

DIVISIÓN DE INGENIERÍA DE ELECTRICIDAD

PLIEGO TÉCNICO NORMATIVO : RPTD N° 10.

MATERIA : CENTRALES DE PRODUCCIÓN Y SUBESTACIONES.

FUENTE LEGAL : DECRETO CON FUERZA DE LEY N° 4/20.018, DE 2006, DEL MINISTERIO DE ECONOMÍA, FOMENTO Y RECONSTRUCCIÓN, LEY GENERAL DE SERVICIOS ELÉCTRICOS.

FUENTE REGLAMENTARIA : DECRETO N° 109, DE 2017, DEL MINISTERIO DE ENERGÍA, REGLAMENTO DE SEGURIDAD DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DESTINADAS A LA PRODUCCIÓN, TRANSPORTE, PRESTACIÓN DE SERVICIOS COMPLEMENTARIOS, SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

DICTADO POR : RESOLUCIÓN EXENTA N° 33.277, DE FECHA 10/09/2020, DE LA SUPERINTENDENCIA DE ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLES.

1 Objetivo

El objetivo del presente pliego técnico es establecer los requisitos de seguridad para las centrales de producción y subestaciones de transporte.

2 Alcance

Este pliego técnico aplica a las instalaciones de producción y transformación de energía eléctrica.

3 Referencias normativas

Las normas técnicas a las que se hace referencia a continuación, son parte integrante del presente pliego técnico y solo deben ser aplicadas en los puntos en los cuales son citadas.

3.1	ANSI C37. 55	2002	American National Standard for Switchgear - Medium-Voltage Metal-Clad Assemblies - Conformance Test Procedures.
3.2	ANSI/IEEE C37.60	2012	High-voltage switchgear and controlgear.
3.3	IEC / TR 62001 ed1.0	2009	High-voltage direct current (HVDC) systems - Guidebook to the specification and design evaluation of A.C. filters.
3.4	IEC / TS 62344 ed1.0	2013	Design of earth electrode stations for high-voltage direct current (HVDC) links - General guidelines.
3.5	IEC 60071-SER ed1.0	2011	Insulation co-ordination - ALL PARTS.
3.6	IEC 60076-SER ed1.0	2013	Power transformers - ALL PARTS.

3.7	IEC 60099-4 ed2.2 Consol. con am1 & 2	2009	Surge arresters - Part 4: Metal-oxide surge arresters without gaps for a.c. systems.
3.8	IEC 60099-5 ed2.0	2013	Surge arresters - Part 5: Selection and application recommendations.
3.9	IEC 60364-4-44 ed2.0	2007	Low-voltage electrical installations - Part 4-44: Protection for safety - Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances.
3.10	IEC 60364-5-53 ed3.1 Consol. con am1	2002	Electrical installations of buildings - Part 5-53: Selection and erection of electrical equipment - Isolation, switching and control.
3.11	IEC 60529 ed2.2 Consol. con am1 & 2	2013	Degrees of protection provided by enclosures (IP Code).
3.12	IEC 60664-SER ed1.0	2011	Insulation coordination for equipment within low-voltage systems - ALL PARTS.
3.13	IEC 60695-11-10 ed2.0	2013	Fire hazard testing - Part 11-10: Test flames - 50 W horizontal and vertical flame test methods.
3.14	IEC 61378-2 ed1.0	2001	Converter transformers - Part 2: Transformers for HVDC applications.
3.15	IEC 61378-3 ed1.0	2006	Converter transformers - Part 3: Application guide.
3.16	IEC 61643-11 ed1.0	2011	Low-voltage surge protective devices - Part 11: Surge protective devices connected to low-voltage power systems - Requirements and test methods.
3.17	IEC 61643-12 ed2.0	2008	Low-voltage surge protective devices - Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems - Selection and application principles.
3.18	IEC 61869-1 ed1.0	2007	Instrument transformers - Part 1: General requirements.
3.19	IEC 61869-2 ed1.0	2012	Instrument transformers - Part 2: Additional requirements for current transformers.
3.20	IEC 61869-3 ed1.0	2011	Instrument transformers - Part 3: Additional requirements for inductive voltage transformers.
3.21	IEC 61869-4 ed1.0	2013	Instrument transformers - Part 4: Additional requirements for combined transformers.
3.22	IEC 61869-5 ed1.0	2011	Instrument transformers - Part 5: Additional requirements for capacitor voltage transformers.
3.23	IEC 61936-1	2010	Power installations exceeding 1 kV a.c. – Part 1: Common rules.
3.24	IEC 62262 ed1.0	2002	Degrees of protection provided by enclosures

			for electrical equipment against external mechanical impacts (IK code).
3.25	IEC 62271-1 ed1.1 Consol. con am1	2011	High-voltage switchgear and controlgear - Part 1: Common specifications.
3.26	IEC 62271-102	2018	High-voltage switchgear and controlgear- Part 102: disconnectors and earthing switches.
3.27	IEC 62271-200 ed2.0	2011	High-voltage switchgear and controlgear - Part 200: AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV.
3.28	IEC 62271-203 ed2.0	2011	High-voltage switchgear and controlgear - Part 203: Gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV.
3.29	IEC 62271-4 ed1.0	2013	High-voltage switchgear and controlgear - Part 4: Handling procedures for sulphur hexafluoride (SF6) and its mixtures.
3.30	IEC 62271-SER ed1.0	2014	High-voltage switchgear and controlgear - ALL PARTS.
3.31	IEC 62305-SER ed2.0	2013	Protection against lightning - ALL PARTS.
3.32	IEC/TR 61000-5- 6 ed1.0	2002	Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 5-6: Installation and mitigation guidelines - Mitigation of external EM influences.
3.33	IEC / TS 60871-3 ed1.0	1996	Shunt capacitors for a.c. power systems having a rated voltage above 1000 V - Part 3: Protection of shunt capacitors and shunt capacitor banks
3.34	IEEE 18	2012	Standard for Shunt Power Capacitors
3.35	IEEE 141	1993	Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants.
3.36	IEEE 142	2007	Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems.
3.37	IEEE C57.12.00	2010	Standard for General Requirements for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers.
3.38	IEEE C62.41-1	2002	Guide on the Surge Environment in Low-Voltage (1000 V and less) AC Power Circuits.
3.39	IEEE C62.41-2	2002	Recommended Practice on Characterization of Surges in Low-Voltage (1000 V and less) AC Power Circuits.
3.40	IEEE C62.45	2002	Recommended Practice on Surge Testing for Equipment Connected to Low-Voltage (1000 V and less) AC Power Circuits.

3.41	NCH 2369	2003	Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales.
3.42	NCH 2745	2013	Análisis y diseño de edificios con aislación sísmica.
3.43	NCH 433	2009	Diseño sísmico de edificios.
3.44	NCH 926	1972	Acero y otros metales - Ensayo de impacto sobre probeta con entalle, simplemente apoyada.
3.45	NCH Elec. 4	2003	Instalaciones de Consumo en Baja Tensión, declarada Norma Chilena Oficial de la República mediante Decreto Supremo N° 115, de 2004 o sus modificaciones o disposición que la reemplace.
3.46	UL 1449	2006	Surge Protective Devices.
3.47	UL 347	2009	Medium-Voltage AC Contactors, Controllers, and Control Centers.
3.48	UL 94	2013	Tests for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances.
3.49	NTSyCS	2019	Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio, aprobada por Resolución Exenta CNE N° 786, de fecha 18 de diciembre de 2019, del Ministerio de Energía, o la disposición que la reemplace.

4 Terminología y definiciones

Para los propósitos de este Pliego, se aplican los términos y definiciones siguientes:

4.1	Accesible	Al alcance de personas, sin auxilio de medio alguno.
4.2	Aislador	Elemento compuesto de un material aislante, diseñado para soportar físicamente un conductor y separarlo eléctricamente de otros conductores u objetos.
4.3	Armadura	Protección metálica contra efectos mecánicos, constituida por alambres de sección circular o rectangular, flejes (bandas) o trenzas colocadas sobre un cable.
4.4	Automático	Que opera por sí mismo o por su propio mecanismo. El control remoto que requiera intervención de personas no se considera automático, sino manual.
4.5	Banco de ductos	Canalización eléctrica que se desarrolla entre dos puntos comunes y que posee dos o más ductos.
4.6	Batería de acumuladores	Equipo que contiene una o más celdas electroquímicas recargables.
4.7	BIL	Nivel básico de aislamiento ante impulsos tipo rayo.

4.8	CA	Corriente alterna
4.9	Cable	Uno o más conductores formados por hilos trenzados, con o sin aislamiento o cubiertas protectoras.
4.10	Cámara	Estructura sólida situada encima o debajo del suelo para facilitar el tendido, mantenimiento y reparación de conductores, permitiendo el empalme de los distintos ductos que conforman la canalización.
4.11	Canalización eléctrica	Elementos utilizados para tender y contener conductores eléctricos, dándoles resguardo.
4.12	Capacidad de corriente	Capacidad de un conductor eléctrico de conducir corriente bajo condiciones térmicas establecidas.
4.13	Capacidad nominal	Conjunto de características eléctricas y mecánicas asignadas a un equipo o sistema eléctrico por el diseñador, para definir su funcionamiento bajo unas condiciones específicas.
4.14	Central de generación	Instalaciones destinadas a la producción de energía eléctrica.
4.15	Desconectador	Dispositivo mecánico de conexión y desconexión utilizado para cambiar las conexiones de un circuito, o para aislar un circuito o equipo de la fuente de alimentación.
4.16	Deslinde de subestación	Perímetro establecido por el cerco exterior de la subestación.
4.17	Ducto	Canalización cerrada que sirve como vía a conductores o cables.
4.18	Equipo	Término genérico que incluye accesorios, dispositivos, artefactos, aparatos y similares, utilizados como parte de o en conexión con un suministro eléctrico.
4.19	Estructura	Todo aquello que puede ser construido o edificado. Puede ser fija o móvil, estar en el aire, sobre o bajo la tierra o en el agua.
4.20	Factor de mayoración	Factor que mayorará las solicitaciones y toma en cuenta la variación de la carga real con respecto a la nominal y la probabilidad de cargas simultáneas cuando se combinan cargas diferentes en un mismo estado de carga de diseño.
4.21	Factor de seguridad	Factor que minorará a la resistencia del diseño considerando las variaciones de la resistencia real con respecto a la nominal del material, con respecto al modo de falla (dúctil o frágil) y/o con respecto al diseño, fabricación y construcción.
4.22	HVDC	Corriente continua de alta tensión (high-voltage direct current)

