TEMAS ESPECÍFICOS CÓDIGO DE CONEXIÓN

INTRODUCCIÓN

A continuación se presentan algunos temas específicos del tema de conexión propuestos con base en la experiencia del Consultor, la revisión de la experiencia internacional y el documento “Apoyo en la Integración y Mejoramiento de la Propuesta del Código de Conexión” desarrollado por el CNO en abril de 2018.

1. ANEXO CC.1. REQUISITOS TÉCNICOS PARA LA CONEXIÓN DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN AL STN

1.1. INTRODUCCIÓN

Este Anexo presenta la descripción de los requisitos técnicos mínimos que debe reunir cualquier línea de transmisión aérea a tensiones iguales o superiores a 220 kV, para su conexión al STN. Estos requisitos son exigibles para nuevas conexiones a la red de transmisión, bajo las condiciones del estado del arte y del desarrollo tecnológico actuales y deberán revisarse periódicamente en concordancia con los nuevos desarrollos tecnológicos que se presenten.

En ningún caso el cumplimiento de los criterios y la entrega de la documentación exigida exonerarán al transportador y al usuario de su responsabilidad sobre las condiciones ambientales, de confiabilidad, seguridad y calidad del Proyecto.

El Reglamento de Instalaciones Eléctricas RETIE o aquél que lo sustituya, adicione o modifique, deberá cumplirse obligatoriamente, en particular para este Anexo lo referido al Capítulo 5 Requisitos para el proceso de transmisión. En caso de que la UPME o un usuario requieran la utilización de tecnologías no reguladas en este anexo, tales como líneas HVDC deberán presentar a consideración de la CREG, directamente o través del Transportador dueño del punto de conexión un estudio técnico-económico justificativo y que incluya las características detalladas pertinentes."

1.2. CRITERIOS DE DISEÑO

Todos los criterios de diseño y especificaciones técnicas deberán asegurar que las líneas cumplan los niveles de confiabilidad, seguridad y calidad definidos para el STN, así como los requerimientos ambientales, durante toda la vida útil.

1.2.1. Longitud de la línea de transmisión del STN

Para todas las actividades relacionadas con el diseño, cálculo, tendido, estimación de materiales y construcción, si la línea es de más de un circuito, la longitud se deberá discriminar por circuito.

Se entiende que cada circuito está comprendido entre el pórtico de salida de la subestación que sirve de fijación al vano que lo une a la primera torre y según el caso, el pórtico de llegada de la subestación que sirve de fijación al vano que lo une a la última torre o el vano a la torre de la línea existente que se reconfigure, al conectar el circuito.

1.2.2. Conductores de fase

Los conductores de fase de las líneas deberán seleccionarse para dar cumplimiento a las siguientes exigencias técnicas:

- Capacidad mínima de transporte en régimen permanente y nivel de sobrecarga temporal, definidos para cada línea específica en el plan de expansión aprobado por la UPME, o por el usuario en caso de tratarse de líneas que no hacen parte del STN.
- Tener una resistencia eléctrica, medida en Ω/km, igual o menor a la determinada por la UPME, la cual habrá de calcularse con base en un análisis económico del uso proyectado de la línea durante el periodo de planeamiento, o determinada por el usuario en caso de tratarse de líneas de conexión.
- Niveles de campos eléctrico y magnético sobre el terreno, según Artículo 14 Campos Electromagnéticos del RETIE.

- Niveles máximos de radio interferencia con una relación señal-ruido mínima con probabilidad del 50% de ser excedida:
  - ✓ Zona Rurales: 22 dB a 80m del eje de la línea a 1000 kHz en condiciones de buen tiempo.
  - ✓ Zonas Urbanas: 22 dB a 40m del eje de la línea a 1000 kHz en condiciones de buen tiempo.
  - ✓ Este nivel de radiointerferencia se ha definido con base en el documento IEEE Transactions on Power Apparatus and System Vol PAS-99. N° Jan-Feb 1980: Review of technical considerations on limits to interference from power lines and stations. pp 365-388.
- Nivel máximo de ruido audible: 50 dB, definido con base en la Resolución 0627 de 2006, del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial."

1.2.3. Cables de guarda

Todas las líneas de transmisión del STN deberán tener cable de guarda. El cable de guarda que se utilice deberá soportar el impacto directo de las descargas eléctricas atmosféricas que puedan incidir sobre la línea, garantizando el cumplimiento del criterio de comportamiento definido en el Numeral 2.4 Aislamiento, del presente Anexo.

