

ANEXO TÉCNICO

Exigencias Mínimas de Diseño de Instalaciones de Transmisión

ÍNDICE

TÍTULO I.	OBJETIVO Y ALCANCE	3
TÍTULO II.	DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.....	4
TÍTULO III.	FUNCIONES, ATRIBUCIONES Y OBLIGACIONES	7
TÍTULO IV.	EXIGENCIAS GENERALES DE DISEÑO	8
TÍTULO V.	EXIGENCIAS SÍSMICAS	10
TÍTULO VI.	EXIGENCIAS DE DISEÑO CIVIL	14
TÍTULO VII.	EXIGENCIAS GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE SUBESTACIONES Y DE SUS MALLAS DE PUESTA A TIERRA.....	19
TÍTULO VIII.	EXIGENCIAS MÍNIMAS DE DISEÑO DE EQUIPOS PRIMARIOS	21
TÍTULO IX.	SUBESTACIONES	27
TÍTULO X.	EMPLAZAMIENTO DE SUBESTACIONES.....	33
TÍTULO XI.	EXIGENCIAS MÍNIMAS PARA GIS Y GIL.....	35
TÍTULO XII.	HVDC Y ESTACIONES CONVERTIDORAS	36
TÍTULO XIII.	NIVELES DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO	40
TÍTULO XIV.	LÍNEAS DE TRANSMISIÓN AÉREAS	41
TÍTULO XV.	SISTEMAS DE CONTROL Y PROTECCIONES	48
TÍTULO XVI.	SISTEMAS DE COMUNICACIÓN.....	59
TÍTULO XVII.	DISPOSICIONES TRANSITORIAS	60

TÍTULO I. OBJETIVO Y ALCANCE

Artículo 1 Objetivo General

El objetivo del presente Anexo Técnico es definir las exigencias mínimas de diseño de las instalaciones del ST, a efectos de que éstas garanticen el cumplimiento de los objetivos de seguridad y calidad de servicio.

Artículo 2 Alcance

Las disposiciones establecidas en el presente Anexo Técnico serán aplicables a las instalaciones de todos los sistemas de transmisión, es decir, del STN, STZ, STD, y STPD.

TÍTULO II. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

Artículo 3 General

Sin perjuicio de la aplicación de las abreviaturas y definiciones establecidas en el TÍTULO 1-2 de la Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio, para efectos de este Anexo Técnico se establecen las siguientes abreviaturas y definiciones:

Artículo 4 Abreviaturas

1. **AIS** : Air Insulated Substation.
2. **ASCE** : American Society of Civil Engineers.
3. **ASTM/ANSI** : American Society of Testing Materials / American National Standards Institute.
4. **BT** : Baja tensión.
5. **CIGRE** : Conseil International des Grands Réseaux Électriques.
6. **DIN/VDE** : Deutsches Institut für Normung / Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik.
7. **GIL** : Gas Insulated Line.
8. **GIS** : Gas Insulated Substation.
9. **HIS** : Hybrid Insulated Substation.
10. **IEC** : International Electrotechnical Commission.
11. **IED** : Intelligent Electronic Devices.
12. **IEEE** : Institute of Electrical and Electronics Engineers.
13. **ISO** : International Organization for Standardization
14. **ITU** : International Telecommunication Union.
15. **LGSE o Ley** : Ley General de Servicios Eléctricos.
16. **MT** : Media Tensión.
17. **MU** : Merging Unit.
18. **NCIT** : Non Conventional Instrument Transformers.
19. **ONAN** : Oils Natural Air Natural.
20. **ONAF** : Oils Natural Air Forced.
21. **OFAF** : Oils Forced Air Forced.
22. **OPGW** : Optical Ground Wire.
23. **RRRV** : Rate of Rise of Recovery Voltage.
24. **SIR** : Source to line Impedance Ratio
25. **SSAA** : Servicios Auxiliares

26. **SCADA** : Supervisory Control and Data Acquisition.
27. **TRV** : Transient Recovery Voltage.

Artículo 5 Definiciones

1. **Anexo o Anexo Técnico:** Documento que contiene las exigencias mínimas de diseño de instalaciones de transmisión y que forma parte integrante de la NT.
2. **Alta tensión:** Instalaciones de transmisión con tensiones superiores a 23 [kV].
3. **Baja tensión:** Instalaciones de transmisión con tensiones menores a 1 [kV].
4. **Barra:** Instalación común de un patio de subestación al cual se conectan, a través de paños, elementos tales como líneas de transmisión, transformadores, equipos de compensación reactiva, entre otros.
5. **Central clamp:** Tipo de bushing de porcelana no cementada y que no tiene mordazas de sujeción, no sometido a esfuerzos de flexión, que se mantiene unido y sellado sólo por efecto de resortes internos que comprimen las partes.
6. **Estructura alta de subestaciones:** Estructura de soporte de conductores que corresponde a marcos de línea, marcos de barra y pilar de cable de guardia.
7. **Estructura baja de subestaciones:** Estructura de soporte diseñada para el montaje de los equipos primarios de patio, tales como los desconectadores, pararrayos, transformadores de corriente y de potencial y aisladores de pedestal, entre otros.
8. **Factor de amplificación:** Factor que representa el efecto relevante de la amplificación dinámica que tiene el comportamiento del sistema equipo+estructura+fundación con respecto al análisis estático equivalente. Esta situación se presenta, por ejemplo, en equipos que se encuentran montados en altura, en equipos sobre estructuras de soporte voladizo o en equipos instalados horizontalmente, así como en partes de equipos que se encuentren en una situación similar, como soportes de los estanques conservadores de aceite de transformadores y bushings, entre otros.
9. **Factores de sobrecarga o Factores de mayoración:** Factores que mayoran las solicitaciones y toman 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.
10. **Factores de seguridad:** Factores que minoran la resistencia del diseño. Estos factores se definen considerando el tipo de material, el modo de falla (dúctil o frágil) y otros tipos de incertidumbres que se consideren en el proceso de diseño.
11. **Gas Insulated Substation (GIS):** Subestación aislada en gas SF6 u otro gas aislante.
12. **Gas Insulated Line (GIL):** Línea de alta tensión aislada en gas SF6 u otro gas aislante.
13. **Hybrid Insulated Substation (HIS):** Subestación que se conforma por elementos aislados en gas y elementos aislados en aire, tales como interruptores, desconectadores, transformadores de medida, entre otros.
14. **Interruptor tanque vivo:** Interruptor de poder que tiene su cámara de ruptura al potencial de servicio de la subestación.

15. **Interruptor tanque muerto:** Interruptor de poder que tiene su cámara de ruptura dentro de un estanque metálico conectado a tierra.
16. **Ley General de Servicios Eléctricos:** DFL N° 4, de 2006, del Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción, que fija texto refundido, coordinado y sistematizado del DFL N° 1, de 1982, del Ministerio de Minería, Ley General de Servicios Eléctricos.
17. **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.
18. **Media tensión:** Instalaciones de transmisión con tensiones superiores a 1 [kV] con un máximo de 23 [kV].
19. **Optical Ground Wire (OPGW):** Cable de guardia, que puede ser de diversos materiales según su aplicación, y que tiene incorporado fibra óptica para uso en comunicaciones.
20. **Protecciones internas del transformador:** Dispositivos de protección internos del transformador, cuyo fin es protegerlo frente a fallas, entre los cuales se encuentran, por ejemplo, el relé Buchholz, sensores de temperatura de bobinados y aceite, sensores de nivel de aceite, dispositivos de sobrepresión, entre otros.
21. **Pararrayos:** Elemento limitador de sobretensiones conectado directamente entre las fases y tierra.
22. **Redundancia:** Duplicación de elementos o instalaciones que componen un sistema, de manera de permitir que, frente a la indisponibilidad de uno de éstos, dicho sistema mantenga el mismo desempeño para el cual fue diseñado.
23. **Sistema de puesta a tierra:** Conjunto de elementos conductores continuos de un sistema eléctrico específico, que conectan los equipos eléctricos con el terreno o una masa metálica. Comprende la puesta a tierra y la red equipotencial de cables que normalmente no conducen corriente, y todas las instalaciones de puesta a tierra interconectadas en un sistema específico.
24. **Subestación digital:** Subestación cuya comunicación es realizada de manera digital mediante IEDs y una red de comunicaciones, a través de la cual se realiza el envío de datos.
25. **Transformadores de medida no convencionales (NCIT):** Transformadores de medida que no utilizan núcleos magnéticos para efectuar la medición de corriente o voltaje.
26. **Zona Muerta:** Zona que, debido a la disposición de los transformadores de corriente o a la cantidad de los mismos, no queda protegida por las funciones principales de los relés de protección de los esquemas de protección.
27. **Zona de Protección:** Zona que, debido a la disposición de los transformadores de corriente o la cantidad de los mismos, queda protegida por las funciones principales de los relés de protección de uno o más esquemas de protección.

TÍTULO III. FUNCIONES, ATRIBUCIONES Y OBLIGACIONES

Artículo 6 Obligaciones del Coordinador

Con el objeto de dar cumplimiento a lo establecido en el presente Anexo Técnico, el Coordinador deberá:

- a. Exigir el cumplimiento de las disposiciones de este Anexo por parte de los Coordinados, requiriendo para esto los estudios, ensayos, planos y antecedentes que sean necesarios, en las instancias correspondientes establecidas en la normativa vigente.
- b. Informar a la Superintendencia el grado de cumplimiento de las disposiciones de este Anexo.
- c. Dar cumplimiento a las exigencias del presente Anexo en la elaboración de las bases de licitación de obras de transmisión contenidas en planes de expansión, otras bases de licitación, y en otras materias de su competencia respecto de las cuales sea aplicable el presente Anexo Técnico.

Artículo 7 Obligaciones de los Coordinados

Con el objeto de dar cumplimiento a lo establecido en el presente Anexo Técnico, las obligaciones de los Coordinados serán las siguientes:

- a. Dar cumplimiento a las exigencias mínimas de diseño de las instalaciones del ST contenidas en el presente Anexo Técnico.
- b. Entregar al Coordinador los datos, antecedentes e información requeridos en tiempo y forma y con la calidad correspondiente, en las instancias establecidas en la normativa vigente.

TÍTULO IV. EXIGENCIAS GENERALES DE DISEÑO

Artículo 8 Exigencias mínimas

Las instalaciones del ST, incluyendo las subestaciones elevadoras de las centrales de generación que se conectan al SEN, deberán cumplir con las siguientes exigencias mínimas:

- a. El diseño, fabricación, ensayos e instalación se realizará de acuerdo con las normas nacionales aplicables. Cuando no existan normas nacionales específicas se aplicarán normas o estándares internacionales emitidos por organismos tales como el IEC; ISO; DIN/VDE; ASTM/ANSI; IEEE; ASCE; CIGRE y las Comisiones de Estudio del Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la ITU (ITU-T).
- b. Deberán permitir que el SEN opere cumpliendo las exigencias establecidas en la normativa vigente.
- c. Deberán soportar, al menos, el máximo nivel de corriente de cortocircuito existente en los puntos de conexión al SEN. Las condiciones y la forma en que se calcule el máximo nivel de corriente de cortocircuito se establecen en el Anexo Técnico "Cálculo del Nivel Máximo de Cortocircuito" de la NT.
- d. Deberán disponer de un nivel de aislación en los puntos de conexión debidamente coordinado con aquel de la instalación a la cual se conectan, verificado con un estudio de coordinación de aislación.
- e. En caso de que una instalación existente se traslade a otro lugar, se utilice de un modo diferente, se destine a otro fin o se modifique, se aplicarán respecto de la referida instalación las normas vigentes a la fecha de ocurrencia de cualquiera de las situaciones mencionadas anteriormente. Sin perjuicio de lo anterior, en caso de que dichas situaciones sean provisionales hasta la instalación de nuevos equipos, y que aquello sea debidamente informado al Coordinador y respaldado mediante los antecedentes de adquisición de los nuevos equipos, se aplicará la normativa vigente previo al inicio de tales situaciones, salvo que esto pudiese significar un riesgo de seguridad al SEN.
- f. La disposición de las subestaciones, de los patios y de los equipos dentro de los patios, de las salas eléctricas y de los equipos dentro de las salas eléctricas, deberán permitir el crecimiento armónico de las subestaciones, y deberán posibilitar el acceso abierto a las instalaciones de transmisión, considerando los planes de expansión de la transmisión y las resoluciones de la Comisión que autoricen la ejecución de obras asociadas a instalaciones de transmisión.
- g. En instalaciones de tensión mayor o igual a 23 [kV], en AIS, no se podrán utilizar barras rígidas ni barras tubulares montadas sobre aisladores de pedestal. Excepcionalmente, y en casos debidamente justificados, se podrán utilizar barras rígidas con elementos para absorber desplazamientos relativos entre los apoyos, de modo de no ejercer fuerzas relevantes. Entre las excepciones se considerarán las celdas switchgear menores o iguales a 33 kV.
- h. Se deberán diseñar las estructuras en forma modular, de tal manera que las ampliaciones y cambios de configuración se efectúen en forma simple, minimizando el impacto sobre las instalaciones existentes y los tiempos de puesta en servicio.
- i. La conexión de instalaciones no podrá degradar el desempeño, es decir disminuir el grado de confiabilidad, de las instalaciones existentes. Para estos efectos, la conexión

de instalaciones deberá mantener la configuración de barra de la subestación a la cual se conectan.

- j. No se podrán realizar conexiones en derivación en líneas de los sistemas de transmisión de servicio público.

Artículo 9 Calidad de Producto Eléctrico

Las instalaciones del ST deberán estar diseñadas de manera tal que se mantenga la Calidad de Producto Eléctrico, según los estándares establecidos en el Título 5-14 de la NT.

Artículo 10 Plan de Recuperación de Servicio (PRS)

Las instalaciones del ST deberán poseer todo el equipamiento necesario para una adecuada implementación del PRS elaborado por el Coordinador, en conformidad a la NTSSCC.

Artículo 11 Sistemas de Protección Multiárea

Las instalaciones del ST deberán poseer todo el equipamiento necesario para una adecuada habilitación de los Sistemas de Protección Multiárea que determine el Coordinador, ya sea para responder a contingencias simples o como parte del servicio complementario del Plan de Defensa contra Contingencias.

Las instalaciones que se conecten al ST deberán poseer todo el equipamiento necesario para participar en los Sistemas de Protección Multiárea existentes en las subestaciones a las que se conectan, según lo determine el Coordinador.

Artículo 12 Equipos de Compensación

Las instalaciones del ST deberán poseer todo el equipamiento de compensación de potencia reactiva necesario para cumplir con los requerimientos de control de tensión y reserva de potencia reactiva, bajo el supuesto que:

- a. Las Instalaciones de Clientes cumplen con las exigencias de factor de potencia establecidas en el Artículo 5-17 y en el Artículo 5-18 de la NT.
- b. Las unidades generadoras cumplen con las exigencias establecidas en el Capítulo N° 3 de la NT.
- c. Las líneas y transformadores del ST se encuentran operando dentro de sus límites de operación.

Los equipamientos de compensación de potencia reactiva que se requieran para la operación del ST y su respectiva ubicación se determinarán en los estudios que corresponda realizar, de acuerdo con la normativa vigente.

TÍTULO V. EXIGENCIAS SÍSMICAS

Artículo 13 General

Para asegurar la calidad asísmica de las instalaciones de transmisión, en su diseño se aplicarán las normas chilenas vigentes. En los casos en que no exista norma chilena aplicable, se deberá usar la especificación técnica ETG-1020 de ENDESA o la IEEE Std 693-2005, en la condición de “High Seismic Level” con “Projected performance” factor mayor o igual a 2,0.

El diseño de los equipos primarios deberá realizarse mediante el Método de las Tensiones Admisibles con los siguientes factores de seguridad:

- a. 2,0 con respecto a la ruptura para los materiales frágiles como porcelana y/o aleaciones de aluminio fundido.
- b. 1,25 con respecto a tensión de fluencia para materiales dúctiles como el acero.
- c. 2,0 con respecto al valor SML (Specified Mechanical Load) para materiales poliméricos.

El valor de ruptura deberá ser demostrado de acuerdo con lo que señala la ETG 1.020, y el valor de SML deberá ser demostrado de acuerdo con lo que señala la IEEE 693-2005.

Artículo 14 Requisitos sísmicos específicos para líneas de transmisión

Las solicitaciones que determinan el diseño de las líneas de transmisión corresponden a las propias de su funcionalidad, en conformidad con lo dispuesto en el TÍTULO VI del presente Anexo. Sin embargo, cuando se instalen equipos eléctricos sobre las estructuras de líneas de transmisión, se deberá considerar la solicitación sísmica como parte de las solicitaciones de diseño de dichas estructuras.