4.23	Instalaciones eléctricas auxiliares	Las requeridas para el consumo propio de las centrales generadoras y subestaciones que forman parte de éstas.
4.24	Malla de puesta a tierra	Sistema de electrodos de tierra interconectados, compuesto de un número de conductores desnudos enterrados, que proporciona una base de potencial común de conexión a tierra para los dispositivos eléctricos o estructuras metálicas, para obtener una medida de protección adicional, minimizando el peligro a la exposición a altos voltajes de paso o de contacto.
4.25	Maniobra	Conjunto de procedimientos tendientes a operar una red eléctrica en forma segura.
4.26	Mantenimiento	Conjunto de acciones o procedimientos tendientes a preservar o restablecer un bien a un estado tal que le permita garantizar la máxima confiabilidad.
4.27	Manual	Operado directamente por una persona.
4.28	Nivel de tensión de un sistema	Valor de la tensión nominal utilizado en un sistema dado.
4.29	Pararrayos	Equipo de Protección utilizado para controlar sobrevoltaje transitorio (proveniente de la caída de un rayo atmosférico o de una maniobra), en equipos e instalaciones eléctricas.
4.30	Puesta a tierra	Toma o conexión que permite el establecimiento de un circuito de retorno a tierra y el mantenimiento de su potencial de tierra.
4.31	Régimen de eculización	Etapas del proceso de carga de las baterías, en que se busca igualar el nivel de gas del ácido electrolito para conseguir que todas las celdas de la batería tengan el mismo nivel de voltaje.
4.32	Régimen de flotación	Etapas del proceso de carga de las baterías, en la que la batería se encuentra cargada al 100% y el regulador se encarga de proporcionar la corriente necesaria para compensar la autodescarga de manera de mantener la carga completa de la batería durante su utilización.
4.33	SF6	hexafluoruro de azufre
4.34	Sobrecarga	Funcionamiento de un elemento excediendo su capacidad nominal.
4.35	Transformación	Proceso mediante el cual son modificados los parámetros de tensión y corriente de una red eléctrica, por medio de uno o más transformadores, cuyos secundarios se emplean en la alimentación de otras subestaciones o centros de transformación (incluye equipos de protección y seccionamiento).

5 Centrales de generación y subestaciones de transmisión

5.1 Generalidades

- 5.1.1 Las instalaciones y los equipos deberán ser capaces de resistir las exigencias operacionales y esfuerzos dinámicos asociadas a las condiciones eléctricas, mecánicas, sísmicas, climáticas y ambientales a las que puedan quedar expuestos durante el tiempo en servicio.
- 5.1.2 Las centrales y subestaciones deberán contar con cercos, rejas, tabiques o muros, perimetrales y/o por áreas, para evitar la entrada de personas no autorizadas o la intromisión de estas personas en el equipo. Los accesos que no queden a la vista del personal autorizado deberán mantenerse cerrados con llave. Se colocarán avisos visibles prohibiendo la entrada de personal no autorizado.
- 5.1.3 Si la misma instalación comprende tensiones diferentes, las partes de las instalaciones correspondientes a cada una de ellas deberán estar agrupadas e identificadas.
- 5.1.4 Las instalaciones deberán estar diseñadas y construidas de manera que, aún en el caso de desconexión de ciertas partes, como consecuencia de averías, de revisiones o de reparaciones, el servicio pueda ser mantenido en aquellas partes o instalaciones que no están siendo intervenidas. Todo elemento intervenido que deba ser sometido a revisiones o reparaciones, deberá quedar fuera de servicio y libre de tensión eléctrica, mediante equipos de corte visibles. Tratándose de equipos híbridos o encapsulados y aislados en gas, tipo GIS (Gas Insulated Switchgear) o equivalente, el requerimiento de corte visible podrá ser sustituido por un enclavamiento mecánico con indicación que permita verificar la posición del elemento primario, en conformidad a lo establecido en la norma IEC 62271-1.
- 5.1.5 Los diversos recintos y partes de instalaciones, así como las máquinas, los aparatos y las líneas, deberán contar con inscripciones durables, que permitan al personal identificarlos claramente.
- 5.1.6 En cada entrada de una central de generación y de una subestación eléctrica deberá fijarse una señal con el símbolo de riesgo eléctrico.
- 5.1.7 Está prohibido el almacenamiento de todo tipo de material en la zona de patios o equipos primarios de una central o subestación.
- 5.1.8 En las subestaciones está prohibido que, en el área de patios, de equipos primarios o en las zonas cubiertas por la malla de puesta a tierra, crucen canalizaciones de agua que no sean para el uso de la instalación de aire comprimido, gases industriales o combustibles. Se exceptúan de esta prohibición las tuberías de extinción de incendios y de refrigeración de los equipos de la subestación.
- 5.1.9 Los límites máximos permisibles de emisión de campo electromagnético, fuera del deslinde de una subestación de transmisión, a 1 metro sobre el nivel del suelo, serán los que determinen las normas respectivas. En ausencia de regulación técnica nacional, se debe cumplir con lo siguiente:

5 kV/m para campo eléctrico.

100 μ T para campo magnético.

5.2 Centrales de generación

5.2.1 Generalidades

- a. El edificio de la central de generación eléctrica deberá ser independiente de toda construcción no relacionada con el proceso de generación. Se exceptúan las instalaciones en industrias que tengan procesos de cogeneración
- b. Se prohíbe el empleo de materiales combustibles, ajenos al proceso, en las proximidades de las canalizaciones y de las máquinas o equipos energizados,

permitiéndose su utilización siempre y cuando estén alejados de la parte en tensión o debidamente protegidos.

- c. Los puentes grúa para maniobrar los elementos en las centrales deberán estar provistos de limitadores de recorrido, tanto en el sentido de traslado como de elevación y deberá señalizarse la altura disponible de elevación y el peso máximo. Además, deberán disponer de un indicador sonoro, con el fin de avisar al personal de operación cuando se encuentre en movimiento de traslado.
- d. En el centro de control de la central generadora se deberá disponer de una representación del diagrama unilineal de la instalación, que cubra los sistemas de media y alta tensión y de las líneas de transporte asociadas con conexión física directa a la central, el cual deberá ir en pantallas de computador o sobre paneles y cerca de los centros de mando.
- e. Para edificaciones en caverna se deberán utilizar transformadores tipo seco para los sistemas de servicios auxiliares y sistemas de baja tensión en general. Cuando no sea posible el uso de transformadores de tipo de seco, se deberán instalar en una sala a prueba de incendios y que evite el derrame de aceite al exterior y una posible propagación de incendio.
- f. Los transformadores con potencia igual o mayor a 100 kVA, ubicados al interior de la casa de máquinas, deberán ser instalados en celdas diseñadas con muros y puertas antiexplosión. Cada celda deberá tener un sistema automático de extinción de incendio y, además, un sistema de renovación de aire.
- g. Los pasillos donde exista la posibilidad que se produzcan arcos eléctricos, deberán tener dos accesos como mínimo. Los cables que vayan por estos pasillos deberán ser de materiales retardantes a la llama.
- h. Todos los circuitos de baja tensión situados en las proximidades de máquinas, aparatos u otros circuitos de alta tensión, deberán ser considerados como pertenecientes a instalaciones de alta tensión.
- i. Las canalizaciones eléctricas no se deberán instalar en las proximidades de tuberías de calefacción, de conducciones de vapor y, en general, de lugares de temperatura elevada y de escasa ventilación. El cableado deberá estar ordenado, amarrado y con sus circuitos debidamente identificados en todas las canaletas. Los cables deberán ser retardantes a la llama.
- j. Las tuberías de gas deberán ir siempre alejadas de las canalizaciones eléctricas. Queda prohibida la colocación de ambas conducciones en un mismo ducto o banco de ductos. En áreas que se comuniquen con tuberías que transporten gas metano, es obligatorio el uso de equipos a prueba de explosión.
- k. Las centrales de generación deberán tener un sistema automático de extinción de incendios y un plan de emergencias, en conformidad a lo establecido en el pliego RPTD N°08 Protección contra incendios.
- l. Las centrales de generación deberán cumplir con las exigencias antisísmicas propias de este tipo de instalación.

5.2.2 Generadores

- a. Los generadores deberán contar con protección contra sobre y baja frecuencia y protección contra sobrecorriente según las especificaciones establecidas en la NTSyCS y demás normativa vigente.
- b. Todo generador eléctrico deberá estar provisto de un diagrama de conexiones, el cual deberá adherirse al equipo y una o varias placas características. Las placas se deberán elaborar en un material durable, con letras indelebles e instalarlas en un sitio visible y de manera que no sean removibles. Además, deberá contener como mínimo la siguiente información:

- i. Razón social o marca registrada del fabricante.
 - ii. Tensión nominal o intervalo de tensiones nominales.
 - iii. Corriente nominal.
 - iv. Potencia nominal.
 - v. Frecuencia nominal o especificar que es de corriente continua.
 - vi. Velocidad nominal o intervalo de velocidades nominales.
 - vii. Número de fases, para máquinas de corriente alterna.
 - viii. Grado de protección al ambiente (IP) de acuerdo a la norma IEC 60529.
 - ix. Rendimiento a condiciones nominales de operación.
 - x. Para las máquinas de corriente alterna, el factor de potencia nominal.
 - xi. Norma de fabricación del generador.
- c. El operador deberá guardar un registro de las reparaciones o modificaciones de las máquinas.
 - d. Las carcasas de las máquinas eléctricas rotativas deberán ser sólidamente conectadas a tierra.
 - e. La capacidad de la máquina se deberá calcular teniendo en cuenta la corrección por la altura sobre el nivel del mar donde va a operar.