La selección del cable de guarda se debe basar en su soportabilidad frente a descargas principales y subsecuentes de rayos positivos y negativos, y frente a los cortocircuitos, teniendo en cuenta su factor de acople con las fases y las consecuentes pérdidas por inducción de las mismas. "

1.2.4. Aislamiento

El dimensionamiento eléctrico de las estructuras se debe definir mediante combinación de las distancias mínimas correspondientes a las sobretensiones debidas a descargas atmosféricas, a las sobretensiones de maniobra y a las sobretensiones de frecuencia industrial.

Para evaluar el comportamiento ante descargas eléctricas atmosféricas de líneas del STN, se debe discriminar por circuito con un parámetro de diseño un máximo de dos (2) salidas por cada 100 km de línea por año, incluyendo descargas positivas y negativas para circuitos a 220 kV o 230 kV, y una (1) salida por 100 km por año para circuitos a 500 kV.

El comportamiento de las líneas del STN ante sobretensiones de maniobra se debe realizar evaluando el riesgo de falla del aislamiento, permitiéndose no más de una (1) falla por cada cien (100) operaciones de maniobra de la línea.

El comportamiento de la línea ante sobretensiones de frecuencia industrial, deberá asegurar su permanencia en servicio continuo.

No se permite el uso de pararrayos para controlar sobretensiones de frecuencia industrial, debido al alto riesgo de destrucción por su exposición a este tipo de sobretensiones.

En relación con las distancias mínimas de seguridad, se deben cumplir los requisitos exigidos en el Artículo 13. Distancias de seguridad de RETIE."

1.2.5. Comportamiento mecánico del conductor de fase y cable de guarda

En cualquier condición, la tensión longitudinal máxima en el conductor o cable de guarda, no deberá exceder el 50% de su correspondiente tensión de rotura. Además, para prevenir vibraciones nocivas se deberá limitar la tensión en temperatura promedio sin viento condición final como máximo al 25%.

1.2.6. Estructuras

Son de obligatorio cumplimiento los requerimientos del RETIE, relacionados en su Artículo 22.5 Requisitos Mecánicos en Estructuras o Apoyos de Líneas de Transmisión.

El cálculo de las curvas de utilización de cada tipo de estructura y la evaluación de los árboles de cargas definitivos debe hacerse para cada una de las hipótesis de carga, en condiciones normal y anormal, adicionalmente deberán considerarse hipótesis de carga para condiciones de operación y montaje que cubran las operaciones de tendido de conductores y cables de guarda.

1.2.7. Cimentaciones

Para la determinación del tipo de cimentación a utilizar en los diferentes sitios de estructuras, deberá efectuarse un estudio detallado de las características geotécnicas y físico - químicas de los suelos en cada uno de ellos.

Las cimentaciones deberán resistir todas las hipótesis de carga que se estipulen para cada tipo de estructura con los respectivos factores de sobrecarga que se consideraron en el diseño, de tal forma que cada elemento sea diseñado para los esfuerzos más desfavorables.

Se deben poseer las memorias de cálculo de los diseños de las fundaciones propuestas.

Debe cumplirse además con cualquier requerimiento que se estipule en el Artículo 22.3. del RETIE - Cimentaciones.

1.2.8. Localización de estructuras

Para la localización de estructuras, deberán respetarse las distancias mínimas de seguridad sobre el terreno y obstáculos, medidas en metros para las condiciones de máxima temperatura del conductor, exigidas durante toda la vida útil del proyecto, de acuerdo con los requerimientos del Artículo 13 del RETIE - Distancias de Seguridad."

1.2.9. Cadenas de aisladores y herrajes

Los aisladores deberán ser fabricados en porcelana, vidrio o material polimérico.

El sistema de protección antivibratoria del conductor de fase y del cable de guarda, deberá ser el resultado de un estudio que asegure el control de los esfuerzos de flexión, calculados de acuerdo con métodos reconocidos internacionalmente.

Se debe además cumplir los requerimientos establecidos en el Artículo 22.7 del RETIE - Aisladores, o aquel que lo sustituya adicione o modifique.

1.2.10. Puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra de cada estructura deberá diseñarse según las condiciones específicas de la línea y del sitio de la estructura, buscando preservar la seguridad de las personas, con base en la norma ANSI/IEEE 80 - 1986, IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding.

Se debe además cumplir con los requerimientos establecidos en los Artículos 15 Sistema de Puesta atierra y 22.4 del RETIE - Puestas a Tierra.