Artículo 15 Requisitos sísmicos para instalaciones de alta tensión

Toda instalación de alta tensión deberá contar con los antecedentes de verificación del diseño sísmico conforme al presente Anexo, considerando las condiciones propias de la instalación de que se trate, incluyendo la fundación, estructura de soporte y equipo de alta tensión.

El diseño de las instalaciones de alta tensión también deberá considerar los requisitos que a continuación se indican:

- a. Para las subestaciones convencionales, subestaciones híbridas tipo HIS o equivalente o encapsuladas y aisladas en gas tipo GIS o equivalente y para las conexiones de subestaciones GIS a instalaciones convencionales aisladas en aire, se deberán considerar conexiones aéreas flexibles, con holguras que eviten que se generen fuerzas significativas que pongan en riesgo la integridad física de los equipos. Estas conexiones deben realizarse con cable de algún material que permita desplazamientos relativos en los puntos de conexión con un Factor de seguridad mínimo de 1,5.
- b. El diseño de las estructuras de soporte deberá considerar que estas deben mantener el comportamiento sísmico propio del equipo al cual soportan. Para estos efectos, se deberá verificar que la estructura de soporte no genera amplificaciones a las solicitaciones sísmicas del equipo. La verificación deberá realizarse mediante pruebas

en mesa vibratoria junto con el equipo al cual soportan, análisis dinámicos o análisis estáticos.

En caso de que las pruebas se realicen en mesa vibratoria, los sistemas de anclaje de la estructura de soporte a la fundación deberán ser diseñados considerando un Factor de amplificación de 1,25 a la sollicitación sísmica horizontal.

En el caso de análisis estáticos, se deberá verificar que se cumplan copulativamente los siguientes requisitos:

- i. La primera frecuencia equivalente de la estructura de soporte calculada con la masa del equipo como masa puntual sobre la estructura, considerando la masa de la estructura de soporte distribuida en ella, deberá ser mayor a 4 veces la frecuencia natural del equipo soportado con un mínimo de 15 Hz. En caso de no conocerse la frecuencia natural del equipo se deberá considerar una frecuencia equivalente mayor o igual a 30 Hz. El diseño deberá además demostrar que la rigidez local en la estructura donde se fija el equipo es lo suficientemente reforzada para no agregar otros modos de oscilación a los propios de dicho equipo.
- ii. La siguiente relación:

$$\frac{\text{Masa del Equipo}}{\text{Masa de la Estructura}} \geq 0,6$$

Cuando las estructuras de soporte no hayan sido probadas en mesa vibratoria junto con el equipo al cual soportan, estas deberán diseñarse considerando la influencia de la masa de la fundación y de la masa del suelo sobre la fundación en el comportamiento sísmico del sistema que componen el equipo y la estructura de soporte.

Se deberán entregar todos antecedentes que permitan al Coordinador comprobar que la estructura de soporte corresponde a la verificada por ensayo de mesa vibratoria o a la determinada por cálculo, según corresponda.

- c. Para el diseño de las estructuras de soporte y fundaciones de equipos se deberá considerar que la aceleración basal que caracteriza a la sollicitación sísmica se encuentra ubicada bajo el sello de fundación.
- d. No deberán usarse bushing de transformadores ni reactores de poder del tipo Central Clamp en tensiones nominales iguales o superiores a 220 [kV], salvo que se demuestre mediante los análisis correspondientes que el diseño del bushing dispone de elementos que evitan el deslizamiento de la porcelana respecto de su flange, y que se verifique el diseño global por ensayo en mesa vibratoria.

El diseño sísmico de todos los bushings de transformadores de poder, independiente de su tipo o material, se deberá verificar considerando un Factor de amplificación de 1,5 a la aceleración sísmica horizontal, y de 1,5 a la aceleración sísmica vertical.

- e. Para las subestaciones aisladas en gas SF6 (GIS) se deberá verificar el cumplimiento de los estándares referidos en el Artículo 13 de este Anexo. La verificación del diseño sísmico de estas subestaciones se podrá efectuar por medio de memorias de cálculo estático, sin determinación de la frecuencia fundamental, conforme a los requisitos de la ETG-1.020.

El diseño de la fundación de las subestaciones GIS y de sus ductos GIL deberá realizarse de manera coordinada y oportuna, junto con el diseño de los equipos que correspondan. La fundación de toda la subestación GIS propiamente tal deberá ser

diseñada preferentemente de una pieza, es decir, una fundación monolítica. En el diseño de la fundación se deberán evaluar los desplazamientos relativos entre los diferentes puntos de anclaje de la GIS y sus ductos GIL, asegurando que dichos desplazamientos se encuentren entre los límites establecidos por el fabricante. Estos desplazamientos deberán calcularse considerando el efecto de las ondas sísmicas de corte, las reacciones generadas por el movimiento del equipo, la interacción fundación-suelo o fundación-foso, entre otros y según corresponda.

Cuando las particularidades del proyecto no permitan cumplir con los desplazamientos límite, se deberán considerar en el equipo elementos capaces de absorber los desplazamientos requeridos por el diseño civil.

- f. En el diseño de los tubos aislados en gas SF₆, GIL, de conexión de las GIS a los equipos convencionales, se deberá dar el cumplimiento de los estándares referidos en el Artículo 13 del presente Anexo. Para efectos de lo anterior, deberá verificar por medio de memorias de cálculo estáticas, sin determinación de la frecuencia fundamental, que las tensiones mecánicas sean admisibles, considerando los factores de seguridad exigidos, un Factor de amplificación de 1,25 a la aceleración sísmica horizontal y un Factor de amplificación de 1,25 a la aceleración sísmica vertical.

Además, se deberá verificar que los desplazamientos relativos máximos de las partes sean admisibles, considerando los elementos dispuestos en el diseño, para así permitir dichos desplazamientos, teniendo en cuenta un Factor de seguridad no inferior a 1,5 de dichos desplazamientos relativos.

Los ductos GIL tendrán, de preferencia, una fundación monolítica con la fundación de la GIS. En caso de no realizarse una fundación monolítica, se deberán considerar los aspectos señalados en el literal e precedente.

Para efectos de la verificación del diseño sísmico de los bushing de las GIL que se conecten a las instalaciones convencionales referida en el Artículo 13 del presente Anexo, éstos deberán calcularse considerando un Factor de amplificación de 1,5 a la sollicitación sísmica horizontal y de 1,5 a la sollicitación sísmica vertical. Las estructuras de soporte de estos bushings deben ser consideradas en el diseño general del conjunto GIS-GIL como puntos fijos de la instalación, y deberán ser rígidas, de acuerdo con lo señalado en el literal b del presente artículo. En la conexión de estos bushings a la red convencional se deberán utilizar conexiones aéreas flexibles, con holguras que eviten que se generen fuerzas hacia dichos bushings.

- g. Cuando se instalen equipos eléctricos sobre Estructuras altas de subestaciones o sobre estructuras de líneas de transmisión, las sollicitaciones sísmicas sobre estos equipos deberán determinarse considerando Factores de amplificación, debido a que, por estar instalados en altura, tanto la aceleración sísmica horizontal en la base de dicho equipo como la aceleración sísmica vertical, son mayores a las definidas en las especificaciones señaladas en el Artículo 13 del presente Anexo.
- h. Se deberán entregar todos los antecedentes que permitan al Coordinador comprobar que los equipos verificados sísmicamente correspondan a los equipos instalados.

Artículo 16 Esfuerzos simultáneos con el sismo y holguras de conexiones

En la verificación sísmica de las instalaciones de alta tensión se deberán considerar sollicitaciones simultáneas con el sismo, tales como fuerza en terminales, fuerzas generadas por corrientes de cortocircuito, fuerzas operacionales, peso propio, presión interna, entre otras. La

fuerza del viento se deberá considerar en la verificación sísmica de equipos instalados en altura (nivel de marcos de subestaciones) y en equipos que presenten gran superficie al viento, tales como chisperos de las compensaciones serie, radiadores de transformadores o reactores de poder.

La fuerza en terminales se considerará de 100 daN para equipos hasta 245 [kV] y de 175 daN para equipos con tensiones nominales superiores.

No obstante lo anterior, se deberá minimizar la posibilidad de que las conexiones ejerzan fuerzas adicionales en los terminales de los equipos, para lo cual las conexiones entre equipos o a barras deberán considerar las holguras necesarias, según se establece en el literal a del Artículo 15 de este Anexo.

Las conexiones hacia las barras que permitan movimientos del conductor deberán distanciarse de otros conductores, de forma tal de evitar el acercamiento entre sí, manteniendo las distancias de seguridad entre éstos. En caso de ser necesario, los conductores deberán separarse por medio de aisladores.

Artículo 17 Requisitos sísmicos para fundaciones

Los requisitos sísmicos de las fundaciones se verificarán mediante el cumplimiento de los requisitos del Artículo 23 del presente Anexo Técnico.

TÍTULO VI. EXIGENCIAS DE DISEÑO CIVIL

Artículo 18 General

El diseño de las estructuras y fundaciones deberá resistir las solicitaciones mecánicas, térmicas, operacionales, meteorológicas, ambientales y eléctricas, de acuerdo con lo señalado en los siguientes artículos.

Artículo 19 Estructuras

Las estructuras podrán ser reticuladas de acero, monopostes de acero, postes de hormigón, autoportadas, atirantadas y, en general, podrán ser de cualquier material y tener cualquier configuración que sean los adecuados para el propósito funcional requerido.

El diseño de las estructuras deberá realizarse considerando los Factores de seguridad y factores de mayoración señalados en el Artículo 26 del presente Anexo, y de acuerdo con las respectivas normas internacionales correspondientes al tipo de estructura elegido.

Para el caso particular de diseño de estructuras de líneas de transmisión atirantadas, se deberá señalar cuál es su condición de estabilidad y resistencia con 1 tirante cortado, y deberá ser concordante con los trabajos estructurales a realizar para el reemplazo de tirantes cuando la línea se encuentre en servicio, los que deberán definirse en la etapa de diseño.

Se deberán considerar las mismas normas de diseño y los mismos Factores de seguridad y Factores de mayoración, tanto para las Estructuras altas de una subestación como para las estructuras de líneas.

El diseño de las Estructuras altas de subestación y de las estructuras de líneas deberá considerar los efectos de segundo orden (o efecto P-Delta), cuando los desplazamientos máximos, considerando las cargas aplicadas sin Factor de mayoración, son mayores a:

$$\Delta_{max} = \frac{H}{150}$$

Donde H corresponde a la altura de la estructura, medida sin considerar el canastillo para cable de guardia.

Artículo 20 Materiales de las estructuras

La elección del material de las estructuras deberá ser la adecuada para:

1. Las condiciones meteorológicas y ambientales del lugar de emplazamiento.
2. El propósito funcional requerido.
3. Soportar adecuadamente todos los esfuerzos a los que se verán sometidos.

Dentro de las condiciones ambientales que se deben tomar en cuenta se contempla la salinidad de la zona, agentes químicos, abrasión, entre otras.

La calidad de las estructuras metálicas, tanto de líneas de transmisión como subestaciones, deberán cumplir, como mínimo, con las siguientes normas:

- a. ASTM A36: Structural Steel.
- b. ASTM A572: High – strength low-alloy structural steel.
- c. ASTM F3125: High – strength bolts structural bolts, steel and alloy steel, heat treated.
- d. ASTM A394: Steel transmission towers bolts zinc coated.
- e. ASTM A6: General requirements for rolled structural steel bars.
- f. ASTM A193-B7: Alloy steel, AISI 4140/4142 quenched and tempered.
- g. NCh 203: Acero para uso estructural (para planchas de conexión).
- h. AWS: Structural welding Code-Steel D1.1.
- i. Norma EN 10025, calidades S275 y S355.

Será aceptable el cumplimiento de otras normas distintas a las señaladas siempre que el Coordinado demuestre y declare formalmente que las propiedades del material son concordantes con el cálculo y las especificaciones utilizadas en el diseño de la estructura, tales como: resistencia, dimensiones y tolerancias, resiliencia, composición química, y comportamiento esperado para el lugar de ubicación del proyecto.

Artículo 21 Solicitaciones

Las solicitudes de diseño se deberán determinar teniendo en consideración lo siguiente:

- a. Para Estructuras altas de subestación y estructuras de línea deberán considerarse viento máximo, ángulo, cortadura de conductor, desequilibrio de tensiones mecánicas en conductor, tendido de conductores, remate, montaje y mantenimiento, hielo máximo, viento con hielo, desequilibrio por hielo, torsión por hielo, entre otras.

Las consideraciones que se tomarán en cuenta para la determinación de las solicitudes dependerán de las características particulares del lugar de emplazamiento de la instalación y de la función que cumple la estructura en dicha instalación.

- b. Para Estructuras bajas de subestación deberán considerar las solicitudes propias del equipo que soportan, incluyendo la solicitud sísmica y la influencia de la masa de la fundación y de la masa del suelo sobre la fundación.
- c. Para equipos eléctricos ubicados sobre una Estructura alta de una subestación o una estructura de línea, la solicitud sísmica sobre el sistema que componen el equipo y la estructura de soporte se deberá considerar como una solicitud adicional a las señaladas en el literal a del presente artículo.

Artículo 22 Requisitos de desplazamiento de estructuras

Las Estructuras altas de subestación deberán cumplir con los desplazamientos máximos señalados en el Manual ASCE 113 “Substation Structure Design Guide”. Por su parte, las Estructuras bajas de subestación deberán cumplir con los requisitos señalados en el TÍTULO V del presente Anexo.

Artículo 23 Fundaciones

Las instalaciones de transmisión deben considerar fundaciones adecuadas al tipo de terreno en que se emplacen.

Las fundaciones podrán ser del tipo bloques y zapatas aisladas, bloques y zapatas corridas, losas de fundación, pilas, pilotes, micropilotes, ancladas en roca, parrillas metálicas, entre otros.

El diseño de las fundaciones deberá considerar las siguientes solicitaciones y la combinación de éstas, según sean las reacciones sobre aquellas debido al equipo y/o estructura que soportan: compresión, tracción, corte, volcamiento uniaxial, volcamiento biaxial.

Artículo 24 Mecánica de suelos

Para el diseño de las fundaciones deberá realizarse un estudio de mecánica de suelos, el cual deberá determinar, al menos, lo siguiente:

- a. Riesgos geológicos del lugar de emplazamiento, tales como derrumbes, deslizamientos de laderas, fallas geológicas, avalanchas, rodados, avenidas de agua, entre otros, y recomendaciones de obras de mitigación y/o medidas precautorias, si corresponde.
- b. Clasificación sísmica del suelo según NCh 2369 para salas, casas u otras edificaciones dentro de subestaciones, y medición de la velocidad de propagación de onda de corte VS30.
- c. Tipos de exploración y ensayos realizados para determinar las características geotécnicas, los que deben ser concordantes con los tipos de fundaciones que se van a diseñar.
- d. Características geotécnicas del suelo existente.
- e. Ubicación de napa freática detectada en la exploración y que se debe considerar en el diseño.
- f. Parámetros geotécnicos para diseño de fundaciones, plataformas, rellenos estructurales, entre otros.
- g. Características y parámetros de los eventuales reemplazos de suelo.

Artículo 25 Estabilidad de fundaciones

El diseño de las fundaciones deberá cumplir con los siguientes criterios de estabilidad:

- a. Estabilidad a la compresión.
La compresión máxima en el suelo no deberá sobrepasar 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:
 - i. 100% para solicitaciones normales.
 - ii. Mínimo 80 % para solicitaciones eventuales.

Para fundaciones diseñadas con colaboración lateral del suelo mediante método de Sulzberger, se deberá cumplir que el ángulo de giro de la fundación α sea tal que el valor de su tangente $\text{tg}(\alpha)$ sea menor a 0,01.

c. Estabilidad al deslizamiento.

La resistencia total al deslizamiento, minorada por los Factores de seguridad definidos en el Artículo 26, deberá ser mayor o igual a la sollicitación deslizante de diseño.

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.

Artículo 26 Factores de seguridad y Factores de mayoración o Factores de sobrecarga

Se deberán considerar los Factores de Seguridad y Factores de mayoración o sobrecarga de la normativa vigente, de acuerdo con lo señalado en el presente artículo.