5.3 Subestaciones tipo intemperie

5.3.1. Terreno

- a. La plataforma estructural de la subestación deberá ser diseñada en base a una o varias terrazas.
- b. Se deberán tomar precauciones para evitar que el agua forme pozas en la superficie del terreno, dando pendientes al mismo o construyendo un sistema de drenaje adecuado, cuando sea necesario.

5.3.2. Cierros

- a. El terreno de toda subestación tipo intemperie deberá estar cercado, con el cierre apropiado que cumpla con las exigencias del presente Pliego.
- b. La altura mínima de los cierros exteriores deberá ser de 2 m.
- c. En el caso de cercos metálicos, deberán tomarse las medidas necesarias para evitar la aparición de diferencias de potencial peligrosas entre el cerco y el suelo vecino.
- d. En las instalaciones a la intemperie, el cerco de hierro deberá encontrarse a una distancia de los equipos primarios que cumpla con las distancias de seguridad, establecidas en el punto 5.7 del presente pliego.

5.3.3. Disposición de equipos eléctricos

- a. Todo equipo de potencia deberá tener fácil acceso y poder ser colocado o retirado de su lugar sin dificultad y sin requerir el retiro previo de otro equipo de potencia.
- b. La disposición de las instalaciones deberá ser tal que incluya las facilidades para permitir el libre movimiento por ellas de las personas, así como el transporte de los aparatos, equipos y herramientas, en las operaciones de montaje, mantenimiento o revisión de los mismos, de forma segura.

5.3.4. Casa de Control

- a. La edificación para albergar el equipo de control, protección y medida en las subestaciones, se denominará casa de control y deberá tener las dimensiones adecuadas para el tránsito y la ejecución del trabajo por parte del personal, ya sea para maniobras, revisiones, inspecciones y mantenimientos.

- b. La casa de control de una subestación deberá construirse de modo que proteja adecuadamente las instalaciones en su interior. La construcción deberá ser antisísmica.

5.4 Subestaciones tipo interior.

5.4.1 Ubicación

Las subestaciones de transmisión tipo interior podrán estar ubicadas en:

- a. Edificios destinados exclusivamente a estas instalaciones.
- b. Edificios destinados a otros fines, en cuyo interior se dispone de un recinto o local destinado exclusivamente a una subestación de transmisión.
- c. Subterráneos.

5.4.2 Condiciones generales para las edificaciones

a. Limitación de acceso

Los edificios o recintos en el interior de edificios, así como los subterráneos, destinados a alojar en su interior subestaciones de transmisión, deberán construirse de tal forma que queden cerrados y se impida el acceso de personal no autorizado.

b. Puertas de acceso

- i. Los recintos donde existan subestaciones de transmisión tipo interior, dispondrán de un mínimo de dos puertas, para tener al menos una vía expedita de evacuación ante cualquier eventualidad.
- ii. Las puertas de acceso al recinto en que estén situados los equipos de alta tensión y que se usen para el paso del personal de servicio, deberán ser abatibles y se abrirán siempre hacia el exterior del recinto. Cuando estas puertas abran sobre calles o caminos públicos, deberán poder abatirse sobre el muro exterior de las fachadas.
- iii. Cuando existan puertas destinadas al paso de equipos o elementos de grandes dimensiones, se deberá disponer otra para la entrada y salida del personal, la cual podrá ser una puerta peatonal que forme parte de aquélla.

c. Lugares de tránsito

- i. Todos los lugares de tránsito, tales como salas, pasillos, escaleras, rampas o salidas, deberán ser de dimensiones y trazado adecuados y correctamente señalizados. Deberán estar dispuestos de modo que su tránsito sea cómodo y seguro y no haya impedimento por la apertura de puertas o ventanas o por la presencia de objetos que puedan suponer riesgos o que dificulten la salida en casos de emergencia.
- ii. En el caso de instalaciones de varios pisos, el acceso entre los pisos deberá estar asegurado mediante escaleras de fácil acceso de por lo menos 70 cm de ancho. En el caso de resultar inevitable el uso de escalas verticales, éstas deberán ser fijas y ofrecer condiciones de seguridad suficientes; no podrán tener menos de 30 cm de ancho y deberán ser colocadas de modo que quede asegurado un ancho libre de 30 cm a cada lado del eje de la escala, y de 60 cm delante del plano de la escala.
- iii. Las escotillas de los pisos para el caso de escalas verticales no deberán tener menos de 60 por 60 cm, ni quedar a más de 60 cm del escalón más cercano. En general, estas escotillas no deberán tener tapas y se dispondrán de manera que se evite el peligro de caída.

5.5 Subestaciones de corriente continua

5.5.1 Disposiciones generales

a. Transformadores convertidores

- i. Deberán transformar la tensión de barra CA a la tensión de entrada

requerida por el convertidor.

- ii. El transformador deberá contar con cambiador de tomas bajo carga para reducir los requerimientos de potencia reactiva de la estación convertidora.
- iii. Los transformadores convertidores deberán cumplir con las normas IEC 61378-2 e IEC 61378-3, según corresponda.

b. Condensadores

Se deberán instalar condensadores de la capacidad necesaria para evitar que la demanda de potencia reactiva de la estación convertidora represente una muy elevada carga sobre la red de CA y que se causen fluctuaciones de tensión inadmisibles en la red de corriente alterna.

c. Filtro de corriente alterna

Se deberán instalar filtros de corriente alterna en conformidad a la norma IEC 62001, con las características necesarias para reducir el contenido armónico de la corriente a los niveles definidos por la normativa nacional respectiva.

d. Sala de válvulas

i. La edificación en cuyo interior están instaladas las válvulas convertidoras, deberá ser limpia, libre de polvo, con sistemas adecuados de ventilación del calor, de detección y extinción de incendios y el blindaje necesario para cumplir los requisitos de radio-interferencia. Asimismo, deberá contar con los enclavamientos de seguridad que limiten el acceso de personas durante su operación.

ii. El diseño de la edificación deberá ser antisísmico.

iii. En el caso que los aisladores pasamuros de los transformadores del lado de las válvulas penetren en el edificio, deberán estar libres de aceite, es decir, deben ser secos y las aberturas de la pared deberán tener un blindaje a través del cual las altas frecuencias no puedan transmitirse.

e. Sistema de enfriamiento de las válvulas

Las pérdidas por calor de las válvulas deberán ser disipadas por un sistema de enfriamiento forzado con buenas propiedades térmicas y dieléctricas, de modo que se mantenga la temperatura de la junta de los semiconductores dentro de lo especificado. El agua deberá ser desmineralizada para evitar conducción de electricidad y corrosión. El circuito de refrigeración de válvulas deberá ser redundante.

f. Reactor de Alisamiento

El reactor de alisamiento de corriente continua deberá estar diseñado para asegurar los requisitos para emisión de perturbaciones de la transmisión HVDC. El diseño del reactor deberá considerar cualquier perturbación en el sistema de transporte, que pueden causar sobretensiones transitorias o estrés por sobrecorrientes en el reactor.

g. Servicios Auxiliares

Las fuentes de alimentación de los servicios auxiliares deberán ser redundantes.

5.5.2 Conexión de tierra de las estaciones convertidoras

a. Malla de tierra de la estación convertidora

Se deberán conectar a ella los equipos de operación y medición que por protección requieran conectarse al potencial de tierra.

b. El diseño de las estaciones de toma de tierra de alta tensión de corriente continua (HVDC), deberá considerar los requerimientos de la norma IEC 62344.

c. El retorno de los sistemas HVDC para compensar los desequilibrios de los

enlaces de HVDC u operación en contingencia para no perder el enlace completo, pueden ser mediante retornos metálicos (línea aérea) o electrodos de retornos por tierra o mar.

- d. El uso de electrodos de enlace HDVC, ya sea de tierra o en mar, deberá ser justificado técnicamente, avalado con prospecciones y con estudios que verifiquen el área de influencia de los electrodos en su entorno y demuestren que no afectan a instalaciones adyacentes (potenciales transferidos, corrosión, efectos sobre estructuras metálicas o sobre instalaciones eléctricas cercanas).

5.6 Equipos compactos

5.6.1. Subestaciones encapsuladas o aisladas en gas

- a. Una subestación encapsulada o aislada en gas con SF6 deberá satisfacer los requisitos establecidos en las normas IEC 62271-1, 62271-4, 62271-200 y 203.
- b. En las subestaciones compactas se preverán los elementos de seguridad suficientes que eviten la explosión de la envolvente en caso de defecto interno.
- c. Para que una subestación compacta pueda ser montada en el exterior, deberá cumplir con los ensayos de protección contra la intemperie que se indican en la norma IEC 62271-1.
- d. En el diseño de los edificios se considerará una forma de evitar que escapes de gas SF6, que es más pesado que el aire, se acumulen en galerías o zonas bajas no previstas para este fin, estableciéndose, si fuera preciso, sistemas artificiales de ventilación y renovación del aire. Se deberá evitar que el gas que escape pueda salir a los alcantarillados de servicio público.
- e. En el local de la instalación y a disposición del personal de servicio, existirá un ejemplar de las normas de mantenimiento y verificación de las condiciones de estanqueidad.

