

Fusibles de alta capacidad de ruptura (IEC 60269) o interruptor automático (IEC 60947-2) por cada circuito de salida con capacidad de ruptura adecuada a la máxima corriente de cortocircuito del centro.

### 7.7.2. Centro de transformación MT/MT

#### 7.7.2.1. Lado primario

##### 7.7.2.1.1 Maniobra

Cada transformador dispondrá de un seccionamiento con capacidad al menos de cortar la corriente magnetizante para proveer de aislación respecto de las fuentes de alimentación.

Si a un transformador accede más de una alimentación primaria (líneas diferentes, entrada y salida de anillo, o una línea y el acoplamiento con otra barra), cada una debe tener a su vez capacidad de seccionamiento de acometida a la barra de alimentación.

Se debe disponer de capacidad para interrumpir la máxima corriente de carga prevista del transformador, y la corriente de vacío del mismo.

Para potencias de hasta 1250 kVA el aparato de maniobra de MT del transformador puede no tener capacidad de interrumpir la máxima corriente de carga prevista, siempre que sea apto al menos para interrumpir la corriente de vacío y que se disponga de operación bajo carga del lado secundario.

##### 7.7.2.1.2 Protección contra sobrecorrientes

Relés de protección que actúen sobre interruptor automático, o fusibles según el caso, procurando la selectividad deseada.

##### 7.7.2.1.3 Protección frente a sobretensiones

Si el centro se deriva de red aérea de MT, se deben colocar descargadores. Si hubiese transición línea-cable, se dispondrán en ese punto.