Las estructuras o partes de estructuras cuyos elementos tengan modos de falla frágil, tales como postes de hormigón, deberán diseñarse considerando un Factor de seguridad mínimo de 2,0 para sollicitaciones de servicio, ya sean sollicitaciones normales o eventuales.

Los tirantes de las estructuras atirantadas deberán diseñarse considerando un Factor de seguridad mínimo de 2,0 para sollicitaciones de servicio, ya sean sollicitaciones normales o eventuales. Los sistemas de anclajes de los tirantes a la fundación, tales como barras con ojo y otros elementos, deberán diseñarse considerando un Factor de seguridad mínimo de 2,5 para sollicitaciones de servicio, ya sean sollicitaciones normales o eventuales.

Para el criterio de estabilidad al deslizamiento que se debe tener en cuenta para el diseño de las fundaciones mencionado en el Artículo 23, se deberán considerar los valores que se encuentran en la Tabla 1.

Tabla 1. Factores de seguridad para diseño de fundaciones

Fuerza Resistente	Factor de seguridad en caso normal	Factor de seguridad en caso eventual
Friccionante	1,5	1,3
Cohesiva	4,0	3,0
Empuje Pasivo	4,0	3,0

Para el diseño de las Estructuras altas de las subestación y las estructuras de líneas de transmisión que se diseñen con materiales dúctiles, que deberán cumplir lo señalado en el Artículo 20, se deberán aplicar a las sollicitaciones contenidas en la Tabla 2 los Factores de mayoración o sobrecarga que en la misma tabla se indican.

Tabla 2. Factores de sobrecarga o mayoración para Estructuras altas

Solicitaciones	Factor de mínima sobrecarga
En condiciones normales (Viento máximo, ángulo, desequilibrio por tensiones mecánicas de conductor en torres de anclaje, remate)	1,5
Hielo máximo, desequilibrio por tensiones mecánicas de conductor para viento con hielo, remate para viento con hielo	1,4
En condiciones eventuales (cortadura de conductores, mantenimiento, montaje, tendido, desequilibrio de hielo, torsión por hielo)	1,2

Para el diseño de las estructuras de soporte de equipos se deberán utilizar los Factores de mayoración o sobrecarga a las solicitaciones definidos en la Norma NCh 3171 "Diseño Estructural. - Disposiciones generales y combinaciones de carga".

TÍTULO VII. EXIGENCIAS GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE SUBESTACIONES Y DE SUS MALLAS DE PUESTA A TIERRA

Artículo 27 Terreno

Las subestaciones deberán ser construidas sobre una plataforma o un terreno que considere los efectos de escurrimiento del agua, y que disponga de todos los elementos necesarios para la evacuación del agua. Asimismo, el terreno deberá ser apto para la construcción de la malla de puesta a tierra, caminos de acceso, cercos, portones y deberá tener espacio para el estanque que cumpla la función de separar agua y aceite, y para las instalaciones contra incendio, entre otros.

El terreno de cada patio dentro de la subestación deberá tener un tamaño suficiente como para albergar el mismo patio y las instalaciones que correspondan, tales como la sala de control o de servicios generales, bodegas, estanques de superficie y subterráneos (si fueran necesarios), drenajes, entre otros. Además, el terreno deberá considerar las expansiones previstas en los planes de expansión de la transmisión y en las resoluciones de la Comisión que autoricen la ejecución de instalaciones de transmisión.

En caso de que el terreno no permita escurrir el agua se deberá construir una plataforma que permita el adecuado escurrimiento.

Artículo 28 Criterios para la construcción de patios

La construcción de cada patio deberá cumplir las siguientes condiciones:

- a. El diseño de la plataforma deberá permitir el escurrimiento de aguas superficiales, por lo que deberá poseer una pendiente apropiada para ello, y además deberá considerar la instalación de canaletas de evacuación de aguas lluvias u otras instalaciones que cumplan con lo exigido.
- b. En el caso de existir cruces de las canaletas u otras instalaciones con caminos o vías de circulación, se deben diseñar refuerzos adecuados al peso de los vehículos que circulen por estas vías.
- c. El nivel de terreno terminado deberá ser cubierto con una capa de gravilla de un espesor de 10 a 20 cm, con piedras de aproximadamente 5 cm de diámetro en conformidad al estándar IEEE Std. 80-2013. El diseño de las fundaciones deberá considerar que la cota de coronamiento deberá estar por sobre la capa de gravilla.
- d. El diseño de la plataforma deberá considerar todas las recomendaciones incluidas en el estudio de mecánica de suelos definido en el Artículo 24 del presente Anexo.

Artículo 29 Sistema de puesta a tierra

Los sistemas de puesta a tierra deben ser diseñados para limitar el efecto de descargas eléctricas a tierra, cortocircuitos y eventuales fallas de aislamiento en los equipos, de manera que los niveles de tensión (gradiente de tensión, voltaje de paso y voltaje de contacto) y de corriente no pongan en peligro la seguridad de las personas y de los equipos, permitiendo asegurar la continuidad de servicio.

El diseño de la malla de puesta a tierra deberá realizarse según lo que establece la norma IEEE 80: Guide for Safety in AC Substation Grounding, o mediante el método de elementos finitos, considerando los siguientes parámetros:

- a. La corriente de cortocircuito se debe calcular mediante el método establecido en el Anexo Técnico “Cálculo de Nivel Máximo de Cortocircuito” de la NT.
- b. La resistividad del terreno se debe medir en una época seca, determinando el número de capas con sus respectivas resistividades y espesores, mediante el método establecido en la norma IEEE 81: IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Ground System. Las mediciones de resistividad obtenidas se deberán interpretar de manera tal de elaborar un modelo de resistividad en base a técnicas de estratificación como la metodología de curvas patrón.
- c. La malla de la subestación deberá diseñarse para soportar la corriente determinada en el literal a precedente, con una holgura de 20%.
- d. Los potenciales obtenidos de los cálculos deberán ser menores al potencial de paso y de contacto tolerables para personas de 50 [kg].
- e. En caso de que se reemplace la capa superior de la plataforma por un material de relleno de menor resistividad, éste se deberá considerar para efecto del cálculo de los potenciales, tomando en cuenta la extensión real de esta capa y no como una capa de extensión infinita, de acuerdo con lo establecido en la norma IEEE 80.
- f. Si hay cables o ductos metálicos que cruzan el borde de la malla, se debe determinar el potencial transferido por estos elementos y la diferencia de potencial que soportarán en caso de un cortocircuito o de descarga atmosférica, determinando las aislaciones necesarias para las instalaciones. Las medidas de protección que deberán aplicarse ante estos potenciales en el caso de descargas atmosféricas son las que se encuentran establecidas en la norma IEC 61312 u otra norma equivalente.
- g. La malla de puesta a tierra debe ser diseñada utilizando conductores de cobre desnudo, dimensionados para soportar las corrientes de cortocircuito máximas de manera de asegurar la limitación de las tensiones de contacto y de paso en la instalación.
- h. La resistencia de puesta a tierra y las tensiones paso y contacto deberán ser medidas, al menos, una vez cada tres años, a fin de comprobar el estado del sistema de puesta a tierra, de acuerdo con los procedimientos descritos en la norma IEEE Std. 81 o la IEC 61936-1.

Adicionalmente, los conductores que emergen del nivel del terreno deben ser protegidos utilizando tubos de acero galvanizado o perfiles metálicos galvanizados.

TÍTULO VIII. EXIGENCIAS MÍNIMAS DE DISEÑO DE EQUIPOS PRIMARIOS

Artículo 30 Exigencias generales de equipos primarios

Los equipos primarios deberán cumplir con las exigencias mínimas que a continuación se enumeran:

- a. La clase de aislación deberá ser mayor a la tensión nominal del sistema, en al menos un 10% para tensiones menores a 300 [kV], y 5% para tensiones mayores o iguales a 300 [kV], de forma tal de considerar la sobretensión máxima en conformidad a la presente NT.
- b. El nivel básico de aislamiento (BIL) debe ser el máximo de la clase de aislación, según lo establecido en la normativa vigente, verificado con un estudio de coordinación de aislación.

En el caso particular de instalaciones sobre los 1.000 msnm, se deberán aplicar correcciones por altitud al nivel básico de aislamiento externo (BIL) de los equipos primarios en conformidad al estándar IEC 60071-2, los cuales deberán tener una clase de aislación acorde a dicho BIL corregido, de acuerdo al estándar IEC 60071-1 vigente.

- c. La capacidad de un equipo primario que forme parte de una instalación de transmisión, como líneas y transformadores, no podrá limitar la capacidad de ésta, es decir, la corriente nominal del equipo debe ser superior o igual a la capacidad de la instalación, más la sobrecarga admisible.
- d. La capacidad de ruptura de los interruptores debe ser mayor que la corriente de cortocircuito esperada para la subestación, considerando todas las modificaciones que se realicen al sistema, ya sea por medio de los planes de expansión de la transmisión o las resoluciones de la Comisión que autoricen la ejecución de instalaciones de transmisión, u otras conexiones de inyección, transmisión o retiro.
- e. Las instalaciones deberán estar diseñadas y construidas de manera tal que, aun en el caso de desconexión de ciertos componentes, 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 visible.

Tratándose de equipos híbridos o encapsulados y aislados en gas, tipo GIS 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 estado abierto, cerrado o, en caso que corresponda, aterrizado, además de incorporar los elementos necesarios para la extracción de los equipos que requieran ser intervenidos, todo esto en conformidad a lo establecido en la norma IEC 62271-1 u otra norma equivalente.

- f. Para efectos del diseño e instalación, se deberá considerar que el conjunto del equipo primario con su estructura de montaje y su fundación deberá cumplir con las exigencias sísmicas del TÍTULO V de este Anexo.

Artículo 31 Transformadores de potencia

Los transformadores o autotransformadores serán aislados en aceite, con refrigeración natural o forzada, como por ejemplo ONAN/ONAF/OFAF, y deberán poseer cambiadores de derivación bajo carga con sistemas automáticos de control. Además, los sistemas automáticos de control de los cambiadores de tomas bajo carga de transformadores o autotransformadores deberán contemplar mecanismos de bloqueo en su funcionamiento para evitar aumentos o disminuciones sobre los niveles de tensión permitidos, conforme a lo requerido en el TÍTULO 6-5 de la NT. Adicionalmente, deberá poseer mecanismos de conexión mediante comandos locales y remotos.

En particular, en el caso que la seguridad del sistema lo requiera, los transformadores de potencia del STN deberán ser bancos de unidades monofásicas con unidad de reserva.

Artículo 32 Configuración de los transformadores en instalaciones del ST

Las disposiciones del presente artículo se aplican a instalaciones del ST de tensión nominal mayor a 200 [kV], sean ellas pertenecientes al STN, STZ, STD, STPD o al Sistema de Interconexión Internacional, en este último caso, en consistencia con la normativa aplicable a este tipo de sistema de transmisión.

Para subestaciones se deberá verificar que la falla de Severidad 8 pueda ser controlada sin propagarse a otras instalaciones no falladas, admitiendo la utilización de Recursos Generales y Adicionales de Control de Contingencias, para lo cual deberán implementarse las correspondientes medidas contra contingencias extremas.

Para ello, el Coordinado que explote la subestación que se incorpora al SI o aquellas que sean ampliadas o modificadas, deberá realizar un estudio basado en los criterios establecidos en el Anexo Técnico "Requisitos Técnicos Mínimos de Instalaciones que se Interconectan al SI", el que debe ser sometido a la aprobación del Coordinador.

Para subestaciones eléctricas pertenecientes al ST, los Coordinados que exploten transformadores de poder deberán disponer de transformadores de reserva, propios o de terceros, energizados o desenergizados, de manera tal que en caso de falla permanente de uno de los transformadores de la subestación que implique restricciones al suministro a Clientes Regulados, se pueda normalizar la operación de la subestación, antes de 96 horas contadas desde el inicio de la falla.

Lo anterior no exime al Coordinado de la exigencia de respetar los índices de Disponibilidad Programada y Forzada de transformadores establecidos en el Artículo 5-55 de la NT.

Las subestaciones de transformación de tensión primaria mayor a 200 [kV] y tensión secundaria superior a 60 [kV] que enmallan sistemas deberán contar con un número de transformadores tal que la falla de Severidad 8 en uno de ellos pueda ser controlada sin propagarse a otras instalaciones no falladas, admitiendo la utilización de Recursos Generales de Control de Contingencias.

Sin perjuicio de lo anterior, la Comisión, en el proceso de planificación de la transmisión, podrá dar aplicación a dichas exigencias en otros niveles de tensión.

Artículo 33 Grupo vectorial de conexión de los transformadores de poder

El grupo vectorial de conexión de los transformadores de poder que enmallan sistemas de transmisión de distintos niveles de tensión igual o mayor a 33 [kV], no deberá introducir desfase angular entre los niveles que conecta.

Artículo 34 Equipos de Compensación de Energía Reactiva y filtros

Los valores nominales de tensión y potencia reactiva para los equipos serán los que se fijen como resultado de los estudios eléctricos, considerando pasos o bloques pequeños de conexión, de manera de poder maniobrar el sistema y amortiguar las oscilaciones al energizar las instalaciones.

Las maniobras de Equipos de Compensación de Potencia Reactiva y filtros necesarias para mantener la tensión y el nivel de armónicas en los rangos exigidos en la NT, se deberán realizar en forma automática.

Las maniobras en filtros, reactores y capacitores en los extremos receptor y transmisor de corriente alterna no deberán producir variaciones de tensión superiores a un 2% de la tensión nominal en Estado Normal.

Lo señalado en el presente artículo será aplicable para los Equipos de Compensación de Energía Reactiva y filtros requeridos en las estaciones convertidoras a las que se refiere en TÍTULO XII del presente Anexo.

Artículo 35 Barras y cables desnudos

En conformidad al literal g del Artículo 8, las barras y conductores que se utilicen deberán ser de tipo flexible. Sólo en casos excepcionales debidamente justificados y aprobados por el Coordinador se podrá utilizar barrajes de tipo rígido.

En el diseño de barras o cables desnudos se deberá verificar que el valor máximo de gradiente superficial no supere el valor de gradiente crítico de 18,5 kV/cm en zonas con altitud hasta 1.000 msnm. Se deberá ajustar este valor para instalaciones emplazadas en zonas con altitudes mayores a la mencionada.

Para los casos de proyectos de ampliación en subestaciones existentes se deberá verificar el diseño de las barras por capacidad de corriente permanente y por cortocircuito. El cálculo por capacidad de corriente se deberá realizar en el escenario de máxima transferencia que origine la mayor distribución de corrientes en los conductores de barra, de modo tal que no se supere el 90% de la capacidad nominal.

Artículo 36 Exigencias para los interruptores tanque vivo o tanque muerto

El diseño, fabricación y pruebas de los interruptores deberán cumplir con la norma IEC 62271 u otra norma equivalente.

En tensiones de servicio mayores 200 [kV], los interruptores deberán ser trifásicos con accionamiento monopolar y con tres mecanismos de operación para apertura y cierre de contactos.

En el diseño de los interruptores se deberá verificar que el voltaje transitorio de recuperación TRV y la tasa de incremento del voltaje de recuperación RRRV del sistema en el punto de instalación del interruptor sean menores que los soportados por el interruptor, ya sea en base a los valores establecidos en la Norma IEC 62271-100 u otra norma equivalente, o mediante demostración por ensayos tipo para los interruptores a emplearse. Si esto no se cumpliera, se deberán instalar equipos que reduzcan los TRV y RRRV a los valores tolerables para el equipo o equipos con clase mayor, a fin de que cumplan con los valores de TRV y RRRV requeridos.

Artículo 37 Exigencias para desconectadores

El diseño, fabricación y pruebas de los desconectadores deberán cumplir con la norma IEC 62271 o IEEE C37.60 u otras normas equivalentes.

Los desconectadores deben ser de operación tripolar o monopolar, según su aplicación, con mecanismo de operación eléctrico y manual, con mecanismos de accionamiento por polo, pudiendo incluir cuchilla de puesta a tierra.

Los desconectadores de 500 [kV] podrán ser del tipo pantógrafo vertical, semipantógrafo horizontal o vertical, o cuchilla de corte en el plano vertical, y deberán tener mando motorizado para operación individual por polo para la cuchilla principal.

El accionamiento de la cuchilla de puesta a tierra podrá ser motorizada o manual, pero solo podrá accionarse desde el mismo desconectador, salvo que se cuente con sistemas de control/vigilancia que permitan asegurar su correcta operación, en cuyo caso la cuchilla de puesta a tierra podrá ser telecomandada.