5.6.2. Celdas de Media y Alta Tensión

- a. Los conjuntos de celdas de media y alta tensión, o celdas, deberán cumplir con los requisitos establecidos en las normas IEC 62271-1, IEC 62271-200, IEC 60695-11-10 ó, alternativamente, en las normas UL 347, UL 94, ANSI C37. 55.
- b. Las celdas deberán construirse de modo que las operaciones normales de explotación y mantenimiento puedan efectuarse sin riesgo. Existirán dispositivos eficaces para impedir los contactos accidentales con puntos en tensión estando totalmente extraídas las partes removibles de la instalación.
- c. Cada unidad o celda separable llevará en lugar visible una placa característica con los siguientes datos:
 - i. Nombre del fabricante o marca de identificación.
 - ii. Número de serie o designación de tipo, que permite obtener toda la información necesaria del fabricante.
 - iii. Tensión nominal.
 - iv. Corrientes nominales máximas de servicio de las barras generales y de los circuitos.
 - v. Frecuencia nominal.
 - vi. Año de fabricación.
 - vii. Corriente máxima de cortocircuito soportable.
 - viii. Nivel de aislamiento nominal.
 - ix. Grado de protección al ambiente de acuerdo a la norma IEC 60529 (IP) y

el grado de protección al impacto de acuerdo a la norma IEC 62262 (IK).

x. Norma de fabricación de la celda.

Si las celdas están integradas en un conjunto, bastará con colocar una sola placa para todo el conjunto.

- d. En los conjuntos de celdas metálicas deberá existir una línea de tierra común para la puesta a tierra de cada unidad, dispuesta a lo largo de todo el conjunto. La sección mínima de dicha línea de tierra será de 35 mm², si es de cobre, o de 50 mm², si es de aluminio.
- e. A efectos de conexión a tierra de las armaduras internas o tabiques de separación de celdas se considera suficiente para la continuidad eléctrica, su conexión por tornillos o soldadura. Igualmente, las puertas de los compartimentos de alta tensión deberán unirse a la envolvente de forma apropiada.

5.7 Distancias eléctricas y de seguridad

5.7.1 Las distancias mínimas de aislación, para el nivel de tensión de las subestaciones a la intemperie, se determinarán según lo se establece en el punto 5.5 del Pliego RPTD N°05 "Aislación".

Cuando las instalaciones estén ubicadas sobre 1.000 msnm, se deberán corregir las distancias obtenidas en el párrafo anterior, por el factor señalado en el punto 5.6 del Pliego RPTD N°07 "Franja y distancias de seguridad de líneas eléctricas".

5.7.2 La disposición de las instalaciones de maniobra será tal que asegure en los espacios de acceso, dimensiones suficientes para el tránsito sin peligro de personas y equipos, y para la maniobra fácil y segura de palancas, pértigas y puertas.

5.7.3 Para los efectos de la determinación de los espacios de trabajo y de las distancias mínimas de seguridad, se considerará como zona alcanzable por una persona, a aquella que medida desde el punto donde ésta pueda situarse, esté a una distancia límite de 2,5 m por arriba, 1,0 m lateralmente y 1,0 m hacia abajo. Las distancias límites indicadas deberán aumentarse en 1 cm por cada kV de la tensión nominal de la instalación.

5.7.4 En las instalaciones a la intemperie, las dimensiones libres mínimas, en espacios rodeados por cierros interiores, serán de 1,2 m en horizontal y de 2,2 m en vertical. Las partes con tensión no protegidas, ubicadas encima de los accesos o espacios de maniobra, no podrán quedar a menos de 3 m más 1 cm por cada kV de la tensión nominal de la instalación.

5.7.5 En las instalaciones interiores y salas de comando, los espacios deberán permitir la operación y el mantenimiento en forma cómoda y segura.

5.8 Transformadores de poder

5.8.1 Para efectos del presente Pliego, los transformadores eléctricos deberán cumplir con las normas IEC 60076 ó IEEE C57.12.00.

5.8.2 Requisitos del producto

- a. Los transformadores deberán tener un dispositivo de puesta a tierra para conectar sólidamente el tanque, el gabinete y el neutro, cuando corresponda, acorde con los requerimientos de las normas técnicas que les apliquen y las características que requiera su operación.
- b. Todos los transformadores sumergidos en líquido refrigerante que tengan cambiador o conmutador de derivación de operación exterior sin tensión deberán tener el siguiente aviso: "MANIÓBRESE SIN TENSIÓN".
- c. Todos los transformadores sumergidos en líquido refrigerante deberán tener un dispositivo de alivio de sobrepresión automático, fácilmente reemplazable, el cual deberá operar a una presión inferior a la máxima soportada por el tanque. La válvula de alivio de presión deberá apuntar hacia abajo, y lejos de

los equipos de control, tal como establece la cláusula 6.2.2 de la norma IEC 61936-1.

También deberá considerar elementos de protección que proporcionen señales de alarma y desconexión, considerando como mínimo: relé Buchholz, sobretensión de devanados, sobretensión de aceite, nivel de aceite y protección.

- d. Los transformadores instalados en interior, del tipo seco encapsulado, deberán cumplir con el grado de protección al ambiente, de acuerdo a la norma IEC 60529 (IP), y el grado de protección al impacto, de acuerdo a la norma IEC 62262 (IK), que correspondan a las características del recinto en que se instalarán. También deberán considerar sensores de temperatura de devanados que proporcionen señales de alarma y desconexión.
- e. El operador deberá contar con las indicaciones y recomendaciones mínimas de montaje y mantenimiento del transformador, proporcionadas por el fabricante.
- f. Todo transformador deberá estar provisto de una placa fabricada en material resistente a la corrosión y fijada en un lugar visible, que contenga los siguientes datos, en forma indeleble.
 - i. La palabra "Transformador"
 - ii. Marca o razón social del fabricante.
 - iii. Número de serie dado por el fabricante.
 - iv. Año de fabricación.
 - v. Clase de transformador (kV).
 - vi. Número de fases.
 - vii. Frecuencia nominal (Hz).
 - viii. Capacidad nominal (MVA)
 - ix. Capacidad nominal con refrigeración forzada (MVA).
 - x. Tensiones nominales
 - xi. Relación Tensión/Tap (%).
 - xii. Corrientes nominales.
 - xiii. Impedancia de magnetización de secuencia cero (%).
 - xiv. Impedancia de magnetización de secuencia positiva (%)
 - xv. Impedancia de magnetización de secuencia negativa (%).
 - xvi. Peso total en kg con aislante. Grupo de conexión.
 - xvii. Diagrama de conexiones.
 - xviii. Norma de fabricación del transformador.
- g. La siguiente información adicional, deberá estar disponible en el manual de usuario del fabricante del equipo:
 - i. Corriente de cortocircuito simétrica.
 - ii. Duración del cortocircuito simétrico máximo permisible.
 - iii. Métodos de refrigeración.
 - iv. Clase de aislamiento.
 - v. Líquido aislante.
 - vi. Volumen del líquido aislante.

- vii. Nivel básico de aislamiento de cada devanado, BIL.
- viii. Valores máximos de ruido permisibles en transformadores y su forma de medición.
- ix. Pérdidas totales en condiciones nominales.
- h. Si una entidad distinta del fabricante repara o modifica parcial o totalmente el devanado de un transformador o cualquier otro de sus componentes, deberá entregar un informe de reparación/modificación y/o un protocolo de prueba, así como una placa adicional para indicar el nombre del reparador, el año de reparación y los nuevos datos de placa.

5.8.3 Requisitos de instalación

- a. Cuando el transformador no sea de tipo sumergible y se aloje en cámaras subterráneas sujetas a inundación, la cámara deberá ser debidamente impermeabilizada para evitar humedad y, en lo posible, deberá separarse de la cámara de maniobras. Cuando la cámara subterránea no sea impermeable, se deberá instalar el transformador y la caja de maniobras del tipo sumergible.
- b. Los transformadores refrigerados en aceite no deberán ser instalados en niveles o pisos que estén por encima o contiguos a sitios de habitación, oficinas y, en general, lugares destinados a ocupación permanente de personas, que puedan ser objeto de incendio o daño por el derrame del aceite.
- c. Los transformadores instalados en interior, del tipo seco abierto, deberán instalarse con las distancias de seguridad y barreras de protección adecuados, de modo que no exista riesgo de que las personas tengan acceso a partes energizadas.
- d. Los transformadores refrigerados en aceite deben disponer de canales recolectores de aceite y foso contenedor de capacidad suficiente acorde a la cantidad de litros de aceite que el transformador contiene por diseño.

5.9 Equipos primarios

5.9.1 Generalidades

- a. Los interruptores, reconectores, desconectores y desconectores fusibles, deberán ser utilizados con la debida atención a sus valores nominales de tensión asignados y a las corrientes continuas y momentáneas. Los dispositivos destinados a interrumpir la corriente de falla deberán tener la capacidad suficiente para controlar y soportar de manera segura la máxima corriente de cortocircuito para la que están proyectados interrumpir, en las condiciones para las cuales ha sido diseñada su operación. Todos los equipos de maniobra y conexión deberán cumplir con los requisitos establecidos en la parte correspondiente de la norma IEC 62271. Alternativamente, para el caso de los reconectores, se podrá aplicar la norma ANSI/IEEE C-37.60.
- b. Se proporcionarán señales visibles (números/letras/símbolos) en cada equipo primario o sobre su soporte (estructuras de montaje) y en cualquier punto de operación remota, para facilitar la identificación por parte de las personas autorizadas para operar el equipo. Para los casos de equipos instalados dentro de recintos o celdas en subestaciones, las señales visibles de identificación se colocarán en la puerta de la celda.
- c. Ninguna identificación del dispositivo deberá duplicarse dentro de la misma subestación. Cuando las partes de contacto de un dispositivo de conmutación no estén visibles, el dispositivo deberá equiparse con un indicador que muestre todas las posiciones de operación normales.
- d. Las partes de baja tensión de un aparato destinado a circuitos de alta tensión, así como las partes de material conductor destinadas a maniobrar los aparatos de cualquier clase, no deberán entrar en contacto con piezas a mayor tensión en cuanto sea previsible, aún en el caso de una falla mecánica.