En caso de utilizar contrapesos para reducir la Resistencia de puesta a Tierra, a considerar para aislamiento por descargas atmosféricas cada uno de éstos no podrá tener longitudes mayores a 60 m.

Cuando las condiciones de corrosión de los suelos no sean normales se deberán realizar inspecciones con la frecuencia indicada en el RETIE, en la Tabla 15.5. Máximo período entre mantenimientos de un SPT para sistemas críticos y realizar los mantenimientos para garantizar una continua actualización del sistema.

1.2.11. Medidas de seguridad

Todos los diseños, materiales, actividades de construcción y montaje, operación y mantenimiento de la línea deberán garantizar la operación segura y confiable durante su vida útil garantizada.

En especial se deben cumplir todos los requisitos del Capítulo 5 del RETIE - Requisitos Específicos para el Proceso de Transmisión, o aquel que lo sustituya, adicione o modifique.

1.2.12. Repuestos

El propietario de la línea debe mantener un inventario mínimo de repuestos y de material suficiente para las labores de mantenimiento, según sus políticas al respecto, para garantizar la operación normal de la línea, de acuerdo con los niveles de confiabilidad, seguridad y calidad establecidos. Dentro de este tema se incluye la disponibilidad de Torres de Emergencia.

1.2.13. Servidumbres

El ancho de la faja de servidumbre requerida será establecido de acuerdo con los requerimientos del RETIE, Artículo 22.10. Zonas de Servidumbre, o aquel que los sustituya, adicione o modifique."

1.2.14. Requisitos de Aeronavegación

Se debe cumplir lo estipulado en el Artículo 22.10 del RETIE - Señales de Aeronavegación y lo establecido en los Reglamentos de la Unidad especial administrativa de aeronáutica civil, en particular del Reglamento RAC - 14 , Aeródromos, Aeropuertos y Helipuertos o aquellos que los modifiquen o sustituyan.

1.2.15. Infraestructura Compartida de Líneas

Cuando la ejecución de un proyecto del STN o STR requiera que se tengan líneas de transporte compartiendo estructuras con líneas de tensiones del otro sistema, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- El Operador de Red o el Transmisor Nacional deberá ser informado sobre el proyecto del STN o STR, respectivamente, en particular sobre las configuraciones, controles, protecciones, niveles de cortocircuito, aislamientos, flameos inversos, puestas a tierra y topologías de circuitos, y podrá objetar cualquier tema en el que se vea afectado. En general, cuando una de las líneas afecte a la otra, poniendo en riesgo su operación o mantenimiento, el propietario de la línea afectadora deberá asumir el costo de cualquier modificación que se requiera en la línea afectada para mitigar el efecto.
- Se debe coordinar el diseño, la construcción, el montaje y la operación cumpliendo todas las regulaciones exigidas para cada uno de los sistemas involucrados.
- Los mantenimientos de línea deben coordinarse, buscando en lo posible la minimización de riesgos eléctricos, tales como acercamientos o inducciones.
- Para lo anterior, se deberá suscribir un contrato de conexión entre los agentes involucrados, en el cual se regulen las condiciones técnicas y las responsabilidades que asumirá cada uno de ellos.

1.2.15.1. Documentos técnicos

Para el caso de líneas del STN, toda la información definida a continuación deberá presentarse en medio magnético a la UPME, quien verificará el cumplimiento del presente código. En caso de duda, la UPME podrá solicitar la información adicional que considere necesaria.

Para los activos de conexión, esta información deberá entregarse al transportador dueño del Punto de conexión.

En los dos casos, toda la información deberá ser conservada por el Transportador dueño del punto de conexión y estar disponible en caso de que alguna entidad competente la requiera.

INFORMES DE DISEÑO

De todas las actividades de diseño, deberán presentarse los siguientes estudios:

- Localización general
- Selección de ruta considerando aspectos técnicos ambientales y de uso del suelo
- Informe meteorológico
- Selección de conductores de fase.
- Selección de cable de guarda.
- Selección y coordinación de aislamiento.
- Arboles de cargas y curvas de utilización de las estructuras
- Localización de estructuras.
- Estudio de geología y suelos
- Verificación de Resistencia eléctrica, si establecida por la UPME
- Estudios de campos eléctricos y magnéticos
- Verificación de Capacidad de Corriente en condición normal o de contingencia, si establecida por la UPME
- Estudio de Desbalances de voltajes y corrientes
- Estudios de viabilidad aeronáutica
- Estudio de no necesidad de Diagnóstico ambiental de alternativas No DAA o Diagnóstico ambiental de alternativas DAA
- Estudio de Impacto ambiental EIA
- Informes de permisos ambientales menores
- Plan de manejo Ambiental