Artículo 38 Exigencias para transformadores de potencial

El diseño, fabricación y pruebas de los transformadores de potencial deberán cumplir con la norma IEC 61869 u otra norma equivalente.

Los transformadores de potencial podrán ser inductivos o capacitivos, y deberán soportar una sobretensión de 120% en forma permanente, y de 150% durante 30 segundos.

El secundario del transformador de potencial destinado a medidas para transferencias económicas deberá ser clase 0,2, con un burden adecuado para la carga que se le conectará, que garantice la clase de precisión del equipo. El secundario del transformador de potencial destinado a medición para protecciones, si se requiere, deberá ser clase 3P.

Artículo 39 Exigencias para transformador de corriente

El diseño, fabricación y pruebas de los transformadores de corriente deberán cumplir con la norma IEC 61869 o IEEE C57.13, u otras normas equivalentes.

Los transformadores de corriente deben ser del tipo inductivo, de montaje vertical en el caso de alta tensión, con la excepción de transformadores de corriente tipo toroidales, con al menos 2 núcleos de medida y 3 núcleos de protección, salvo en los casos en que no ameriten el referido número de núcleos como en el caso de TTCC de neutro o de TTCC ópticos, según lo determine el Coordinador.

Para efectos del diseño e instalación, se debe considerar que su medio aislante podrá ser en aceite, papel o gas.

En cuanto a sus características eléctricas, los transformadores de corriente deben soportar un 150% de la corriente nominal en forma permanente. Los núcleos de medida deben ser clase 0,2 con $F_s = 5$. En el caso que se requiera realizar una sumatoria de corrientes, los transformadores deberán cumplir con la clase de precisión 0,1, en conformidad al estándar IEC 61869-2.

Los núcleos de protección deben ser clase 5P o clases de mayor precisión, con un índice de saturación igual o superior a 20, todos con un burden adecuado para la carga que se le conectará, que garantice la clase de precisión del equipo.

Artículo 40 Transformadores de medida no convencionales (NCIT)

Se podrán utilizar transformadores de medida no convencionales, o transformadores de corriente o voltaje electrónicos u ópticos, siempre que se verifiquen al menos los mismos niveles de desempeño y seguridad de los transformadores a los que se refieren el Artículo 38 y el Artículo 39. El diseño de los NCIT se deberá realizar de acuerdo con el estándar IEC 61869.

Artículo 41 Exigencias para pararrayos

El diseño, fabricación y pruebas de los pararrayos deben cumplir con la norma IEC 60099-4 u otra norma equivalente.

El diseño de los pararrayos del tipo óxidos metálicos sin chispero deberá incluir base aislante y contador de descargas.

Artículo 42 Exigencias para condensador de acoplamiento

El diseño, fabricación y pruebas de los condensadores de acoplamiento deben cumplir con la norma IEC 60358-1 u otra norma equivalente.

Las exigencias de diseño del condensador de alta tensión y de la unidad de acoplamiento se determinarán según los requerimientos del SEN.

Artículo 43 Exigencias para trampa de onda

Las trampas de onda podrán ser del tipo suspendida mediante dos o tres cadenas de aisladores, montadas en el conductor de la línea, o montadas a piso sobre estructura y fundación exclusivas.

Las trampas de onda deberán soportar la corriente nominal y la corriente de cortocircuito de la línea a la cual están conectadas.

Sus características como frecuencia de corte, ancho de banda, ajustabilidad, entre otras, se determinarán según las necesidades del sistema de comunicaciones, para lo que se deberá realizar el estudio modal y de frecuencias correspondiente.

Asimismo, el Coordinador deberá llevar un registro actualizado del uso de frecuencias.

Artículo 44 Pruebas a equipos

Todos los equipos deberán ser probados, al menos, con las pruebas sísmicas tipo, y de rutina que correspondan, y también deberá ser probada la resistencia en sus contactos del equipo, todo ello, de acuerdo con lo establecido en los estándares internacionales aplicables.

TÍTULO IX. SUBESTACIONES

Artículo 45 General

Las subestaciones deberán cumplir con las siguientes exigencias mínimas:

- a. La disposición de equipos en las subestaciones deberá ser funcional y segura para la operación, mantenimiento, reparación y reemplazo de los equipos, y para la seguridad de las personas. Además, deberá permitir la expansión armónica y ordenada de la subestación y posibilitar el acceso abierto a las instalaciones de transmisión.
- b. Las subestaciones con transformadores de poder deberán disponer de muros cortafuegos, en caso de que corresponda según la distancia entre transformadores y entre transformadores y edificaciones en conformidad a la normativa vigente, y de un sistema de detección y extinción de incendio que garantice que no se propague al entorno y que evite el derrame de aceite al exterior de la subestación.
- c. Las subestaciones subterráneas deberán utilizar equipos y elementos con sistemas de enfriamiento o de ventilación para mantener la temperatura adecuada para la operación.
- d. Las subestaciones subterráneas deberán contar con vías de acceso que posibiliten el reemplazo de equipos y elementos, sin efectuar modificaciones temporales o permanentes a las estructuras, edificios propios o aledaños, cierres o accesos, entre otros.
- e. Las subestaciones del tipo aislación en aire deberán diseñarse de forma tal que los equipos no superen la altura de las barras de la subestación. Además, la subestación deberá disponer de un sistema que asegure la adecuada protección de los equipos e instalaciones contra las descargas atmosféricas.
- f. Si la subestación es alimentada desde una o más líneas subterráneas, éstas se deberán conectar mediante cables subterráneos, canalizados de manera adecuada para asegurar la continuidad de servicio y evitar eventuales daños en los cables por acción de terceros. Se deberá disponer de elementos de reserva para asegurar la continuidad de servicio.
- g. Si la subestación es alimentada desde una o más líneas aéreas, éstas se podrán conectar mediante una acometida aérea, siempre que se cumplan las siguientes condiciones:
 - i. La acometida deberá cumplir con lo establecido en el Artículo 83 del presente Anexo.
 - ii. La tensión mecánica máxima en el conductor deberá cumplir con lo establecido en el Artículo 75 del presente Anexo.
- h. Los aisladores que se utilicen en las subestaciones deberán ser diseñados de manera tal de dar cumplimiento a las exigencias sísmicas que se encuentran en la normativa vigente. Asimismo, el material de estos aisladores deberá ser adecuado a las condiciones climáticas del lugar donde se emplazan.

Artículo 46 Esquemas de barra e interruptores

En función de los requisitos establecidos en el Artículo 47 del presente Anexo Técnico, y de acuerdo con el estándar de la norma IEEE 605-2008, las subestaciones podrán tener los siguientes esquemas de barra e interruptores:

- a. Barra Simple o Barra Simple Seccionada
- b. Barra Principal y Barra de Transferencia
- c. Barra Principal Seccionada y Barra de Transferencia
- d. Doble Barra y Barra de Transferencia
- e. Doble Barra Simple Interruptor
- f. Doble Barra con Doble Interruptor
- g. Interruptor y Medio
- h. Esquema en Anillo

Las subestaciones podrán ser híbridas en su tecnología (HIS), siempre que se cumpla con las exigencias normativas de diseño y confiabilidad vigentes.

En las subestaciones no se permitirá que los paños pertenecientes a un patio tengan configuraciones de barra diferentes.

Artículo 47 Exigencias de confiabilidad

Las disposiciones del presente artículo se aplican a instalaciones del ST de tensión nominal mayor a 200 [kV], sean ellas pertenecientes al STN, STZ, STD, STPD o al Sistema de Interconexión Internacional, en este último caso, en consistencia con la normativa aplicable a este tipo de sistema de transmisión.

Las subestaciones deberán tener una configuración de barra con redundancia suficiente para realizar el mantenimiento de cada interruptor asociado a líneas, transformadores u otros equipos, de manera que dichas instalaciones queden en operación durante el mantenimiento del interruptor asociado a ellas.

Lo anterior también será aplicable a subestaciones del ST de tensión nominal menor a 200 [kV] que se interconecten al sistema mediante 2 o más circuitos.

Las subestaciones del STN de tensión nominal mayor a 200 [kV] deberán tener una configuración de barra con redundancia suficiente que permita realizar el mantenimiento de cada sección de barra sin desconectar del sistema las instalaciones asociadas a la referida sección.

La configuración específica de las subestaciones, tales como esquemas en anillo, barra principal y barra de transferencia, interruptor y medio u otro, así como la cantidad de secciones de barra, deberá ser tal que la falla de Severidad 9 en ellas pueda ser controlada sin propagarse a otras instalaciones no falladas, admitiendo la utilización de Recursos Generales de Control de Contingencias.

En el caso de ampliación de subestaciones, se deberá verificar que la falla de Severidad 9 pueda ser controlada sin propagarse a otras instalaciones no falladas, admitiendo la utilización de

Recursos Generales y Adicionales de Control de Contingencias, para lo cual deberán implementarse las correspondientes medidas contra contingencias extremas, previo a la autorización de la conexión.

Para ello, el Coordinado que explote la subestación que se incorpora al SI o que es ampliada o modificada, deberá realizar un estudio basado en los criterios establecidos en el Anexo Técnico "Requisitos Técnicos Mínimos de Instalaciones que se Interconectan al SI", el que debe ser sometido a la aprobación del Coordinador.

Sin perjuicio de lo anterior, la Comisión, en el proceso de planificación de la transmisión, podrá dar aplicación a dichas exigencias en otros niveles de tensión.

Artículo 48 Disposición de paños

La disposición de los Paños o Bahías deberá ser tal que minimice la sobrecarga y distribuya apropiadamente los flujos en la barra.

La disposición de los paños y de los patios de la subestación deberá posibilitar una apropiada conexión de las líneas que convergen en la subestación, de modo tal de permitir el adecuado acceso a la instalación.

Artículo 49 Emplazamiento de nuevas subestaciones seccionadoras en los Sistemas de Transmisión Dedicados

Las subestaciones que se conecten al ST mediante el seccionamiento de líneas de transmisión pertenecientes al STD deberán cumplir, al menos, con las exigencias del presente Anexo, y no podrán degradar el estándar de la instalación a la cual se conectan.

Artículo 50 Exigencias específicas para configuración de barra "Interruptor y Medio" en instalaciones de servicio público

Este esquema debe cumplir con las siguientes condiciones:

- a. La capacidad nominal de corriente asociada a un paño de la diagonal deberá poder transmitir la capacidad nominal de corriente de todas las instalaciones que se conecten a ésta, de manera de permitir el mantenimiento de los equipos del otro paño de la diagonal. En caso de que en primera instancia se instale un solo paño conectado a ambas barras, es decir media diagonal, ésta deberá tener una capacidad de diseño tal que permita cumplir con la exigencia anterior.
- b. No se podrán conectar en una misma diagonal aquellas instalaciones cuya desconexión simultánea causada por la desconexión de la diagonal, no pueda ser controlada mediante los Recursos Generales y Adicionales de Control de Contingencias, sin que sus efectos se propaguen a las restantes instalaciones del SI. En particular, no podrán conectarse a la misma diagonal dos circuitos de una misma línea o dos líneas que provengan de una misma subestación.
- c. En el caso en que se seccione una línea de simple circuito en una subestación con esquema de barra interruptor y medio, la línea seccionada no podrá ocupar la misma diagonal.
- d. En las subestaciones cuya configuración sea interruptor y medio, donde se contemple construir una media diagonal, se deberán instalar todos los equipos de paño

correspondiente a esta media diagonal, no pudiendo realizarse conexiones directas a la barra de la media diagonal restante. La conexión deberá realizarse mediante aisladores de pedestal o desconectores sin puesta a tierra.

Artículo 51 Exigencias específicas para configuración de Doble Barra Simple Interruptor

El esquema Doble Barra Simple Interruptor deberá diseñarse con un paño acoplador de barra con interruptor, desconectores a ambos lados del interruptor y, al menos, un juego de transformadores de corriente.

Artículo 52 Criterios mínimos para SSAA

Los criterios mínimos aplicables a los servicios auxiliares de corriente alterna y de corriente continua serán los siguientes:

- a. Las subestaciones que cuenten con un patio de tensión nominal mayor a 300 [kV] deberán tener dos sistemas de SSAA independientes: uno para el patio de 500 [kV], y otro para los patios de 220 y 110-66 [kV].
- b. Las subestaciones que cuenten con un patio de tensión nominal entre 200 [kV] y 300 [kV] deberán tener, al menos, un sistema de SSAA.
- c. Los SSAA deberán tener bancos de baterías, de manera de respaldar su abastecimiento. Por otra parte, las casetas de protecciones locales por diagonal, por par de diagonales, por paño o por par de paños, tendrán baterías destinadas especialmente para el abastecimiento si la carga y distancia entre estas casetas y la sala donde se encuentran las baterías de respaldo de los SSAA lo hace necesario.
- d. La alimentación de los SSAA deberá tener capacidad para alimentar, al menos, todos los consumos del o los patios y sus instalaciones anexas.
- e. La alimentación de los SSAA en corriente alterna deberá contar con, al menos, dos fuentes de alimentación independientes con transferencia automática entre ellas, debiendo ser una de ellas un generador de respaldo local, y la otra, cualquiera de las siguientes fuentes de corriente alterna:
 - i. Terciario de algún transformador relacionado con el patio correspondiente.
 - ii. Terciario de algún transformador relacionado con un patio de mayor tensión.
 - iii. Transformadores trifásicos o de potencial de uso exclusivo para estos efectos conectados a la barra del patio correspondiente. Los transformadores conectados a barras diferentes se considerarán fuentes diferentes.
 - iv. La red pública de MT de la zona, que no dependa exclusivamente de la subestación correspondiente.
- f. Cada fuente de alimentación debe tener su propio transformador de MT/BT, en caso de ser necesario.
- g. La barra del tablero general de corriente alterna debe estar seccionada en dos o más secciones, de manera tal que ante la desconexión de una barra de alta tensión de la subestación no se afecten la totalidad de los servicios auxiliares. Los consumos deberán estar adecuadamente distribuidos en las referidas secciones.

- h. La barra de corriente alterna de los SSAA podrá tener una sección para servicios no esenciales que se desconecte al ser abastecida por el generador local. Se entenderá como un servicio no esencial todos aquellos consumos que no sean necesarios para mantener en funcionamiento la subestación, como por ejemplo, alumbrado prescindible, calefactores prescindibles y equipos de aire acondicionado de las salas eléctricas.
- i. Cada sistema de SSAA debe incluir dos bancos de baterías, con una capacidad de diseño que permita abastecer por un periodo de, al menos, 8 horas de operación la totalidad de la carga en corriente continua prevista.
- j. Cada banco de baterías deberá conectarse a una sección de barra del tablero general de corriente continua, mediante un cargador. Aquellos consumos que tengan fuentes de alimentación duplicadas en corriente continua, deberán conectarse a ambas secciones. Entre los referidos consumos se encuentran GPS, equipos de medidas, equipos de protección, entre otros.
En caso de haber tableros de distribución, estos también deberán tener barra seccionada, de manera de mantener la separación entre las dos baterías.
- k. Los sistemas de SSAA deberán contar con equipos de medida digitales en sus tableros generales asociados a cada sección de barras, donde se observe el consumo real de los servicios.

Artículo 53 Subestaciones móviles

Las subestaciones móviles deben considerar las siguientes exigencias:

- a. Las subestaciones móviles deberán diseñarse considerando las necesidades de movilidad y transporte de las mismas, de acuerdo a la normativa contenida en la Ley de Tránsito y demás normativa aplicable.
- b. El elemento transportador o plataforma deberá contar con elementos, fijaciones o patas extensibles para garantizar su estabilidad mientras se encuentre estacionada y energizada.
- c. Si los terminales de alta tensión sobrepasan la altura máxima para transitar por los caminos y carreteras, éstos podrán ser extraíbles o articulados, lo que no deberá afectar las características eléctricas cuando la instalación se encuentre energizada.
Alternativamente, podrán considerarse cables aislados con mufas y soportes portátiles para conectarlas temporalmente a los puntos de conexión.
- d. La subestación móvil debe diseñarse considerando los esfuerzos sísmicos establecidos en el presente Anexo, y deberá soportar los esfuerzos de transporte, los que serán determinados en cada caso.
- e. Las características eléctricas serán determinadas según la aplicación y necesidades del caso, respetando las exigencias de las normas específicas aplicables, de la NT y sus Anexos.
- f. La subestación móvil deberá contar con, al menos, un interruptor de entrada, y opcionalmente con un interruptor de salida, ambos de tecnología GIS o Switchgear o híbrida, dependiendo de la tensión de salida.
- g. La subestación móvil deberá ser autosuficiente para su control y funcionamiento en cuanto a las protecciones necesarias para su operación. Además, deberá disponer de

conexión para recibir eventualmente señales de disparo externas y también para enviar señales de control, medida disparo y protección al exterior.