5.9.2 Interruptores

- a. Deberán quedar identificadas en forma clara las posiciones “abierto” y “cerrado”.
- b. Cualquiera que sea el mecanismo empleado para la maniobra de los interruptores, será de disparo libre. Todos los interruptores estarán equipados con un dispositivo de apertura local, accionado manualmente. La apertura será iniciada por un dispositivo que podrá ser eléctrico, mecánico, hidráulico o combinación de los anteriores sistemas.
- c. El interruptor deberá tener un poder de cierre y de apertura independiente de la actuación del operador. Se prohíbe la utilización de interruptores de apertura y cierre manual.
- d. El interruptor debe tener los conectores de puesta tierra, para los requerimientos de mantenimiento del equipo.
- e. La estructura soportante del interruptor debe estar conectada a la malla de tierra de la Subestación.

5.9.3 Desconectores

- a. En los desconectores deberán apreciarse claramente las posiciones abierto y cerrado. En caso de que no sean visibles los contactos, la indicación de posición se realizará por medio de un sistema indicador fiable según la Norma IEC 62271-102.
- b. Los aisladores de los desconectores estarán dispuestos de forma tal que ninguna corriente de fuga peligrosa circule entre bornes de un lado y cualquiera de los bornes del otro lado del desconector. Esta prescripción de seguridad se considerará satisfecha cuando esté previsto que toda la corriente de fuga se dirija hacia tierra, por medio de una conexión de puesta a tierra segura, o cuando el aislamiento utilizado esté protegido eficazmente contra la polución.
- c. Los desconectores, así como sus accionamientos correspondientes, deberán estar dispuestos de manera tal que no maniobren intempestivamente por los efectos de la presión o de la tracción ejercida con la mano sobre el varillaje, por la presión del viento, por trepidaciones, por la fuerza de gravedad o bajo esfuerzos electrodinámicos producidos por las corrientes de cortocircuito.
- d. Los desconectores deberán incluir el uso de enclavamientos adecuados para evitar, en las maniobras, la apertura o cierre indebidos.
- e. Cuando los desconectores estén equipados de cuchillas de puesta a tierra, deberán estar dotados de un enclavamiento seguro entre las cuchillas principales y las de puesta a tierra.
- f. En los desconectores que estén equipados con servomecanismos de mando de cualquier tipo, la operación de éstos será tal que no puedan producirse maniobras intempestivas por avería en los elementos de dichos mandos en sus circuitos de alimentación o por falta de la energía utilizada para realizar el accionamiento.
- g. La estructura soportante de los desconectores deberá estar conectada a la malla de tierra de la Subestación.

5.9.4 Transformadores de medida

- a. Los transformadores de medida y protección tendrán la potencia y grado de precisión correspondientes a las características de los aparatos que van a alimentar.
- b. Los transformadores de potencial y corriente destinados a la medida de la energía suministrada o recibida por una instalación y que ha de ser objeto de

posterior facturación, deberán cumplir con las especificaciones descritas en Anexo Técnico Sistemas de Medidas para Transferencias Económicas de la NTSyCS. En los transformadores de corriente destinados a alimentar relés de protección, se deberá comprobar que la saturación que se produce cuando están sometidos a elevadas corrientes de cortocircuito, no hace variar su relación de transformación y ángulo de fase, en forma tal que impida el funcionamiento correcto de los relés de protección alimentados por ellos.

- c. Los transformadores de corriente deberán soportar los efectos térmicos y dinámicos de las máximas intensidades que puedan producirse como consecuencia de sobrecargas y cortocircuitos en las instalaciones en que están instalados.

Asimismo, se tendrán en cuenta las sobretensiones que tengan que soportar, tanto por maniobra como por la puesta a tierra accidental de una fase, en especial en los sistemas de neutro aislado, o por otras de origen atmosférico.

- d. Deberá conectarse a tierra un punto del circuito o circuitos secundarios de los transformadores de medida. Esta puesta a tierra deberá hacerse directamente en los bornes secundarios de los transformadores de medida, excepto en aquellos casos en que el fabricante aconseje otro montaje.

Deberán ponerse a tierra todas las partes metálicas de los transformadores de medida que no se encuentren sometidas a tensión.

- e. En los circuitos secundarios de los transformadores de medida se deberán instalar dispositivos que permitan la separación de aparatos, para su verificación o sustitución, o la inserción de otros, sin necesidad de desconectar la instalación y, en el caso de los transformadores de corriente, sin interrumpir la continuidad del circuito secundario.

La instalación de estos dispositivos será obligatoria en el caso de aparatos de medida de energía que sirvan para la facturación de la misma.

- f. La instalación de los transformadores de medida se hará de forma que sean fácilmente accesibles para su verificación o su eventual sustitución.
- g. En el caso de transformadores de potencial, se deberá tener en cuenta tanto sus características y las de la instalación, como los valores de la tensión de servicio, para evitar la aparición de los fenómenos de ferresonancia.

5.9.5 Pararrayos

- a. En caso de que sean necesarios los pararrayos, se deberán instalar tan cerca como resulte práctico al equipo o instalación que van a proteger.
- b. Se deberá tener en cuenta lo que se desea proteger, la influencia de la altitud de instalación, el sistema de puesta a tierra, el tipo de conexión del sistema eléctrico, el manejo de energía y la importancia de la influencia del medio circundante al dispositivo de protección.
- c. Los pararrayos, en caso de instalarse dentro de las edificaciones, deberán estar ubicados lo suficientemente lejos de los pasillos y partes combustibles.
- d. El diseño y la implementación deberán realizarse aplicando la norma IEC 62305.
- e. Las estructuras soportantes de los pararrayos deberán conectarse a la malla de tierra.

5.10 Equipos de compensación reactiva

5.10.1 Bancos de condensadores en derivación

- a. Este punto se aplica a las instalaciones de condensadores de potencia en circuitos eléctricos.
- b. Los condensadores deberán instalarse de manera que ninguna persona pueda ponerse en contacto accidental con sus partes energizadas expuestas

o con las barras o terminales anexos a ellos.

- c. Los gabinetes metálicos de los condensadores o bancos de condensadores deberán ser puestos a tierra, de acuerdo con lo establecido en el Pliego RPTD N°06 “Puesta a Tierra”.

Se exceptúa, cuando las unidades de condensadores estén soportadas por una estructura destinada a funcionar a un potencial eléctrico distinto del de tierra.

- d. Cada condensador deberá llevar una placa de datos con el nombre del fabricante, tensión eléctrica nominal, frecuencia, kVAR o A, número de fases y, si está lleno de fluido dieléctrico, el volumen en litros. La placa deberá indicar también si el condensador tiene un dispositivo de descarga dentro del encerramiento o envase.
- e. Cada elemento condensador tendrá un sistema de descarga que reduzca la tensión entre bornes a un valor inferior o igual a 75 V desde su desconexión al cabo de 10 minutos para baterías de condensadores de tensión asignada superior a 1kV y al cabo de 3 minutos para baterías de condensadores de tensión asignada inferior o igual a 1kV.
- f. El circuito de descarga deberá estar, ya sea permanentemente conectado a los terminales del condensador o banco de condensadores, o provisto de medios automáticos, cuando se desconecte la tensión eléctrica de la línea. No se deberán utilizar medios de conmutación manuales para el circuito de descarga.
- g. En los bancos de condensadores de tensión nominal 600 V y menos, se deberán cumplir las condiciones siguientes:
 - i. La capacidad de conducción de corriente del circuito de los condensadores no deberá ser menor que 135% de la corriente eléctrica nominal del condensador.
 - ii. La capacidad o ajuste del dispositivo de protección contra sobrecorriente deberá corresponder al valor más bajo recomendado por el fabricante.
 - iii. Cada fase deberá estar provista de un medio de desconexión para cada banco de condensadores.
 - iv. El medio de desconexión deberá abrir simultáneamente todas las fases y deberá permitir desconectar el condensador de la línea con una maniobra normal.
 - v. La capacidad de corriente del medio de desconexión no deberá ser menor que 135% de la corriente eléctrica nominal del condensador.
- h. En los bancos de condensadores de tensión nominal mayor de 600 V, se deberá cumplir con las condiciones siguientes:
 - i. En caso de que se utilicen desconectores operados en grupo para la desconexión de condensadores, los desconectores deberán ser capaces de:
 1. Conducir de manera continua no menos de 135% de la corriente eléctrica nominal de la instalación de condensadores.
 2. Interrumpir la corriente eléctrica de carga continua máxima de cada condensador, banco de condensadores o instalación de condensadores que deba desconectarse como unidad.
 3. Soportar la corriente eléctrica repentina máxima, incluyendo la adicional debida a instalaciones de condensadores adyacentes.
 4. Transportar corrientes eléctricas producidas por fallas en el lado del condensador del desconector.
 - ii. Deberán instalarse medios para aislar de cualquier fuente de potencial

eléctrico a cada condensador, banco de condensadores o instalación de condensadores, que deberán ser puestos fuera de servicio como una unidad.

- iii. Los medios de aislamiento deberán proveer una separación visible en el circuito eléctrico, adecuada para la tensión eléctrica de funcionamiento.
- iv. Los desconectores de seccionamiento o desconexión (sin corriente de interrupción) deberán bloquearse con el dispositivo de interrupción de la carga o deberán estar provistos de letreros de precaución visibles, para impedir la desconexión de la corriente eléctrica de carga.
- v. Se deberá proveer un medio para detectar e interrumpir corrientes de falla que pudieran provocar presiones peligrosas dentro de un condensador individual. Se permite instalar para este objetivo dispositivos monofásicos y polifásicos.
- vi. Los condensadores pueden protegerse individualmente o en grupos.
- i. En los bancos de condensadores, la puerta de acceso a las partes con tensión deberá tener un bloqueo que evite el ingreso o acceso de personas no autorizadas.

5.10.2 Bancos de condensadores en serie

Deberá asegurarse la secuencia de desconexión correcta por el uso de los siguientes medios:

- a. Secuencia mecánica del desconector de seccionamiento y de derivación.
- b. Bloqueo.

El procedimiento de desconexión o conexión deberá estar perfectamente indicado y visible, en el lugar de desconexión.

5.11 Baterías de sistemas de protección y control

- 5.11.1 Los sistemas de protección y control de las subestaciones de transmisión se alimentarán mediante corriente continua, procedente de baterías de acumuladores asociados con sus cargadores, alimentados por corriente alterna. Se deberá considerar sistemas redundantes de baterías con sus respectivos cargadores según la redundancia exigida por la norma técnica de seguridad y calidad de servicio (NTSyCS) para instalaciones del sistema de transmisión
- 5.11.2 En condiciones normales de explotación, el equipo de carga de la batería será capaz de suministrar los consumos permanentes y eventuales, además de mantener la batería en condiciones óptimas.
- 5.11.3 En caso de falta de corriente alterna de alimentación al equipo de carga o falla por avería del mismo, deberá ser la propia batería de acumuladores la encargada de efectuar el suministro de corriente continua a los sistemas de protección y control de instalación.
- 5.11.4 El diseño de la instalación deberá fijar el tiempo de autonomía del banco de baterías, teniendo en cuenta las particularidades que concurren en sus sistemas de control y protección, así como la tensión mínima que deberá mantenerse al final de la descarga de la batería, que deberá coincidir con la tolerancia de los equipos alimentados por la misma.
- 5.11.5 En el diseño de los sistemas de protección y control, se tendrá en cuenta la normalización de las tensiones nominales de corriente continua, las cuales son las siguientes:
24 - 48 – 110 - 125 V.
- 5.11.6 El recinto o área de protección en que se encuentran las baterías de acumuladores deberá ser inaccesible a personal no autorizado.
- 5.11.7 Los bancos de baterías que puedan desprender gases corrosivos o inflamables en cantidades peligrosas se emplazarán de acuerdo con las recomendaciones

siguientes:

- a. El local de su instalación estará destinado exclusivamente a este fin, será seco y bien ventilado.
- b. El local deberá estar protegido contra temperaturas extremas y aislado, en lo posible, de aquellos lugares o instalaciones donde se puedan producir vapores, gases, polvo, trepidaciones u otros agentes nocivos.
- c. Cuando las baterías sean del tipo ácida y los vasos de la misma sean abiertos, se evitará la comunicación directa entre el local de instalación del banco de baterías y las salas de máquinas o locales donde se hallen instalados los paneles de control u otros equipos eléctricos cuyos aparatos puedan ser afectados en su funcionamiento por los gases corrosivos procedentes de la batería.
- d. Las salas de baterías con electrolito líquido deberán ser diseñadas para evitar que el derrame de éste se filtre al terreno.

5.11.8 Cuando el banco de baterías no despidan gases corrosivos o inflamables en cantidades peligrosas (como pueden ser los de tipo alcalino o ácido en vasos cerrados y herméticos), se podrán emplazar en locales debidamente ventilados, destinados a otros fines (salas de protecciones, control o similares), en cuyo caso su instalación deberá efectuarse en el interior de armarios metálicos. Dichos armarios pueden llevar o no incorporados los equipos de carga.

5.11.9 La instalación de los bancos de baterías deberá ser tal que permita el eventual relleno del electrolito, la limpieza y la sustitución de elementos, disminuyendo los riesgos de contactos peligrosos para el personal de trabajo.

5.11.10 En un lugar visible del local en que esté instalado el banco de baterías, o en el interior de los armarios metálicos, cuando la instalación sea de este tipo, se dispondrá de un cartel donde estén debidamente especificadas las características principales de la batería.

5.11.11 Los bancos de baterías que estén instalados en armarios metálicos, podrán ubicarse a la intemperie siempre que dichos armarios metálicos sean apropiados para este tipo de instalación y estén dotados de ventilación adecuada y provista de un aislamiento térmico que evite temperaturas superiores al rango recomendado para la operación de ellas.

5.11.12 Baterías ácidas abiertas

- a. En el caso que la instalación se realice en locales destinados exclusivamente a contener baterías del tipo ácido con vasos abiertos, el recinto deberá ser ventilado, para evitar la concentración de hidrógeno, y no deberán existir elementos o dispositivos que produzcan chispas en la cercanía del banco de baterías.
- b. Los pasillos intermedios de acceso al recinto del banco de baterías no podrán tener un ancho inferior a 75 cm.
- c. Los bancos de baterías estarán aislados de sus soportes y éstos del suelo mediante piezas de materias aislantes no higroscópicas, permitiéndose la utilización de maderas tratadas.
- d. Todos los recintos donde existan baterías de plomo ácido abiertas deberán contar con un lavamanos que permita el rápido lavado del personal que accidentalmente haya tenido contacto con el ácido.

5.11.13 Baterías alcalinas o ácidas en vasos cerrados

Los bancos de baterías alcalinas o ácidas en vasos cerrados, que estén instalados en armarios metálicos, podrán ubicarse a la intemperie siempre que dichos armarios metálicos sean apropiados para este tipo de instalación y estén dotados de ventilación adecuada y provista de un aislamiento térmico que evite temperaturas superiores al rango recomendado para la operación de ellas.

5.11.14 Cargadores de baterías

Los bancos de baterías deberán ir asociados a un equipo de carga adecuado, que cumpla las siguientes condiciones mínimas:

- a. Estar dotado de alarmas que permitan detectar un mal funcionamiento del equipo.
- b. Que su régimen de funcionamiento sea el de flotación.
- c. Deberá disponer además del régimen de funcionamiento de ecualización.

5.12 Protecciones y control de las instalaciones

5.12.1 Aspectos generales

Todas las instalaciones de las subestaciones de transmisión deberán estar debidamente protegidas contra los efectos peligrosos, térmicos y dinámicos, que puedan originar las corrientes de cortocircuito y las de sobrecarga, cuando éstas puedan producir averías y daños en las citadas instalaciones.

5.12.2 Protección de bancos de condensadores

- a. En las subestaciones de transmisión, los bancos de condensadores deberán disponer de un interruptor principal que permita desconectarlo completamente de las otras instalaciones de la subestación.
- b. Todos los bancos de condensadores deberán tener dispositivos para detectar las sobrecorrientes y las fallas a tierra, cuyos relés, a su vez, provoquen la desconexión del interruptor principal.
- c. En la instalación de bancos de condensadores y a fin de evitar que la falla de un elemento ocasione la propagación de la misma a otros elementos del banco, se deberá disponer de una protección adecuada que provoque su desconexión, o bien, cada elemento dispondrá de un fusible que asegure la desconexión individual del elemento fallado.
- d. Los bancos de condensadores deberán disponer de una protección de desequilibrio, la que podrá provocar la desconexión del banco a través de su interruptor principal, o solo indique alarma y no desconecte la instalación.
- e. En las subestaciones de transmisión, las protecciones de los bancos de condensadores deberán ser diseñadas en conformidad la norma IEC 60871-3 o IEEE 18.

5.12.3 Protección de reactancias y resistencias

Las reactancias conectadas a los neutros de los transformadores, cuyo objetivo sea crear un neutro artificial, no se dotarán de dispositivos de protección específicos que provoquen su desconexión individual de la red.

5.12.4 Protección de bancos de baterías

- a. A la salida del banco de baterías y antes de las barras de distribución, deberán instalarse cartuchos fusibles calibrados o interruptores automáticos.
- b. Sobre las barras de distribución se instalará un detector de tierra que como mínimo facilite una alarma preventiva en caso de una eventual puesta a tierra de cualquier polo.
- c. Todos los circuitos a los distintos servicios deberán ir equipados con cartuchos fusibles calibrados o con interruptores automáticos.
- d. Se instalará un dispositivo detector que indique la falta de alimentación a la batería.
- e. Se instalarán sistemas de alarma de falta de corriente continua en los circuitos esenciales.

5.12.5 Dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias (DPS)

- a. Para efectos del presente Pliego, los dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias (DPS), también llamados supresores o limitadores de sobretensiones, deberán cumplir con las normas IEC 61643-11, IEC 61643-12, IEC 60099-5, IEC 60099-4, UL 1449, IEEE C62.41-1, IEEE C62.41-2 e IEEE C62.45, según corresponda.
- b. Los DPS deberán cumplir los requisitos de instalación de las normas IEC 61643-12, IEC 60664, IEC 60071, IEC 60099-5, IEC 60364-4-44, IEC 60364-5-53, IEC 61000-5-6, IEC 62305, o IEEE 141, IEEE 142, según corresponda.

5.13 Instalaciones eléctricas auxiliares

5.13.1 Servicios Auxiliares

- a. Las instalaciones eléctricas auxiliares serán de corriente alterna y de corriente continua.
- b. El suministro de servicios auxiliares de corriente alterna deberá provenir de la propia instalación y de un proveedor externo, siendo una de ellas respaldo de la que esté en servicio permanentemente.
- c. En el caso que el suministro de corriente alterna para servicios auxiliares sea proporcionado por un proveedor externo, ya sea para servicio permanente o para respaldo, se considerará como suministro de generación, si se trata de una central generadora o de transporte, si se trata de una subestación de transmisión. Estas instalaciones deberán declararse de acuerdo con el procedimiento establecido por la Superintendencia para las instalaciones de consumo.
- d. Se prohíbe dar suministro desde una instalación destinada a servicios auxiliares a otros consumos distintos a esta finalidad.
- e. La capacidad del suministro de servicios auxiliares de corriente alterna deberá considerar todos los consumos de la instalación y deberá ser suficiente para la demanda máxima de ellos.
- f. Los servicios auxiliares de corriente continua serán proporcionados por un banco de baterías, diseñado y construido de modo tal que cumpla con todas las disposiciones del punto 5.11 de este Pliego.
- g. El banco de baterías se deberá dimensionar para los consumos permanentes, los no permanentes y los momentáneos, de modo que, en condiciones de emergencia, estando los cargadores de baterías sin suministro de corriente alterna, el tiempo de descarga del banco sea no inferior a 8 horas, suministrando el 100% de la demanda, sin que la tensión de corriente continua disminuya a un valor inferior al mínimo establecido por los equipos.