- h. La subestación móvil deberá disponer de SSAA mínimos para su operación autónoma, sin perjuicio de poder disponer de una conexión a SSAA externos.
- i. Para la conexión en BT/MT, se deberá disponer de una caja con bushing y terminales para permitir su conexión.
- j. La subestación móvil deberá disponer de, al menos, dos terminales de puesta a tierra diagonalmente opuestos, con cable de un calibre máximo igual a 4/0 AWG. Para usar la subestación se deberá disponer de una malla de puesta a tierra en el lugar en que se instalará, según las exigencias de la norma IEEE 80 u otra norma equivalente, y se deberá disponer del elemento transportador o la plataforma, la cual se deberá conectar a los dos terminales anteriormente mencionados.
- k. Los potenciales a los que se encuentre afecta la subestación móvil deberán ser menores al potencial de paso y de contacto tolerables para personas de 50 [kg], de acuerdo con lo establecido en el Artículo 29 del presente Anexo Técnico.

Artículo 54 Paños provisorios

Los paños provisorios deben considerar las siguientes exigencias adicionales:

- a. Las características eléctricas serán determinadas según la aplicación y necesidades del caso, respetando las exigencias de las normas específicas aplicables, de la NT y sus Anexos.
- b. El paño provisorio deberá contar, como mínimo, con los siguientes componentes:
 - i. Un juego de pararrayos;
 - ii. Un interruptor de entrada;
 - iii. Un juego de transformadores de corriente; y
 - iv. Un juego de transformadores de potencial o un juego de transformadores combinados de corriente y potencial.
- c. El paño provisorio deberá ser autosuficiente en cuanto a las protecciones necesarias para su funcionamiento. Además, deberá disponer de conexión para recibir eventualmente señales de disparo externas y también para enviar señales de disparo al exterior.
- d. El paño provisorio deberá disponer de SSAA mínimos para su operación autónoma, sin perjuicio de poder disponer de una conexión a SSAA externos.
- e. El paño provisorio deberá disponer de, al menos, dos terminales de puesta a tierra diagonalmente opuestos, con cable de calibre máximo igual a 4/0 AWG. Para la utilización del paño provisorio se deberá preparar una malla de puesta a tierra en el lugar en que se emplazará la plataforma, según la norma IEEE 80 u otra norma equivalente, la cual se deberá conectar a los dos terminales antes mencionados.
- f. Los potenciales a los que se encuentre afecto el paño provisorio deberán ser menores al potencial de paso y de contacto tolerables para personas de 50 [kg], de acuerdo con lo establecido en el Artículo 29 del presente Anexo Técnico.

TÍTULO X. EMPLAZAMIENTO DE SUBESTACIONES

Artículo 55 General

Las subestaciones deberán ser diseñadas considerando las obras contenidas en los planes de expansión de la transmisión y en las resoluciones de la Comisión que autoricen la ejecución de instalaciones de transmisión, y deberán permitir el acceso abierto a las instalaciones por parte de quien solicite conectarse.

Artículo 56 Lugar de emplazamiento

Para la elección del lugar de emplazamiento de subestaciones se deben considerar, al menos, los siguientes aspectos:

- a. El informe de mecánica de suelos al que hace referencia el Artículo 24 del presente Anexo.
- b. Información sobre criterios y variables ambientales y territoriales vigente publicada por el Ministerio de Energía, a que se refiere el artículo 87° de la Ley.
- c. Aspectos de factibilidad de acceso vial desde una ruta.
- d. El área libre alrededor de la subestación deberá considerar espacio para el acceso de vehículos y maquinaria.
- e. Factibilidad de acceso de las líneas de transmisión.
- f. Factibilidad de acceso de las líneas de distribución, en caso de tratarse de una subestación primaria de distribución.

Artículo 57 Subestaciones en zonas urbanas

Corresponden a las subestaciones que se encuentran ubicadas en área urbana, de acuerdo con la definición establecida en la Ordenanza General de la Ley General de Urbanismo y Construcciones.

Las subestaciones ubicadas en zonas urbanas deberán cumplir con las siguientes exigencias:

- a. Deberán instalarse en terrenos apropiados en relación con su finalidad, en consistencia con lo establecido en el plan regulador correspondiente y otros instrumentos que resulten aplicables.
- b. En zonas urbanas, la conexión de las instalaciones a la subestación deberá realizarse mediante cable subterráneo. Sin perjuicio de lo anterior, la acometida podrá ser aérea, según sean las condiciones de emplazamiento de la subestación, y siempre que se cumpla con las exigencias mínimas de distancia establecidas en la normativa vigente, en particular, lo relativo a las distancias mínimas de los conductores al suelo, lo que deberá revisar el Coordinador.
- c. Las subestaciones del tipo de aislación en aire deberán contar con protecciones contra descargas atmosféricas.

Artículo 58 Subestaciones en zonas rurales

Corresponden a las subestaciones que se encuentran ubicadas en áreas rurales, de acuerdo con la definición establecida en la Ordenanza General de la Ley General de Urbanismo y Construcciones.

Las subestaciones en zonas rurales deberán verificar, al menos, las siguientes exigencias:

- a. Deberán emplazarse en terrenos abiertos.
- b. Las subestaciones del tipo de aislación en aire deberán contar con protecciones contra descargas atmosféricas y con las señalizaciones para aeronavegación, según lo establezca la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC).

TÍTULO XI. EXIGENCIAS MÍNIMAS PARA GIS Y GIL

Artículo 59 General

El diseño, fabricación y pruebas de equipos GIS deberán cumplir con la norma IEEE Std C37-122 o IEC 62271-203 y con las exigencias sísmicas del TÍTULO V.

El diseño de las subestaciones y equipos GIS y del ducto GIL de las líneas de transmisión deberá realizarse considerando la posibilidad de efectuar ampliaciones con equipamiento de distintos fabricantes, de acuerdo con los estándares IEEE Std 1416, IEC 62271-203 o IEEE Std C37.122 vigentes. Para ello, el diseño de las instalaciones GIS y GIL deberá permitir ampliaciones de la subestación, sin que el diseño inicial de ésta condicione la elección de un proveedor.

Las subestaciones tipo GIS deberán ser diseñadas considerando interfaces a las que los módulos adaptadores se puedan conectar.

El último módulo de la subestación GIS deberá quedar disponible para posibles ampliaciones, por lo que no se podrán conectar equipos en dichos módulos. En particular, no se podrán conectar los transformadores de potencial de las barras en los referidos módulos.

Los propietarios de las instalaciones serán los responsables de habilitar el módulo de acoplamiento, y deberán proporcionar toda la información que sea necesaria para poder efectuar las conexiones entre instalaciones GIS de distintos proveedores. A estos efectos, los propietarios, al menos, deberán solicitar a los proveedores los antecedentes, ya sea plano constructivo y características técnicas del módulo o los módulos, que serán destinados a la función de interfaz.

Artículo 60 Interfaz GIS

Las interfaces deberán realizarse en barras y ductos, no en dispositivos de maniobras tales como interruptores y desconectores.

El diseño de la interfaz deberá permitir que se realicen pruebas a las nuevas instalaciones que se conectan a ésta, sin necesidad de someter a pruebas a las instalaciones GIS existentes.

TÍTULO XII. HVDC Y ESTACIONES CONVERTIDORAS

Artículo 61 General

Las exigencias mínimas de diseño del presente título se aplican a enlaces HVDC de conmutación natural y que transmitan en ambas direcciones.

En el caso de enlaces HVDC que transmitan en una dirección, las exigencias mínimas de diseño aplicables se determinarán de acuerdo con las particularidades del proyecto.

Artículo 62 Potencia transmitida en el enlace y nivel de cortocircuito

La potencia transmitida por los enlaces HVDC, basados en conmutación natural, deberá ser compatible en todo momento con los niveles de cortocircuito en el lado de corriente alterna en ambos extremos del enlace. Para esto, se deberá prever que la razón efectiva de cortocircuito trifásico en la subestación de conexión (RECC) sea superior a 2,5 para todas las condiciones de despacho efectivas, tomando en cuenta el efecto de aumento de la impedancia equivalente de cortocircuito por el desplazamiento de generación no económica en el sistema importador.

$$RECC \geq \frac{\text{Capacidad de Cortocircuito del Sistema AC[MVA]} - \text{Capacidad Reactiva Enlace HVDC[MVA]}}{\text{Potencia Transmitida[MW]}}$$

El cálculo de la capacidad de cortocircuito deberá considerar todos los equipos que se conecten en el lado de corriente alterna con motivo de la conexión del enlace HVDC, tales como filtros y equipos de compensación.

El Coordinado que explote las instalaciones del enlace HVDC podrá solicitar al Coordinador la autorización para reducir la exigencia de RECC hasta un mínimo de 2. Para ello, el Coordinado deberá presentar al Coordinador un informe en el cual justifique su petición, en el que se demuestre que las características del sistema de control del enlace HVDC cuentan con la tecnología y diseño para un eficiente control de fallas.

Artículo 63 Rango de control de potencia transmitida en el enlace HVDC

La potencia a ser transmitida por un enlace HVDC deberá poder ser controlada en el rango que va desde el 100% hasta el 10% de su capacidad nominal, de acuerdo con el rango de variación normal de tensiones en el lado de corriente alterna de ambos extremos.

Sin perjuicio de lo anterior, el Coordinado que explote las instalaciones deberá informar si la tecnología empleada le permite operar en forma estable con valores inferiores al 10% de la capacidad nominal del enlace.

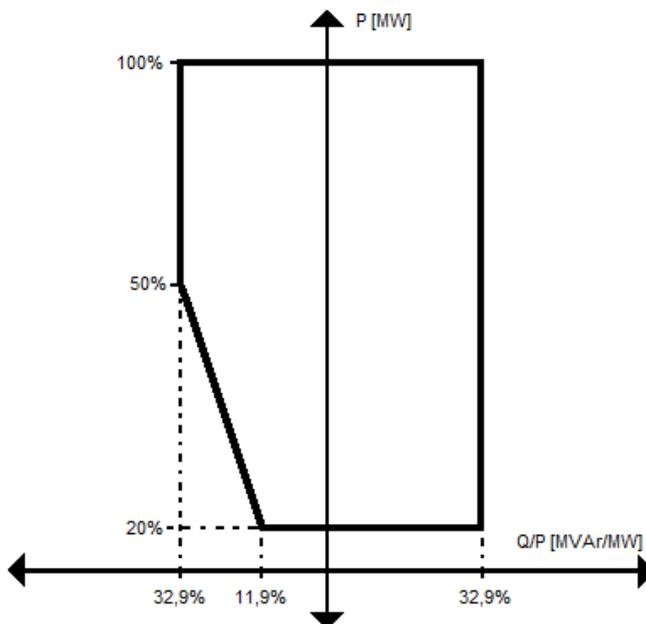
Artículo 64 Calidad de Producto

Las instalaciones del enlace HVDC deberán estar diseñadas para mantener la Calidad de Producto Eléctrico, en todas las condiciones de operación de dicho enlace, en relación con la generación de armónicas de corriente desde las estaciones convertidoras, según los estándares indicados en el TÍTULO 5-14 de la NT, lo que deberá ser demostrado mediante los estudios correspondientes.

El Coordinado que explote las instalaciones será responsable de instalar los filtros necesarios para dar cumplimiento a esta exigencia.

Artículo 65 Característica PQ

Las estaciones convertidoras deberán tener la capacidad de suministrar o absorber la potencia activa nominal en el Punto de Conexión al ST, en cualquiera de los extremos terminales, para cualquier punto entre los límites de factor de potencia $\pm 0,95$, respetando la característica PQ de la figura siguiente.



Por debajo de 20% Pnom, no será obligatorio que la estación convertidora inyecte o absorba potencia reactiva.

Si la estación convertidora no cumple con los requerimientos indicados en forma directa debido a limitaciones tecnológicas, el propietario de las instalaciones deberá instalar los equipos complementarios necesarios para que ésta supla sus necesidades propias de consumo y de manejo de reactivos.

Artículo 66 Modulación de potencia

El enlace HVDC deberá ser capaz de modular continuamente la potencia activa inyectada/retirada a/de la red de corriente alterna, en función de las necesidades del balance potencia/frecuencia en condiciones normales.

En ambas estaciones convertidoras (extremo receptor y transmisor), la potencia activa inyectada/retirada a/de la red de corriente alterna deberá mantener la potencia programada, comprendida entre la nominal y el mínimo establecido en el Artículo 63, dentro del rango de frecuencias de 49 a 51 [Hz].

Para frecuencias inferiores a 49,0 [Hz], la potencia podrá tener una reducción de 2,5 %/[Hz].

El propietario de las instalaciones deberá informar al Coordinador las capacidades garantizadas por el fabricante, según la tecnología de la instalación.

Artículo 67 Transitorios electromecánicos

En sistemas de más de un polo, el interesado deberá presentar al Coordinador los estudios de transitorios electromecánicos de sistemas de potencia para determinar los efectos de la desconexión intempestiva de uno de los polos, tomando en cuenta la capacidad de sobrecarga transitoria de los polos restantes y la capacidad de las líneas que se encuentran en paralelo al sistema HVDC.

Si, como resultado de los estudios, el Coordinador concluye que es necesario aumentar el requerimiento de reservas para Control de Frecuencia, evaluado en los términos indicados en la NT SSCC, éste podrá limitar la transmisión máxima a través del enlace.

Artículo 68 Estudios para enlaces HVDC

Sin perjuicio de otros estudios que se deban efectuar, de acuerdo con las exigencias del presente Anexo Técnico, los Coordinados que exploten las nuevas instalaciones de enlaces HVDC deberán realizar los siguientes estudios:

- a. Estudio de régimen permanente que demuestre un comportamiento satisfactorio del sistema de corriente continua y alterna para diferentes condiciones de operación de dichos sistemas, incluyendo condiciones extremas de hidrología, demanda, disponibilidad de unidades generadoras y despacho, según disponibilidad de combustibles.
- b. Estudio de comportamiento dinámico del enlace HVDC frente a las Contingencias Simples y Extremas definidas en el Artículo 5-32 de la NT, que puedan ocurrir en los SI de ambos extremos.
- c. Estudio de sobretensiones de frecuencia fundamental, indicando los elementos de control que se utilizan.
- d. Estudio de potencia reactiva que demuestre la eficacia de los equipos de compensación de potencia reactiva.
- e. Estudio de contaminación armónica que demuestre la eficacia de los filtros.
- f. Estudio de coordinación de protecciones con los sistemas de corriente alterna.
- g. Estudios de interacción torsional sub-sincrónica destinados a identificar y prevenir la ocurrencia de ese fenómeno con turbogeneradores instalados en ambos extremos del enlace HVDC. Los estudios se adecuarán a lo establecido en la Recomendación IEC 60919-3.
- h. Estudios de verificación de la correcta interacción entre los sistemas de corriente continua y alterna en operación normal y ante contingencias, a fin de determinar la existencia de riesgos de inestabilidad angular ante el bloqueo del enlace HVDC y de presencia de modos de oscilación de baja frecuencia y baja amortiguación.
- i. Estudios de transitorios electromagnéticos que demuestren la operación del sistema de control del enlace HVDC ante diversas contingencias.

Estos estudios deberán ser presentados al Coordinador en los plazos que establezca el Anexo Técnico "Requisitos Técnicos Mínimos de Instalaciones que se Interconectan al SI", los cuales deberán ser acompañados por un modelo del SEN para estudios de transitorios electromecánicos (RMS) y transitorios electromagnéticos (ETMT) que representen correctamente la respuesta transitoria y dinámica, modelando detalladamente los sistemas de control y los sistemas de protecciones. Se deberá verificar, mediante ensayos, la correcta representación de los modelos, así como el cumplimiento de las exigencias normativas, en caso de que corresponda. El Coordinador podrá extender los plazos señalados en el referido anexo en caso de que la nueva instalación posea enlaces HVDC cuya potencia máxima, al momento de su entrada en operación, sea superior a la unidad de generación de mayor tamaño del SI.

Artículo 69 Operación de enlace HVDC ante falla

El enlace HVDC deberá mantenerse conectado cuando, a consecuencia de una falla, se produzca una caída de tensión, y deberá continuar funcionando de manera estable luego de que se haya despejado la falla en los tiempos establecidos en la NT.