5.13.2 Paneles de control

- a. La función de todos los aparatos situados en el frente de los paneles de control deberá ser identificable mediante una o ambas condiciones:
 - i. Que los aparatos estén situados en un panel o armario de uso exclusivo de una máquina, línea, transformador o servicio, con un letrero indicador general en ese panel.
 - ii. Que el aparato lleve un letrero indicador complementario.
- b. Las conexiones internas en los paneles o armarios de control se harán con conductores aislados, preferentemente flexibles, o circuitos impresos.
- c. El aislamiento y la cubierta de protección de los conductores serán, a lo menos, de tipo retardante a la llama, baja emisión de humos, libres de halógenos y baja toxicidad.
- d. Los bornes utilizados en los paneles de control estarán dimensionados para soportar los esfuerzos térmicos y mecánicos previsibles, y serán de tamaño

adecuado a la sección de los conductores que hayan de recibir.

- e. Los bornes de circuitos de corriente en los que se prevea la necesidad de hacer comprobaciones serán de un tipo tal que permita derivar el circuito de comprobación antes de abrir el circuito, para evitar que quede abierto el secundario de los transformadores de corriente. Para este efecto, se podrán usar bloques de prueba o similares.
- f. La estructura de los paneles de control tendrá una rigidez mecánica suficiente para el montaje de los aparatos que en ellos se coloquen, y serán capaces de soportar sin deformaciones su accionamiento y las vibraciones que se pudieran transmitir de las maquinas próximas.
- g. Todos los componentes constructivos tendrán un acabado que los proteja contra la corrosión. El frente de los paneles de control tendrá un acabado que no produzca brillo.
- h. Los paneles de control deberán estar iluminados en su frente y en su interior.
- i. Se deberán instalar en los paneles de control y protecciones bloques de prueba que permitan aislar los equipos de control, medida y protecciones, de tal forma que sea posible intervenir los mismos sin que se vean afectados los equipos primarios asociados.

5.14 Iluminación

5.14.1 El sistema de iluminación en espacios interiores o exteriores de una central de generación o subestación de transmisión deberá cumplir con los niveles mínimos señalados por la IES (Illuminating Engineering Society).

5.14.2 Tener un alumbrado de emergencia, que permita circular sin peligro por los corredores de servicio y de control para ejecutar los trabajos necesarios. El alumbrado de emergencia podrá omitirse en aquellas instalaciones que no requieren personal permanente.

5.14.3 El equipo de alumbrado de emergencia consistirá en un grupo generador independiente, una batería u otra fuente apropiada.

5.14.4 El equipo de alumbrado de emergencia deberá ser inspeccionado y probado periódicamente, para verificar que está en buenas condiciones de funcionamiento.

5.14.5 Iluminación de Emergencia.

En instalaciones donde la iluminación sea factor determinante de la seguridad, se deberán tener en cuenta los siguientes requisitos:

- a. La instalación eléctrica y los equipos asociados deberán garantizar el suministro ininterrumpido para iluminación en sitios donde la falta de ésta pueda originar riesgos para la vida de las personas, tal como en áreas críticas, salidas de emergencia o rutas de evacuación.
- b. No se permite la utilización de lámparas de descarga con encendido retardado en circuitos de iluminación de emergencia.
- c. Las rutas de evacuación deberán estar claramente visibles, señalizadas e iluminadas con un sistema autónomo con batería.
- d. El grado protección de las luminarias no deberá ser menor a IP20 para interiores e IP65 para exteriores de acuerdo con la norma IEC 60529.
- e. Pruebas Periódicas a los Sistemas de Iluminación de Emergencia

Para asegurar que en el momento de un evento donde se requiera la iluminación de emergencia, ésta funcione correctamente y cumpla con su objetivo, se deberá hacer la verificación de ausencia de fallas en fuente de luz y/o lámparas de emergencia, en baterías (abierta, cortocircuito) de autonomía, de red, falla de carga y, en general, se deberá verificar periódicamente el funcionamiento del conjunto total de la luminaria.

5.15 Canalizaciones eléctricas

5.15.1 Los conductores de energía eléctrica en el interior del recinto de centrales generadoras y subestaciones se considerarán divididos en canalizaciones de baja tensión y de alta tensión. Las primeras deberán ser dispuestas y realizadas de acuerdo con la norma "NCH Elec. 4/2003. Electricidad. Instalaciones de Consumo en Baja Tensión", o la disposición que la reemplace.

5.15.2 En la disposición de las canalizaciones de alta tensión, se tendrá en cuenta el peligro de incendio, su propagación y consecuencias, adoptando las medidas que a continuación se indican:

- a. Las conducciones o canalizaciones no deberán disponerse sobre materiales combustibles no autoextinguibles, ni se encontrarán cubiertas por ellos.
- b. El aislamiento y la cubierta de protección de los conductores serán del tipo retardante a la llama. Si los cables son instalados en escalerillas o bandejas portaconductores, serán del tipo no propagador de incendio.
- c. Los cables auxiliares de protección, control y medida se mantendrán, siempre que sea posible, separados de los cables con tensiones de servicio superiores a 1 kV o deberán estar protegidos mediante tabiques de separación o en el interior de canalizaciones o tubos metálicos puestos a tierra.
- d. Las galerías subterráneas, canaletas, zanjas y tuberías para alojar conductores, deberán ser amplias y con ligera inclinación hacia los pozos de recogida de aguas, o bien, estarán provistas de tubos de drenaje.

5.15.3 En el diseño de las canalizaciones se deberá tener presente lo siguiente:

- a. Disipación del calor.
- b. Protección contra acciones de tipo mecánico
- c. Radios de curvatura admisibles por los conductores.
- d. Intensidades de cortocircuito.
- e. Corrientes de corrosión cuando exista pantalla metálica.
- f. Vibraciones.
- g. Propagación del fuego.
- h. Radiación (solar, ionizante y otras).

5.16 Estructuras

5.16.1 Clasificación de estructuras

- a. Las principales estructuras utilizadas en subestaciones se dividen, según su uso, en estructuras bajas, estructuras altas y edificaciones propias para la correcta operación de la instalación.
- b. Las estructuras bajas corresponden a estructuras cuya función es soporte de equipos eléctricos, ya sean pararrayos, aisladores de pedestal, desconectores, interruptores, transformadores de corriente y de potencial y otros similares y que no sirven de soporte de cables conductores de energía eléctrica.
- c. Las estructuras altas corresponden a estructuras constituidas en base a pilares y vigas, cuya finalidad es sostener conductores de energía eléctrica, equipos y accesorios, instalados en altura.

5.16.2 Para el diseño de las estructuras de subestaciones, se considerará la acción de las siguientes solicitaciones, según corresponda:

- a. Peso propio de la estructura y de todos los elementos ligados a ella.
- b. Viento.

- c. Nieve, para edificaciones.
- d. Hielo.
- e. Tensión mecánica de conductores y cables de guardia.
- f. Cargas Mecánicas debido al peso y operación de equipos eléctricos.
- g. Sismo.
- h. Combinaciones de las anteriores, cuando corresponda.
- i. Carga de cortocircuito.

5.16.3 Diseño de edificaciones

- a. El diseño de las edificaciones se realizará de acuerdo con las exigencias señaladas en las normativas nacionales vigentes, incluyendo las normativas nacionales correspondientes a diseño sísmico tales como, NCh 433 “Diseño Sísmico de Edificios”, NCh 2369 “Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales”, NCh 2745 “Análisis y Diseño de Edificios con Aislación Sísmica”, o las que las reemplacen, considerando coeficiente de importancia $I = 1,2$ y los parámetros de suelo definidos en el estudio de mecánica de suelos del proyecto.
- b. Se excluirá la aplicación de la NCh 2369 a las estructuras bajas y altas señaladas en el punto 5.16.1 de subestaciones de centrales y líneas de transporte, pero no a sus edificaciones. El diseño deberá tomar en cuenta, además, el lugar geográfico y el tipo de suelo de fundación definidos en el Estudio de Mecánica de Suelos.

5.16.4 Diseño sísmico para estructuras bajas de soporte de equipos

Para el diseño sísmico de estructuras bajas de soporte de equipos eléctricos, se considerarán las siguientes disposiciones:

- a. El diseño de la estructura, con o sin sistemas de aislación sísmica y/o amortiguación sísmica deberá ser consistente con la calificación sísmica del equipo al cual soporta, de modo que no se produzcan amplificaciones a las sollicitaciones sísmicas con que se calificó el equipo.
- b. El diseño deberá hacerse considerando en el suelo una aceleración horizontal A_0 según lo señalado en el punto 5.17.6 letra a) de este Pliego y una aceleración vertical según lo señalado en el punto 5.17.6 letra b) de este Pliego, simultáneamente.
- c. La aceleración vertical se considerará actuando hacia arriba o hacia abajo, según sea la combinación más desfavorable.
- d. El diseño deberá tomar en cuenta las amplificaciones sísmicas de acuerdo con el espectro de respuesta correspondiente al equipo y con el factor de amortiguamiento propio de la estructura.
- e. Para estructuras de materiales dúctiles sin aislación sísmica ni amortiguación sísmica en la base, se podrá tomar en cuenta un coeficiente de modificación de la respuesta R a la aceleración horizontal mayor a 1.

En el caso de estructuras de hormigón armado o de acero, se podrá considerar un coeficiente R igual a 3.

Sin embargo, en el diseño de los sistemas de anclaje dúctiles de la estructura de soporte a la fundación (pernos de anclaje, placas de apoyo, llaves de corte y otros elementos de sujeción de la estructura a la fundación), el coeficiente R no será superior a 2,25.

- f. Para estructuras con aislación sísmica o amortiguación sísmica en la base, tanto las estructuras como sus sistemas de anclaje a la fundación, deberán diseñarse con un coeficiente R igual a 1.
- g. El diseño deberá considerar las amplificaciones dinámicas que puede producir

la fundación (cabeceo), por lo que el diseño deberá considerar el conjunto equipo -estructura - fundación.

- h. El diseño con fundaciones superficiales deberá considerar que el nivel basal es el sello de fundación y que las solicitaciones sísmicas se aplican a todos los pesos ubicados por encima del nivel basal, es decir, equipo, estructura, fundación y suelo sobre la fundación.
- i. Se deberán tomar en cuenta todas las solicitaciones que pudieran estar actuando simultáneamente con el sismo y en la dirección más desfavorable, tales como:
 - i. Efecto dinámico de las conexiones flexibles con otros equipos.
 - ii. Fuerzas de cortocircuito.

5.16.5 Diseño de estructuras altas

- a. El diseño de las estructuras altas deberá tomar en cuenta las solicitaciones debido a los abatimientos de los conductores de la línea desde su estructura de remate hacia la estructura alta, así como las conexiones con otras estructuras, altas o bajas, dentro de la subestación, siguiendo las disposiciones señaladas en los puntos 5.9 a 5.27 del Pliego RPTD N°11 "Líneas de transporte". Mientras que las condiciones geográficas y meteorológicas para este diseño están indicadas en el punto 5.8 del Pliego RPTD N°11 "Líneas de transporte".
- b. No será necesario incluir las solicitaciones sísmicas en el diseño de estas estructuras. Sin embargo, se deberá siempre verificar y declarar que las cargas laterales sísmicas son efectivamente menores que las cargas laterales por viento.
- c. Independiente de lo señalado en el punto b anterior, en el caso de instalar equipos eléctricos sobre este tipo de estructuras, deberá tomarse en cuenta lo señalado en el punto 5.16.4 de este pliego.

5.17 Fundaciones

- 5.17.1 Las fundaciones podrán ser dados y zapatas aisladas, dados y zapatas corridas, losas y plateas de fundación (radier), pilas, pilotes, ancladas en roca, otros.
- 5.17.2 El diseño de las fundaciones deberá hacerse de acuerdo con los parámetros de diseño y recomendaciones señalados en el Estudio de Mecánica de Suelos correspondiente.
- 5.17.3 El diseño de las fundaciones deberá considerar las siguientes solicitaciones y sus combinaciones, según corresponda:
 - a. Compresión, Corte, Volcamiento Uniaxial, Volcamiento biaxial.
 - b. Tracción, Corte, Volcamiento Uniaxial, Volcamiento biaxial.
- 5.17.4 El diseño de las fundaciones deberá cumplir con los siguientes criterios de estabilidad general:
 - a. Estabilidad a la compresión
La tensión de compresión máxima en el suelo no sobrepasará la tensión admisible, tanto para solicitaciones normales como para solicitaciones eventuales.
 - b. Estabilidad al volcamiento
Para fundaciones diseñadas sin colaboración lateral del suelo, se deberá cumplir que el área de apoyo comprimida de la fundación sea de:
 - 100% para solicitaciones normales.
 - 80% mínimo para solicitaciones eventuales.

Para fundaciones diseñadas con colaboración lateral del suelo (tal como el Método de Sulzberger), se deberá cumplir que el ángulo de giro de la fundación "a" sea tal que $\text{tg}(a) < 0.01$.

c. Estabilidad al deslizamiento:

Las fundaciones diseñadas sin colaboración lateral del suelo deberán cumplir que la resistencia total al deslizamiento, minorada por los factores de seguridad (FS) que se señalan en la Tabla N° 1. El valor resultante deberá ser mayor o igual a la sollicitación deslizante de diseño.

TABLA N° 1

Fuerza Resistente	FS Caso Normal	FS Caso Eventual
Friccionante	1,5	1,3
Cohesiva	4,0	3,0
Empuje Pasivo	4,0	3,0

d. Estabilidad al arrancamiento

La fuerza resistente al arrancamiento deberá ser mayor o igual a 1,1 veces la sollicitación de arrancamiento amplificada por el Factor de Seguridad o por el Factor de Mayoración según corresponda.

5.17.5 Fundaciones en cuyo diseño se considera que el suelo colabora en la estabilidad de ésta, deberán construirse respetando las consideraciones utilizadas en el diseño para asegurar que se desarrolla dicha colaboración del suelo. En los planos de construcción de estas fundaciones deberán indicarse las especificaciones técnicas para ejecutar las excavaciones, el hormigonado y los rellenos correspondientes. Cuando la instalación contemple en su diseño fundaciones tipo pilas, pilotes, ancladas en roca y otro tipo de fundaciones donde lo señalado en las cláusulas 5.17.4.b) y/o 5.17.4.c) no pueda ser aplicado, el Informe de Mecánica de Suelos deberá definir los criterios de diseño que sean equivalentes a los señalados en dichas cláusulas para dicho tipo de fundación.

5.17.6 Para la determinación de las sollicitaciones sísmicas en fundaciones de equipos eléctricos, se considerarán las siguientes disposiciones:

a. El diseño deberá hacerse considerando la siguiente aceleración sísmica horizontal del suelo A_0 definida en la Tabla N° 2.

TABLA N° 2

Zona Sísmica	Aceleración máxima efectiva A_0
1	0,3 g
2	0,4 g
3	0,5 g

Las Zonas Sísmicas 1, 2, 3 corresponden a las señaladas en la Norma NCh 2369-2003.

- b. El diseño deberá realizarse considerando una aceleración vertical correspondiente al 60% de la aceleración horizontal A_0 actuando simultáneamente.
 - c. La aceleración vertical se considerará actuando hacia arriba o hacia abajo, según sea la combinación más desfavorable.
 - d. El diseño deberá tomar en cuenta las amplificaciones sísmicas de acuerdo con el Espectro de Respuesta correspondiente al equipo y con el factor de amortiguamiento propio de la estructura o equipo que se anclará a la fundación.
 - e. Para fundaciones de hormigón, se podrá considerar un factor de modificación de la respuesta de $R = 3$ a la aceleración horizontal.
 - f. El diseño con fundaciones superficiales deberá considerar que el nivel basal es el sello de fundación y que las solicitaciones sísmicas se aplican a todos los pesos ubicados por encima del nivel basal, es decir, equipo, estructura, fundación y suelo sobre la fundación. Las excepciones a esta regla deberán justificarse, atendiendo a condiciones particulares de confinamiento lateral de la fundación.
 - g. La distribución sísmica del corte basal podrá ser de 2 tipos:
 - i. Distribución uniforme: proporcional al peso de los componentes y aplicadas en sus respectivos centros de gravedad.
 - ii. Distribución triangular: proporcional al producto de pesos por alturas de las partes sobre el nivel basal, aplicados en sus respectivos centros de gravedad.
 - h. En fundaciones donde el equipo se ancla directamente a la fundación, y donde el tipo de suelo de fundación no produce rotación en la base, se considerará una distribución de corte basal uniforme.
 - i. En fundaciones donde el equipo se ancla directamente a la fundación, y donde el tipo de suelo de fundación puede producir rotación en la base (suelos blandos o aluviales), se considerará una distribución de corte basal triangular.
 - j. En fundaciones donde el equipo se ancla a la fundación mediante una estructura baja de soporte, se considerará una distribución de corte basal combinado para tomar en cuenta el efecto de cabeceo: $1/3$ uniforme más $2/3$ triangular.
 - k. En fundaciones para estructuras bajas de soporte de equipos, en que justificadamente no se considere el efecto de cabeceo, se considerará una distribución de corte basal uniforme.
 - l. Las solicitaciones de momento que se obtienen según lo señalado en el punto 5.17.6 j) de este pliego, se afectarán por el coeficiente de reducción $J = 0.8 + 0.2 h / H$, donde h es la cota donde se evalúa la solicitación de momento y H es la altura de la parte más alta del sistema, ambas medidas desde el nivel basal señalado en el punto 5.17.6 f) de este pliego.
 - m. Se deberán tomar en cuenta todas las solicitaciones que pudieran estar actuando simultáneamente con el sismo y en la dirección más desfavorable, tales como:
 - i. Efecto dinámico de las conexiones flexibles con otros equipos.
 - ii. Fuerzas de cortocircuito.
- 5.17.7 Los sistemas de anclaje de las estructuras y equipos a sus fundaciones deberán cumplir las siguientes disposiciones generales:
- a. Los pernos de anclaje deberán ser de materiales dúctiles y con resiliencia o

tenacidad garantizada mínima de 27 Joule a la temperatura que defina el diseñador, según sea la ubicación de la subestación, pero en ningún caso será mayor a 0 °C. Esta propiedad será medida en ensayos de impacto sobre probeta con entalle simplemente apoyada, de acuerdo a la norma NCh 926.

- b. Los pernos de anclaje deberán considerar en su diseño la interacción tracción - corte.
- c. Los pernos de anclaje de fundaciones de equipos pesados, que consideren en su diseño llaves de corte o topes sísmicos que toman todo el esfuerzo de corte sísmico, se diseñarán solo para resistir las sollicitaciones de tracción.
- d. Para estructuras y equipos sin aislación sísmica ni amortiguación sísmica en la base, el diseño de los sistemas de anclaje a sus fundaciones, tales como pernos de anclaje según lo señalado en 5.17.7.a, placas de apoyo, llaves de corte y otros elementos de sujeción a la fundación, deberán considerar en su diseño un factor de modificación de la respuesta R a la aceleración horizontal no superior a 2,25.
- e. Para estructuras y equipos con aislación sísmica o amortiguación sísmica en la base, el diseño de los sistemas de anclaje a sus fundaciones, tales como pernos de anclaje, placas de apoyo, llaves de corte y otros elementos de sujeción a la fundación, deberán considerar en su diseño un factor de modificación de la respuesta R igual a 1.
- f. El anclaje a sus fundaciones de equipos eléctricos o estructuras de soporte de equipos eléctricos podrá realizarse mediante pernos de anclaje químicos siempre y cuando la calidad del perno químico propuesto en el diseño tenga la garantía del fabricante de su resistencia y buen comportamiento a cargas sísmicas. El diseño de estos pernos de anclaje deberá realizarse con un factor de modificación de la respuesta R igual a 1.