TÍTULO XIII. NIVELES DE CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO

Artículo 70 General

Todo el equipamiento e instalaciones que conforman la subestación deberán diseñarse para soportar, al menos, los siguientes niveles de corriente de cortocircuito:

Tabla 3. Niveles mínimos de corriente de cortocircuito

Tensión [kV]:	66	110	154	220	345	500
Corriente [kA]	40	40	40	50	50	50

Además, las instalaciones del ST deberán soportar, al menos, el máximo nivel de corriente de cortocircuito existente en los puntos de conexión al SEN. Las condiciones y la forma en que se calcule el máximo nivel de corriente de cortocircuito se establecen en el Anexo Técnico "Cálculo del Nivel Máximo de Cortocircuito" de la NT.

Con todo, la Comisión, en el proceso de planificación respectivo, podrá establecer para dicha obra niveles de cortocircuito de diseño superiores a los señalados en el presente artículo.

TÍTULO XIV. LÍNEAS DE TRANSMISIÓN AÉREAS

Artículo 71 General

Las líneas de transmisión aéreas deberán cumplir con las siguientes exigencias mínimas:

- a. Para el diseño de una línea de transmisión aérea, y con el objeto preservar la integridad de ésta, se deberán considerar, al menos, las condiciones climáticas de la zona donde se emplazará la instalación, en cuanto a temperatura, viento máximo, viento con hielo, nivel cerámico, hielo máximo, condiciones geográficas y meteorológicas.
- b. Los aspectos mínimos de diseño que se deberán evaluar son los siguientes:
 - i. Trazado
 - ii. Accesos
 - iii. Nivel de aislación
 - iv. Capacidad de transmisión
 - v. Regulación de tensión
 - vi. Desbalance de tensión entre las fases para la transmisión máxima
- c. Todas las líneas pertenecientes al STN deberán ser diseñadas, al menos, de doble circuito, con uno de ellos tendido. Para estos efectos, los interruptores para todos los circuitos de la nueva línea deberán estar ubicados en posiciones de paño adyacentes, y deberán conectarse como a continuación se indica:
 - i. A secciones de barra diferentes en el caso de subestaciones con esquema Barra Simple Seccionada; Barra Principal Seccionada y Barra de Transferencia; Doble Barra y Barra de Transferencia; y Doble Barra Simple Interruptor.
 - ii. A diagonales distintas en caso de un esquema Interruptor y Medio.
 - iii. A las dos barras en el caso de un esquema Doble Barra con Doble Interruptor.

Además, su diseño deberá ser consistente con lo exigido en el Artículo 50 y en el Artículo 51 de este Anexo Técnico.
- d. Todas las líneas de alta tensión sobre los 100 [kV] deberán contar con cable de guardia. En líneas de alta tensión superiores a 200 [kV], al menos, uno de ellos deberá contar con capacidad de comunicación. Este cable deberá ser del tipo OPGW o de otra tecnología que otorgue la misma funcionalidad y confiabilidad. La cantidad de hilos que posea dicho cable deberá ser tal que cumpla los requisitos del presente Anexo Técnico, pudiendo requerirse holguras adicionales para posibilitar el acceso abierto a otras instalaciones de transmisión.
- e. El diseño de líneas de alta tensión que se encuentren emplazadas en zonas de alto nivel cerámico deberá considerar la reducción de la probabilidad de desconexión forzada de la línea debido a descargas atmosféricas.
- f. Los aisladores que se utilicen en las líneas de transmisión aéreas deberán ser diseñados de manera tal de dar cumplimiento a las exigencias sísmicas que se encuentran en la normativa vigente. Asimismo, el material de estos aisladores deberá ser adecuado a las condiciones climáticas del lugar donde se emplazan.

Artículo 72 Interruptores de línea

Las líneas de transmisión del ST de tensión nominal mayor a 200 [kV], sean ellas pertenecientes al STN, STZ, STD o STPD, deberán poseer interruptores con doble bobina de desenganche, que sean capaces de comandar la apertura independiente de cada polo ante fallas monofásicas y efectuar su posterior reconexión automática.

Artículo 73 Trazado

Para la definición del trazado de la línea, se deberán considerar, al menos, los siguientes aspectos:

- a. Riesgos geológicos del lugar de emplazamiento, tales como derrumbes, deslizamientos de laderas, fallas geológicas, avalanchas, rodados, avenidas de agua u otros, los que deberán estar identificados en el Informe de Mecánica de Suelos al que hace referencia el Artículo 24 del presente Anexo, el que deberá considerar también recomendaciones de obras de mitigación y/o medidas precautorias, si corresponde.
- b. Las restricciones ambientales, arqueológicas y cualquier otra que definan los organismos competentes.
- c. Las exigencias y restricciones de constructibilidad de la línea.
- d. Los requerimientos de mantenimiento y operación de la línea.
- e. Otros factores locales en consideración a las zonas que abarca el trazado.

El diseño del trazado deberá considerar las franjas de seguridad exigidas en la normativa vigente y los accesos a la línea, a efectos de que se pueda cumplir con los requerimientos de mantenimiento, reparación o reemplazo de partes o piezas y de la maquinaria asociada a cada una de ellas.

En caso de que deba realizarse un Estudio de Franja respecto de líneas contenidas en planes de expansión de la transmisión, de acuerdo con lo establecido en los artículos 93° y siguientes de la Ley General de Servicios Eléctricos, se aplicará la reglamentación relativa a dicho proceso.

Artículo 74 Desbalance de tensión entre las fases

El diseño de las líneas de transmisión deberá garantizar que, al transmitir la potencia correspondiente a su límite térmico a 25°C ambiente con sol, en Estado Normal, el desbalance de tensiones en su extremo receptor deberá ser:

- a. Inferior al 1,0% en líneas de tensión igual o superior a 200 [kV];
- b. Inferior al 1,5% en líneas de tensión inferior a 200 [kV].

Para dar cumplimiento a lo anterior, en caso de ser necesario se deberán incluir los ciclos de transposiciones que correspondan.

El Coordinado que explote la instalación deberá presentar al Coordinador un estudio del impacto de dicha instalación, en el cual se deberá demostrar el cumplimiento de los límites establecidos anteriormente mediante una simulación, que considere en el extremo transmisor una fuente ideal balanceada sólidamente puesta a tierra, y en el extremo receptor una carga ideal balanceada con factor de potencia 0,98 inductivo, también puesta a tierra. En conformidad con la norma

IEEE 1159, el índice de desbalance se deberá medir como la máxima desviación, en módulo, de las tensiones entre fases respecto del promedio de ellas, dividida por dicho promedio, donde los subíndices i y j corresponden a las fases A, B y C, de acuerdo a lo siguiente:

$$u = 100 \times \text{máx} \left[\frac{U_{ij} - U_{prom}}{U_{prom}} \right]$$

Asimismo, en el caso de un proyecto de seccionamiento de una línea existente mediante una subestación para efectuar inyecciones o retiros, así como mediante la conexión de una inyección o retiro en derivación, en los estudios técnicos realizados por el Coordinado que solicita la conexión, se deberá verificar que el impacto del nuevo proyecto mantiene el cumplimiento de los límites de desbalance establecidos en el presente artículo. En caso contrario, corresponderá adaptar los ciclos de transposición de la línea a las nuevas condiciones.

Artículo 75 Conductores de fase

El diseño de los conductores por fase deberá cumplir con, al menos, las siguientes exigencias:

- a. La elección del material de los conductores de fase deberá ser la adecuada para las condiciones meteorológicas y ambientales del lugar de emplazamiento de la línea, el propósito funcional requerido, y deberán soportar adecuadamente todos los esfuerzos a los que se verán sometidos los conductores.
- b. La temperatura máxima de operación de los conductores de fase no deberá superar los 80°C en conductores de aluminio o aleaciones de aluminio, y 90°C en conductores de cobre. En caso de requerirse conductores especiales resistentes a altas temperaturas, los límites de temperatura máxima deberán definirse de acuerdo a las características del proyecto. Además, se deberá informar al Coordinador la temperatura de emergencia y de cortocircuito de los conductores, de acuerdo con lo indicado por el fabricante.
- c. La tensión mecánica máxima en el conductor no debe ser superior al 50% de la tensión de ruptura, cuando dicha tensión esté definida por estados de carga que no tengan hielo. Para estados de carga que consideren la presencia de manguito de hielo en el conductor, la tensión mecánica máxima podrá ser hasta 70% de la tensión de ruptura del conductor.
- d. Las pérdidas Joule serán calculadas para la capacidad de transmisión de la línea, considerando un factor de potencia unitario y la resistencia eléctrica de los cables calculada a temperatura máxima de diseño.
- e. Deberá verificarse que el valor máximo de gradiente superficial de los conductores no supere los siguientes valores de gradientes críticos:
 - i. 16 kVrms/cm, en zonas con altitudes hasta 1.000 msnm.
 - ii. 18,5 kVrms/cm, en zonas con altitud mayor a 1.000 msnm. Este valor se encuentra referido al nivel del mar, por lo que deberá corregirse por altitud.

Artículo 76 Nivel de aislación

El nivel de aislación con el cual se diseñe la línea deberá ser consistente con las máximas tensiones de operación de ésta, las sobretensiones transitorias ocurridas durante fallas, las sobretensiones de maniobra y las sobretensiones causadas por descargas atmosféricas. El

material de la aislación deberá ser capaz de soportar las condiciones medioambientales y de contaminación de la zona donde se emplace la línea, particularmente, la corrosión, el efecto de químicos agresivos, abrasión, entre otras.

Para la determinación de la corriente de descarga se debe establecer la corriente a partir de una probabilidad de falla, la que dependerá del nivel cerámico, de la densidad de descarga y de la tasa de fallas admisible para la línea, conforme sea definido en la normativa vigente.

Artículo 77 Tipo de aislación

Se podrá ocupar cualquier tipo de aislación en la línea de transmisión, siempre y cuando cumpla con los esfuerzos mecánicos, la distancia de fuga y soporte las tensiones aplicadas, tanto permanentes como transitorias, y de impulso a la altitud de instalación. Se deberá considerar también la vida útil y las necesidades de mantención y lavado de la aislación, en particular, en las zonas costeras y desérticas.

El tipo de aislación que se utilice deberá estar respaldado mediante una memoria de cálculo que considere los siguientes efectos:

- a. Sobretensiones transitorias y de maniobra.
- b. Sobretensiones por descargas atmosféricas, tanto en el cable de guardia como en el conductor.
- c. Altura de la instalación.
- d. Contaminación salina y por polvo.
- e. Radiación solar.
- f. Geometría de la torre.
- g. Resistencia de pie de torre.
- h. Esfuerzos mecánicos normales y en caso de cortadura de conductor.

La resistencia mecánica que debe tener el conjunto de anclaje corresponderá, al menos, al 90% de la tensión de ruptura del conductor, o bien deberá ser igual al triple de la tensión máxima que resulte del tensado del conductor ante diversas condiciones de temperatura, viento y hielo que correspondan.

El tipo de grampa, tanto de tensión como de suspensión, y la armadura preformada, se deberán determinar considerando las condiciones mecánicas en que operará la línea.

Artículo 78 Distancias eléctricas

El diseño de las líneas deberá dar cumplimiento a las exigencias de distancia entre conductores establecidas en la normativa vigente.

La memoria de cálculo deberá establecer las condiciones de simultaneidad consideradas entre los diversos tipos de sobretensiones y presiones de viento, lo que incidirá en la distancia entre el conductor desviado y la estructura. Al menos, se deberá analizar la condición de simultaneidad de la sobretensión por descarga atmosférica con un viento reducido.

La altura del conductor sobre el piso deberá cumplir las exigencias de altura de la normativa vigente y las condiciones locales que correspondan.

Artículo 79 Galloping y Sleet Jump

El diseño de las líneas deberá prevenir los efectos debido a galloping y a sleet jump.

En las zonas con presencia de hielo, para prevenir el galloping ante una eventual oscilación vertical del conductor, se deberán aplicar los criterios señalados en la siguiente literatura:

- a. REA Bulletin 1724E-200 (REA, 1992)
- b. Cigre Task Force B2.11.06, June 2007

Artículo 80 Solicitaciones estructurales

Se deberá dar cumplimiento a las exigencias de sollicitaciones estructurales de la normativa vigente, por lo que se deberán calcular los esfuerzos y cargas para todas las situaciones que se puedan presentar durante la operación de la línea.

Para determinar estas cargas, se deberá calcular la tensión en el conductor para diversas condiciones de temperatura, viento y hielo, si corresponde, para el o los vanos más desfavorables, entre otros.

Artículo 81 Puestas a tierra

La resistencia al pie de la torre deberá ser tal, que permita un correcto funcionamiento de las instalaciones eléctricas y cautelar la seguridad de las personas, para lo cual se deberá considerar, como mínimo, lo siguiente:

- a. El correcto funcionamiento de las protecciones residuales de la línea.
- b. El cumplimiento de voltajes de seguridad de paso.
- c. El cumplimiento de voltajes de seguridad de contacto.
- d. El efecto de las descargas atmosféricas, tanto en el cable de guardia como en el conductor.
- e. La resistencia considerada para la línea deberá ser utilizada para todos los estudios sistémicos de la instalación e informada al Coordinador.

Artículo 82 Distancias en cruces y paralelismos

Las exigencias aplicables a cruces y paralelismos de líneas eléctricas entre sí y de líneas eléctricas con otras estructuras, tales como vías férreas y ductos, y con otros bienes, tales como calles, caminos, entre otros, serán las contenidas en la normativa correspondiente en que se regulen estas materias.

Artículo 83 Acometidas de líneas

Para el diseño de las acometidas de líneas se deberán considerar, al menos, las siguientes condiciones:

- a. Las líneas de transmisión deberán acceder a la subestación de forma perpendicular a la orientación de la barra correspondiente o, alternativamente, en un ángulo que no afecte el debido acceso a futuras ampliaciones de la subestación, de acuerdo con la normativa correspondiente.
- b. Las acometidas ubicadas en los extremos de la subestación deberán tener una longitud tal que no obstaculicen la llegada de otras líneas.
- c. La distancia entre la estructura de remate de la línea y el marco de línea de la subestación a la cual se conecta debe permitir abatir los conductores hacia el marco, respetando las distancias de seguridad aplicables a ambas estructuras y al vano, y respetando las cargas de diseño del marco y de la torre.

Artículo 84 Conexiones en derivación a líneas de los STD

El diseño de las conexiones en derivación a una línea de los STD, para una nueva instalación de inyección o retiro, deberá dar cumplimiento a los siguientes requisitos:

- a. La conexión de una instalación de inyección o retiro en derivación a una línea de simple circuito o desde uno de los circuitos de una línea de dos o más circuitos del STD, mediante un arranque de simple circuito de línea o transformación, deberá contar con un paño de interruptor cuya ubicación física debe ser contigua a la franja de seguridad de la línea, de modo que asegure el despeje selectivo de las fallas que ocurran en las nuevas instalaciones. Para lo anterior, se deberán adecuar los sistemas de protección del circuito al cual se efectúa la conexión, a un esquema de teleprotección de tres terminales, que permitan mantener el tiempo de despeje de fallas en el circuito al cual se conecta el arranque dentro de los tiempos máximos permitidos por el Artículo 5-40 de la NT, y la normal operación de los esquemas de desenganche y reconexión monopolar.

En caso de que la instalación contribuya con corrientes de cortocircuito a las fallas en el circuito al cual se conecta, su respectivo paño deberá contar con un sistema de protecciones que cuente con un esquema de protección de falla de interruptor, que garantice el despeje de la contribución en caso de falla del interruptor en derivación, enviando señal de desenganche a los interruptores adyacentes.

No obstante lo anterior, a solicitud del Coordinador, y previa entrega del correspondiente estudio de verificación de coordinación de ajustes de protecciones y estabilidad transitoria, que demuestre que no se pone en riesgo la seguridad y calidad de servicio del SI, el Coordinador podría excepcionalmente aceptar tiempos de operación mayores al indicado.

- b. Se podrá efectuar solo una conexión en derivación por circuito de línea de tensión superior a 200 [kV].

En caso de solicitarse una segunda conexión en derivación al mismo circuito, ello exigirá desarrollar una subestación seccionadora de ese circuito con, al menos, tres paños de interruptor con sus respectivos Sistemas de Protección.

- c. En caso de que el Coordinado que explote una instalación de inyección o retiro solicite una conexión que implique intervenir más de un circuito, en un punto intermedio de una línea de dos o más circuitos que forma parte del STD, corresponderá construir una subestación seccionadora de, al menos, dos circuitos de la línea en cuestión, que cumpla con los estándares mencionados en este Anexo Técnico.
- d. Si de los estudios técnicos realizados por el Coordinado que solicita la conexión para evaluar el impacto de la conexión en derivación, el Coordinador concluye que el sistema resulta inestable, o si no fuera posible lograr una adecuada coordinación y selectividad entre las protecciones de la línea y las del interruptor en derivación, respetando los tiempos máximos de despeje de fallas establecidos en el Artículo 5-40 de la NT, o si, en general, se identificara un deterioro en la calidad y seguridad de servicio, corresponderá el desarrollo de una subestación seccionadora de ese o más circuitos de la línea, según sea necesario, la que deberá cumplir con lo establecido en el literal b precedente.
- e. Estas conexiones en derivación deberán cumplir, al menos, con las exigencias del presente Anexo, y no podrán degradar el estándar de las instalaciones a las cuales se conectan, ni la seguridad ni calidad de servicio del SEN.

TÍTULO XV. SISTEMAS DE CONTROL Y PROTECCIONES

Artículo 85 Elementos de control y protecciones

Las instalaciones del ST deberán contar con los siguientes elementos de control y protecciones, sin perjuicio de las excepciones que se detallan en los artículos siguientes del presente título:

- a. Barra
 - i. protecciones diferenciales de barra por sección o barra
- b. Paño de línea
 - i. controlador de paño
 - ii. relé de distancia o diferencial de línea
 - iii. relé de falla de interruptor
- c. Paño de transformador o autotransformador
 - i. controlador de paño
 - ii. relé diferencial de transformador
 - iii. relé de sobrecorriente
 - iv. relé de falla de interruptor
- d. Paño de reactor y condensador shunt
 - i. controlador de paño
 - ii. relé diferencial de transformador
 - iii. relé de sobrecorriente
 - iv. relé de falla de interruptor

Artículo 86 Sistemas de Protecciones Eléctricas

Las instalaciones del Sistema de Transmisión deberán estar equipadas con Sistemas de Protecciones Eléctricas que sean capaces de desconectarlas del SI en forma rápida, oportuna y selectiva, respetando los tiempos máximos de despeje establecidos en el Artículo 5-40 de la NT, ante la ocurrencia de cortocircuitos entre fases y a tierra. Además, dichos sistemas deberán estar respaldados frente al evento que, ante la ocurrencia de una falla en la instalación protegida, el sistema de protección no cumpla su función.

Los esquemas de protección indicados en el presente artículo deberán permitir:

- a. En el ST con tensión igual o superior a 200 [kV], el acceso local y remoto desde la sala de control de la instalación, Centro de Control de la instalación y Centro de Despacho y Control del Coordinador, a sus parámetros, ajustes, registros oscilográficos de fallas y registros de eventos. El acceso desde el Coordinador deberá ser configurado para permitir la lectura remota de los datos requeridos.

- b. En el ST con tensión superior a 100 [kV] y menor a 200 [kV], el acceso local y remoto desde la sala de control de la instalación, a sus parámetros, ajustes, registros oscilográficos de fallas y registros de eventos.
- c. En el ST con tensión inferior a 100 [kV], al menos, el acceso local a la información indicada en los literales anteriores.

La información de registros oscilográficos y de eventos de protecciones deberá contar con una estampa de tiempo, la que deberá estar sincronizada mediante GPS.

Artículo 87 Sistemas de Protecciones en subestaciones digitales

El diseño de las subestaciones digitales deberá ser realizado en conformidad al estándar IEC 61850. En particular, se deberán considerar los siguientes aspectos:

- a. Los equipamientos primarios deberán utilizar una unidad de concentración o Merging Unit (MU) para la conversión análogo-digital, y la concentración de las señales. Esta MU deberá estar ubicada en el patio de alta tensión, de manera tal de minimizar la longitud del tendido de conductores eléctricos entre los equipos primarios y la MU.
- b. La MU deberá transmitir la información hacia los IED's, de acuerdo al protocolo del estándar IEC 61850-9-2 e IEC61850-8-1, a través de un bus de procesos. El soporte para el bus de procesos deberá estar contenido dentro de una red de comunicaciones Ethernet de alta disponibilidad, de acuerdo con la norma IEC 62439.
- c. En el caso de los TTCC convencionales, cada núcleo secundario deberá conectarse a una MU exclusivamente destinada a este fin. En cuanto a los TTPP, se permitirá conectar los núcleos secundarios compartiendo la MU del paño que corresponda.
- d. En el caso de utilizar los NCIT, éstos se podrán conectar directamente en los IED's, sin necesidad de conectarse previamente a la MU, siempre y cuando estos cuenten con una salida de datos para un bus de procesos, de acuerdo con los estándares IEC 61850-9-2 y/o IEC 61850-8-1.

Los sistemas de protecciones deberán verificar las exigencias de redundancia establecidas en el Artículo 113 del presente Anexo.

El Coordinador podrá autorizar que las funciones de bloqueo se realicen mediante lógicas de control en vez de la utilización de relés auxiliares de disparo y bloqueo (86), siempre y cuando esto no signifique una degradación en los sistemas de protección.

El diseño de las subestaciones digitales deberá realizarse considerando la posibilidad de utilizar equipamiento de distintos fabricantes, de acuerdo al estándar IEC 61850 vigente y sus requisitos de interoperabilidad. Para ello, la subestación digital deberá ser diseñada de manera que el diseño inicial de ésta no condicione la elección de un proveedor.

El Coordinador deberá velar por la interoperabilidad y la estandarización de formatos para el envío de datos, cuando corresponda.

Artículo 88 Requerimientos para la selección de la protección de distancia

La selección de un esquema de protección de distancia se realizará considerando lo siguiente:

- a. La habilitación o utilización de zonas de impedancia con tiempo instantáneo se definirá en conformidad con la evaluación de la capacidad de medición de la protección para un determinado SIR, cuyo procedimiento se encuentra establecido en el estándar IEEE C37.113. En aquellos casos donde los valores de SIR sean mayores a 4, será necesaria la implementación de un esquema de protección diferencial de línea.

Cuando el SIR sea menor o igual a 4, pero la longitud de la línea en cuestión sea inferior a 50 km e inferior al 20% de la línea más corta sin protección diferencial conectada a las subestaciones de sus extremos, deberá implementarse un esquema de protección diferencial.

- b. En caso de que un extremo de la línea se comporte como una fuente débil, el esquema de protección a implementar deberá ser capaz de mantener los tiempos de despeje de falla máximos de la línea protegida, de acuerdo con los estándares exigidos en la NT.
- c. En líneas con compensación serie y sistemas de protección de línea adyacentes a ella, se deberá verificar:
 - i. La capacidad de asegurar la direccionalidad y correcta operación ante inversiones de tensión o de corriente, y de compensar los efectos sobre la medición de impedancia, de manera tal que su operación continúe siendo selectiva.
 - ii. Que la tensión memorizada sea mayor a la caída de tensión en el condensador durante la falla. En caso contrario, la selectividad deberá ser asegurada mediante la implementación de otro principio de detección inmune al fenómeno de caída de tensión señalado.
- d. En circuitos paralelos que puedan verse afectados por el acoplamiento mutuo sobre la medición de impedancia, así como por los efectos de la inversión de flujo transitorio sobre los esquemas de teleprotección, el sistema de protección deberá asegurar su selectividad mediante la implementación de lógicas y/o algoritmos afines.
- e. Ante fallas que no puedan ser medidas por las funciones de impedancia, será necesario implementar funciones de protección adicionales que permitan cumplir con el tiempo máximo de despeje de falla exigido por la NT.
- f. Deberá evitarse la operación del sistema de protección durante una oscilación de potencia y máximos flujos esperados en el Sistema de Transmisión. Sin perjuicio de lo anterior, el Coordinador podrá requerir esquemas de desconexión ante oscilación de potencia, en caso de que estudios específicos muestren su necesidad.
- g. Ante la pérdida de la señal de tensión suministrada por los transformadores de potencial, se deberá incluir un bloqueo a las funciones de protección que dependan de esta medida, y deberán habilitarse funciones de protección de emergencia con características de operación no direccional para fallas entre fases y residuales. Esta condición deberá ser alertada al sistema de control de la subestación para ser subsanada en el corto plazo.

Artículo 89 Requerimientos para el desempeño del esquema de protección diferencial de línea

En líneas que cuenten con un esquema de protección diferencial, se deberán supervisar los canales de comunicación para que, en el caso de pérdida de comunicación, se bloquee su operación. Esta condición deberá ser alertada al sistema de control de la subestación para ser subsanada.

Los esquemas de protección diferencial deberán ser complementados con funciones de protección con otro principio de operación, de manera que, ante la pérdida del canal de comunicación y en caso de un evento de falla en la línea, operen para protegerla. Asimismo, dichas funciones de protección deberán cumplir con los requerimientos de respaldo ante fallas en instalaciones adyacentes.

Artículo 90 Sistemas de Protección con esquema de teleprotecciones

El Coordinado deberá diseñar el esquema de teleprotección, de modo de garantizar una disponibilidad de, al menos, 99,95%, e incorporar al Sistema de Monitoreo la información que permita al Coordinador verificar esta disponibilidad.

El estudio de verificación de coordinación de ajustes de protecciones que debe presentar el Coordinado a la aprobación del Coordinador deberá demostrar que, si la falla ocurre estando el esquema de teleprotección fuera de servicio, su despeje sigue siendo selectivo, y que el sistema es transitoriamente estable, sin aplicar desconexión de consumos adicionales a los determinados de acuerdo a la aplicación del Criterio N-1, suponiendo una condición normal de operación de las restantes componentes del sistema de protecciones. Si ello no es posible, se exigirá la duplicación del esquema de teleprotección mediante vías de comunicación independientes, incluyendo los circuitos de control asociados a fines de teleprotección.

Artículo 91 Sistemas de Protecciones en líneas del Sistema de Transmisión mayor o igual a 200 [kV]

Cada circuito deberá contar con un doble esquema de protecciones con funciones de teleprotección redundante, independiente y destinado para cada instalación, cada uno alimentado desde núcleos diferentes de los transformadores de corriente y alambrados independientes desde los transformadores de tensión, con interruptores con doble bobina de desenganche. Además, cada interruptor de línea deberá contar con un esquema de protección contra falla de interruptor, el cual deberá aislar la sección de barra a la que se conecta el circuito, y enviar orden de desenganche directo vía teleprotección al extremo remoto del circuito.

En caso de que el transformador de corriente se ubique hacia al lado de la instalación, es decir, cuando el interruptor se encuentre entre la barra y el TC, el tramo entre el TC y el interruptor deberá ser protegido por las protecciones diferenciales de barra y las protecciones de respaldo local.

Las protecciones deberán proporcionar respaldo remoto con el mayor alcance posible resguardando la operación oportuna y selectiva de los sistemas de protecciones ante fallas, tanto en la subestación del extremo remoto a la cual se conecta el circuito como en los circuitos conectados a dicha subestación del extremo remoto.

En los casos en que existan aportes al cortocircuito por ambos extremos de la línea, se deberá efectuar el cierre del interruptor solamente cuando se tengan las condiciones idóneas para el cierre, lo que se podrá llevar a cabo mediante una unidad interna de chequeo de sincronismo o mediante un equipo externo de sincronización.

Artículo 92 Sistemas de Protecciones en líneas del Sistema de Transmisión bajo 200 [kV]

Cada circuito deberá contar, al menos, con un simple esquema de protecciones y no serán exigibles esquemas de teleprotecciones, siempre que se cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:

- a. Las protecciones de los tramos de línea y transformación adyacentes que contribuyen a la falla deberán poseer ajustes que permitan garantizar, al menos secuencialmente, el despeje de la falla en respaldo remoto.
- b. Esta operación en respaldo no deberá implicar la desconexión de más de tres tramos de línea o de transformación inmediatamente adyacentes que contribuyan a la falla.
- c. Esta operación en respaldo no deberá implicar un tiempo total de despeje de la falla en respaldo que exceda en más de 30 ciclos (600 [ms]) los tiempos máximos indicados en el Artículo 5-40 de la NT.

No obstante lo anterior, a solicitud del Coordinador y previa entrega del correspondiente estudio de verificación de coordinación de ajustes de protecciones y estabilidad transitoria, el Coordinador podrá aceptar tiempos de operación en respaldo mayores al indicado, si lo estima debidamente justificado.

Las líneas que requieran esquema de protección diferencial, de acuerdo con lo establecido en el Artículo 89 del presente Anexo, deberán contar con esquemas de teleprotección.

Artículo 93 Exigencias Particulares para Sistemas de Protecciones en líneas del Sistema de Transmisión bajo 200 [kV]

En caso de no verificarse las condiciones establecidas en el primer y segundo inciso del Artículo 92 de este Anexo, el circuito deberá contar con un doble esquema de protecciones y con un esquema de protección contra falla de interruptor para garantizar el respaldo local.

En dicho caso, las líneas entre 100 y 200 [kV] deberán contar con alimentación de cada esquema desde núcleos diferentes de los transformadores de corriente y con alambrados independientes desde los transformadores de potencial.

Las líneas entre 150 y 200 [kV] deberán contar con un esquema de protección contra falla de interruptor.

En líneas cuya tensión sea entre 100 y 200 [kV], a solicitud del Coordinador, y con el objeto de no limitar las transmisiones, el esquema de protección deberá ser complementado con esquema de teleprotección, si con ello se evita la pérdida de sincronismo de unidades generadoras ante la ocurrencia de un cortocircuito en la mencionada línea.

Artículo 94 Sistemas de Protecciones en barras del Sistema de Transmisión mayor o igual a 200 [kV]

Cada conjunto de barras deberá contar con dos esquemas de protecciones diferenciales de barras, interruptores con doble bobina de desenganche y alimentación de cada esquema desde núcleos diferentes de los transformadores de corriente.

Artículo 95 Sistemas de Protecciones en barras del Sistema de Transmisión bajo 200 [kV]

En el caso del STN, STZ y STPD, cada barra deberá contar con un simple esquema de protecciones diferenciales por cada sección de barra. Igualmente, cada barra deberá contar con un simple esquema de protecciones diferenciales, aun cuando la barra no esté seccionada.

En el caso del STD, cada barra deberá contar con un simple esquema de protecciones diferenciales por cada sección de barra. Si la barra no está seccionada, no será exigible un esquema de protección diferencial de barras, siempre que la falla en barra pueda ser despejada en un tiempo inferior a 20 ciclos (400 [ms]) por la operación de las protecciones de las instalaciones conectadas a la barra y que contribuyen a la falla.

Artículo 96 Sistemas de Protecciones Diferenciales en barras del Sistema de Transmisión y Orden de Desenganche Directo

La protección diferencial de cada sección de barra deberá emitir una orden de desenganche directo, vía enlace de comunicaciones a los interruptores remotos, solo a aquellas instalaciones a través de las cuales se siga alimentando la falla.

Lo anterior no será aplicable a las instalaciones que se puedan conectar a otra barra, en caso de que la configuración de barras que posea la subestación así lo permita, y en los casos en que existan conexiones en derivación de la línea y esta pueda continuar conectada al terminal no fallado.

Artículo 97 Sistema de Protecciones en transformadores de poder con tensión mayor o igual a 300 [kV] en el enrollado de mayor tensión

Los transformadores de poder cuyo enrollado de mayor tensión sea mayor o igual a 300 [kV], deberán contar con un doble esquema de protecciones diferenciales cuya alimentación a cada esquema sea desde núcleos diferentes de los transformadores de corriente de cada enrollado, y que contenga funciones de protección con otra característica de operación que sean capaces de dar respaldo remoto. Además, deberán contar con interruptores de poder con doble bobina de desenganche, y esquema de protección contra falla de interruptor para todos sus interruptores.

Para efectos de este artículo y del Artículo 98 y Artículo 99, se entenderá por “otra característica de operación” cualquier función de protección, tal como sobrecorriente, sobreexcitación, distancia apuntando al interior del transformador, sobrecorriente de neutro, desbalance de fase u otra, de preferencia en unidades separadas de la protección diferencial, que detecten efectivamente fallas al interior del transformador.

Artículo 98 Sistemas de Protecciones en transformadores de poder con tensión inferior a 300 [kV] y mayor o igual a 100 [kV] en el enrollado de mayor tensión

Los transformadores cuyo enrollado de mayor tensión sea inferior a 300 [kV] y mayor o igual a 100 [kV], deberán contar con un simple esquema de protección diferencial y otro esquema de protección adicional, el cual podrá tener otra característica de operación, siempre y cuando actúe de manera selectiva, verificando los tiempos de desconexión establecidos en el artículo 5-40 de la NT. Si ello no es posible, se exigirá la duplicación del esquema diferencial de transformador. Además, deberán contar con interruptores de poder con doble bobina de desenganche y esquema de protección contra falla de interruptor para todos sus interruptores.

Artículo 99 Sistemas de Protecciones en transformadores de poder con tensión inferior a 100 [kV] y de potencia máxima superior a 12 [MVA]

Los transformadores cuyo enrollado de mayor tensión sea inferior a 100 [kV] y de potencia máxima superior a 12 [MVA], deberán utilizar un simple esquema de protección diferencial o un esquema de protección con otra característica de operación.

Las protecciones de los tramos de línea o de transformación adyacentes que contribuyan a la falla, deberán proporcionar respaldo remoto que no supere el tiempo establecido en el Artículo 5-40 de la NT, más 30 ciclos (600 [ms]), para fallas en bornes de cualquier enrollado del transformador. En caso de no ser posible garantizar este respaldo remoto, el transformador no respaldado deberá contar con un doble esquema de protecciones y con un esquema de protección contra falla de interruptor para garantizar el respaldo local.

Artículo 100 Sistemas de Protecciones en transformadores de poder con tensión inferior a 100 [kV] y de potencia máxima menor o igual a 12 [MVA]

Los transformadores que tengan una potencia máxima menor o igual que 12 [MVA], conectados a una subestación de tensión inferior a 100 [kV], deberán estar protegidos por un interruptor con, al menos, una protección de sobrecorriente instantánea y de tiempo inverso de fase y residual.

Artículo 101 Protecciones Internas en transformadores de poder

Las protecciones internas del transformador de poder deben actuar sobre un relé auxiliar de disparo y bloqueo (86T), el cual deberá dar orden de apertura a ambos interruptores del transformador. Este relé auxiliar deberá tener reposición manual o eléctrica.

Artículo 102 Sistemas de Protecciones en reactores shunt y condensadores serie

Para reactores shunt y condensadores serie serán aplicables exigencias análogas a las establecidas para transformadores, según el nivel de tensión.

Artículo 103 Sistemas de Protecciones en bancos de condensadores shunt, CER y STATCOM

Cada banco, CER o STATCOM, conectado a instalaciones cuya tensión sea mayor o igual a 100 [kV], deberá contar con un doble esquema de protecciones redundante y destinado para la referida instalación cada uno alimentado desde núcleos diferentes de los transformadores de

corriente y alambrados independientes desde los transformadores de tensión, con interruptores con doble bobina de desenganche.

Cada banco, CER o STATCOM, conectado a instalaciones cuya tensión sea menor a 100 [kV], deberá contar con, al menos, un esquema de protección.

Se deberán ajustar las funciones de desbalance de neutro (46) cuando ello sea para detectar fallas internas de los bancos de condensadores, a partir de la medida de los transformadores de corriente desde el banco de condensadores.

Artículo 104 Zona Muerta

Los sistemas de protecciones deberán contar con funciones de protección que permitan supervisar y proteger las Zonas Muertas.

La protección diferencial deberá permitir el despeje secuencial de las fallas que se produzcan en las Zonas Muertas y la emisión de una orden de desenganche directo, vía enlace de comunicaciones al interruptor remoto de la línea afectada. En el caso de la operación secuencial, se permitirá superar el tiempo establecido en el artículo 5-40 de NT para instalaciones sobre 200 [kV] y menores a 300 [kV], a un máximo de 200 [ms], siempre que ello no comprometa la seguridad del SEN.

Artículo 105 Contactos de salida de los relés

Cada relé deberá disponer de suficientes contactos de salida, de manera de hacer operar el(los) interruptor(es) directamente sobre ambas bobinas de apertura en forma individual y desde secciones separadas del sistema de corriente continua.

Artículo 106 Transformadores de corriente

En esquemas de Interruptor y Medio, Doble Barra Doble Interruptor y Esquema en Anillo, se deberá cumplir que:

- a. Las protecciones de las instalaciones que se conecten a la media diagonal deberán conectarse a transformadores de corriente ubicados entre el punto de conexión de la instalación y el interruptor central, y deberán conectarse a uno de los dos transformadores de corriente entre el punto de conexión de la instalación y la barra, verificando las exigencias establecidas en el Artículo 86 del presente Anexo.
- b. En el caso que los equipos de medida para transferencias económicas se conecten a transformadores de corriente ubicados en la diagonal, ambos núcleos deberán tener las mismas características nominales (precisión, factor de saturación y burden), en conformidad a lo establecido en el Artículo 39 de este Anexo.
- c. La(s) protección(es) diferencial(es) de barra debe(n) conectarse a transformadores de corriente ubicados entre el punto de conexión de la instalación y el interruptor más cercano a la barra.

En esquemas de Doble Barra y Barra de Transferencia, Doble Barra Simple Interruptor, Doble Barra con Doble Interruptor, Barra Principal y Barra de Transferencia y Barra Principal Seccionada y Barra de Transferencia, los transformadores de corriente se deberán ubicar hacia

el lado de la instalación que se conecta, debiendo el interruptor, por tanto, conectarse entre la barra y el TC.

Artículo 107 Esquema de falla de interruptor 50 BF

Cada interruptor deberá disponer de una o más funciones de respaldo de falla de interruptor 50BF que opere como respaldo cuando no se realice la apertura del interruptor, con el objetivo de aislar la instalación fallada. El esquema 50BF deberá actuar sobre un relé auxiliar de disparo y bloqueo (86), ejecutar un retrip, es decir, enviar nuevamente una señal de apertura al interruptor mediante una lógica de insistencia y, posteriormente, deberá dar orden de apertura a todos los interruptores asociados y al interruptor del extremo remoto, si corresponde, de manera de aislar la falla.

En el caso de esquemas de Interruptor y Medio, los interruptores de barra deberán enviar una orden de apertura al interruptor del otro extremo de la instalación conectada, al interruptor central de la diagonal y a los demás interruptores conectados en la misma barra. Para el caso del interruptor central, se deberá enviar una orden de apertura a los otros dos interruptores de la diagonal y a los interruptores del otro extremo de las instalaciones conectadas.

La función 50 BF podrá estar integrada en cada una de las dos protecciones principales de la instalación conectada, o podrá haber un relé específico para este fin. En el caso de barras tipo Interruptor y Medio, el interruptor central deberá disponer de un relé específico para esta función.

Los relés deberán poder detectar la falla de interruptor considerando la medición de corriente de falla, la apertura del interruptor mediante sus contactos auxiliares, o una combinación lógica de ambos métodos. El método que se seleccione deberá asegurar que no se produzca la operación incorrecta de la función 50BF.

Artículo 108 Señales de apertura

Cada bobina de apertura del interruptor recibirá las señales de apertura desde los siguientes puntos:

- a. Desde las funciones principales del relé de protección sistema 1.
- b. Desde las funciones principales del relé de protección sistema 2.
- c. Desde la función 50BF del relé de protección sistema 1.
- d. Desde la función 50BF del relé de protección sistema 2.
- e. Desde el relé destinado para la función 50 BF (en caso de corresponder).
- f. Desde el relé auxiliar de disparo y bloqueo 86 (en caso de corresponder).
- g. Desde otros relés y/o protecciones adicionales, cada una con dos contactos de salida.

Cada contacto de salida deberá estar asociado a una sección distinta del sistema de corriente continua, como también los relés del sistema 1 y sistema 2 deben ser alimentados desde secciones distintas del sistema de corriente continua.

Artículo 109 Alcance de supervisión de la protección diferencial de barra

Para tensiones superiores a 200 [kV], el interruptor seccionador o de acoplamiento deberá incluir transformadores de corriente a ambos lados, y la protección diferencial de barra de cada sección se deberá conectar al transformador de corriente del lado opuesto al interruptor seccionador o acoplador, debiendo ser capaz de detectar en qué tramo se produce la falla y operar selectivamente.

En tensiones inferiores a 200 [kV] se permitirá instalar el transformador de corriente a un solo lado del interruptor seccionador o de acoplamiento.

Los esquemas de protecciones diferenciales de barra deberán poseer tantas zonas de protección independientes como secciones de barra existan en la subestación, y deberán permitir la habilitación de función de protección para Zonas Muertas.

En esquemas de Barra Principal con Barra de Transferencia, la protección diferencial deberá tener una zona protección destinada a la referida barra, asegurando, de esta forma, que una falla en la barra de transferencia sea selectiva y no genere la desconexión del resto de los paños que componen las barras principales.

Artículo 110 Reconexión automática

Se podrá utilizar la unidad interna de chequeo de sincronismo de los Sistemas de Protección o un equipo externo de sincronización. En los casos en que una línea tenga aportes al cortocircuito por ambos extremos, los relés deberán permitir el cierre del interruptor cuando se tengan las condiciones idóneas para el cierre, de acuerdo a los ajustes aprobados por el Coordinador.

La protección deberá considerar, además, la habilitación de una función que, ante una reconexión automática no exitosa de la línea, emita una orden de apertura tripolar con tiempo instantáneo y bloquee el circuito de cierre, con el fin de efectuar la inspección de las instalaciones.

Artículo 111 Sistemas de control

Cada paño deberá disponer de controladores digitales redundantes, los cuales podrán controlar uno o más interruptores.

Los controladores digitales podrán ser equipos independientes o estar incluidos dentro de los Sistemas de Protección del paño, y deberán cumplir las siguientes funciones y poseer los siguientes elementos:

- a. Monitorear el estado del interruptor y emitir las señales de estado y alarma correspondiente.
- b. Recibir las señales de cierre y apertura manuales o del control centralizado, y operar estas órdenes hacia el interruptor.
- c. Mostrar gráficamente el estado del paño en cuanto al interruptor, desconectores y valores de tensión, corriente y potencia.
- d. Elementos de operación para el cierre y apertura manual del interruptor y de desconectores motorizados, si corresponde, y un selector “local-remoto” para

bloquear o habilitar, respectivamente, la operación desde el control centralizado de la subestación.

Artículo 112 Sistema de control centralizado

Para la operación de una subestación se deberá contar con uno o más sistemas de control centralizado conectados al CDC del Coordinador, cada uno de los cuales deberá contar con las siguientes características mínimas:

- a. Un sistema de control local redundante y de características industriales sin partes móviles, que permita operar la subestación desde la sala de control, en las oportunidades en que el personal deba intervenir localmente.
- b. La red local deberá interconectar todos los controladores y relés de los interruptores, el reloj GPS y el sistema SCADA. Además, deberá interconectarse con el CDC del Coordinador para su acceso remoto, para la entrega de información en tiempo real al SITR, y para el monitoreo de los relés desde el Coordinador.

Para efectos de lo anterior, la velocidad de transmisión deberá ser suficiente como para recibir la información crítica del SITR, antes de 5 segundos después de ocurrido el evento, de acuerdo con lo establecido en la NT.

Toda información del SITR deberá ir acompañada de su marca de tiempo real, en conformidad al artículo 10 del Anexo Técnico “Definición de Parámetros Técnicos y Operativos para el Envío de Datos al SITR”.

- c. Deberá poder inhabilitar las señales de control remoto cuando deba ser operado localmente.
- d. Se deberán integrar a los sistemas de información y comunicación a los que se refiere el capítulo 4 de la NT, SITR, Sistemas de Comunicaciones de Voz Operativas, Sistema de Monitoreo y Sistema de Medidas de Transferencias Económicas.
- e. En subestaciones con nivel de tensión nominal mayor a 150 [kV], el sistema de control centralizado deberá ser diseñado e implementado con topología redundante, que permita conmutaciones de 0 [ms], según la norma IEC 62439-3:2016.

Artículo 113 Vías de Desenganche del interruptor

Las protecciones principales deberán actuar en forma simultánea sobre las dos (2) bobinas de disparo de los interruptores, lo que deberá efectuarse por vías diferentes, es decir, cada protección deberá tener uno o más contactos de disparo para cada bobina.

La función 50BF, en primera instancia, deberá repetir inmediatamente la señal de disparo por el o los relés de salida que tengan activada dicha función, en conformidad al 0, y si la corriente de falla no se interrumpe en un tiempo determinado, deberá emitir una señal de disparo a todos los interruptores cuyas instalaciones permitan que circule corriente al punto de falla, para lo cual se deberá disponer de pares de contactos adicionales.

TÍTULO XVI. SISTEMAS DE COMUNICACIÓN

Artículo 114 General

Las instalaciones del ST deberán contar con un sistema de comunicación que permita proveer al Coordinador toda la información que éste determine necesaria, para efectos de la supervisión y coordinación de la operación del SITR, y para ser utilizada por los sistemas de medición, monitoreo y control, cuyas exigencias se encuentran definidas en el CAPÍTULO N° 4 de la NT y los respectivos anexos técnicos.

Artículo 115 Sistema de Monitoreo de líneas

Las líneas del ST que defina el Coordinador, deberán incluir un sistema de monitoreo que permita determinar, en todo momento, los flujos máximos que pueden ser transmitidos por la línea. Para ello, las líneas deberán contar con componentes que permitan muestrear la corriente que se encuentra circulando por el conductor, la temperatura de éste, las condiciones meteorológicas que afecten la capacidad de transporte, y con los sistemas de comunicación que permitan el registro y envío de información a los sistemas de información en tiempo real del Coordinador.

En particular, la medición de variables meteorológicas deberá realizarse en los puntos de mayor estrés de transmisión de la línea.

El Coordinador deberá incorporar la referida información en sus sistemas de información en tiempo real, con el objetivo de obtener la holgura de capacidad de transmisión que tiene la línea, para efectos de la operación en tiempo real.

El Sistema de Monitoreo deberá contar con un sistema de suministro de energía de respaldo con una autonomía de, al menos, 72 horas. Sin perjuicio de lo anterior, la disponibilidad de la información deberá cumplir con la exigencia del Artículo 4-24 de la NT.

Artículo 116 Comunicación del Sistema de Monitoreo

Las instalaciones del ST deberán contar con servicios de telecomunicaciones para la lectura remota de protecciones, de registros locales de perturbaciones y para interrogación de equipamiento de monitoreo sistémico. Dichos servicios de telecomunicaciones deberán dar cumplimiento a las exigencias de disponibilidad del Artículo 90 y del Artículo 4-24 de la NT.

Artículo 117 Enlace de teleprotección

Los medios de comunicación a utilizar para los enlaces de teleprotecciones de Sistemas de Protección podrán ser fibra óptica (FO), microondas (MMOO) u onda portadora o carrier (OPLAT). No se aceptarán enlaces de teleprotección mediante utilización de medios de comunicación de propiedad de proveedores de servicios de telecomunicaciones que no sean de uso exclusivo de teleprotecciones, y que cumplan con las exigencias del presente Anexo Técnico y la NT.

TÍTULO XVII. DISPOSICIONES TRANSITORIAS

Artículo 118 Adecuaciones a las exigencias del Anexo Técnico

El presente Anexo Técnico entrará en vigencia a partir de la fecha de publicación de su resolución exenta aprobatoria en el Diario Oficial, y aplicará a las instalaciones a las que se refiere su Artículo 2.

En el caso de las instalaciones existentes a la fecha de publicación del presente Anexo Técnico, los proyectos que cuenten con una solicitud de acceso abierto aprobada por el Coordinador en el proceso correspondiente en conformidad a los artículos 79° y 80° de la Ley, las obras de expansión respecto de las cuales se haya efectuado el llamado a licitación, y aquellas cuya ejecución se haya autorizado en conformidad al inciso segundo del Artículo 102° de la Ley, no será necesario realizar adecuaciones producto de las exigencias del referido Anexo Técnico.

Artículo 119 Conexiones en derivación

Las instalaciones que se encuentren conectadas en derivación en líneas del STN y del STZ a la fecha de publicación del presente Anexo Técnico podrán ser regularizadas en el marco del proceso de planificación de la transmisión a que se refiere el artículo 87° de la Ley, o en virtud de lo establecido en el artículo 102° de la Ley, en caso de ser procedente.

No será necesario que las conexiones en derivación en líneas de los STD que existan a la fecha de publicación del presente Anexo Técnico se adecúen a las exigencias contenidas en éste. Sin embargo, los proyectos que inicien su proceso de solicitud de acceso abierto en líneas de los STD mediante la conexión en derivación, con posterioridad a la entrada en vigencia del presente Anexo Técnico, deberán dar cumplimiento a las disposiciones contenidas en éste.