Cada uno de los estudios deberá estar sustentado por un informe técnico que incluya, como mínimo, los siguientes aspectos:

- Descripción de la metodología utilizada.
- Datos básicos.
- Resultados obtenidos.
- Recomendaciones y conclusiones

PLANOS DEFINITIVOS

De acuerdo con lo estipulado en el Anexo CC7, se deben presentar los originales de los planos definitivos, correspondientes a:

- Siluetas generales, curvas de utilización y árboles de cargas de estructuras tipo utilizadas.
- Dimensionamiento eléctrico de los tipos de estructuras.
- Cadenas de aisladores, herrajes y accesorios.
- Conexión del cable de guarda.

- Transposiciones (cuando sea necesario, según los estudios) respectivos)
- Esquemas de puesta a tierra
- Cimentaciones
- Localización general
- Planta y perfil plantillado de la línea
- Tablas de estructuras
- Tablas de regulación de conductores y cables de guarda

En casos especiales la UPME en los documentos de la Convocatoria o el Transportador dueño del punto de conexión, deberán establecer las exigencias y características adicionales a ser entregadas, lo cual deberá constar en el Contrato de Conexión.

1.3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE SUMINISTRO Y CONSTRUCCIÓN

Todos los materiales utilizados y su instalación, deberán garantizar la operación segura durante toda la vida útil de la línea.

Para cada uno de los componentes de la línea, se deben cumplir los requerimientos estipulados en el Capítulo 3 del RETIE (Requisitos de Producto).

Se deben presentar las especificaciones técnicas utilizadas para la adquisición de materiales, preparadas con base en las normas técnicas vigentes y en los requerimientos propios del proyecto. Se aceptarán normas técnicas y reglamentos de las siguientes entidades, dando prelación a las normas nacionales, luego a aquellas internacionales más utilizadas en Colombia y luego otras internacionales:

- AISC: American Institute of Steel Construction.
- ANSI: American National Standards Institute.
- ASCE: American Society of Civil Engineers.
- ASTM: American Standard for Testing and Materials.
- AWS: American Welding Standards.
- DAAC: Departamento Administrativo de Aeronáutica Civil.
- NTC: Normas Técnicas Colombianas.
- ICANH: Instituto Colombiano de Antropologís e Historia.
- IEC: International Electrotechnical Commission.
- IEEE: Institute of Electrical and Electronic Engineers.
- MADS: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
- MME: Ministerio de Minas y Energía.
- NSR 10: Código Colombiano de Construcciones Sismo Resistentes.

Con base en los requerimientos de las especificaciones técnicas, el Transportador presentará a la Entidad designada todos los Formularios de Características Técnicas garantizadas de los materiales utilizados y los correspondientes reportes de pruebas de materiales y equipos, según las exigencias de las normas técnicas correspondientes. Esta Entidad verificará y solicitará las modificaciones que sean necesarias para dar cumplimiento a este código.

El Transportador está en la libertad de proponer diseños disponibles de proyectos anteriores, o realizar diseños específicos para el proyecto a ejecutar.

En cualquier caso el Transportador deberá presentar reportes de pruebas ejecutados por una entidad competente, según los requerimientos siguientes:

Para cada uno de los componentes de la línea (cables para conductores, cables de guarda convencional y OPGW, cadenas de aisladores y estructuras de apoyo) se deben presentar los reportes de pruebas tipo o de diseño suministrados por el fabricante y los reportes de pruebas de rutina o aceptación

correspondientes a las pruebas realizadas en a los elementos del suministro correspondiente. Tales pruebas deben realizarse con base en la Norma Técnica correspondiente.

En el caso de suministro de torres completas, en lugar de las pruebas tipo o de diseño, se aceptan memorias detalladas basadas en cálculos con programas digitales de última tecnología

1.4. SERVIDUMBRES

Debe entregarse información para toda la faja de servidumbre de la línea, incluyendo el censo de propietarios, uso del suelo, detalles de cruces y relación de la documentación de todos los acuerdos entre las partes legalizadas conforme a la ley colombiana.

En cualquier caso, en las zonas de servidumbre se deben cumplir los requerimientos establecidos en en este Anexo y en el Artículo 24 del RETIE - Zonas de servidumbre.

1.5. INFORMES DE CONSTRUCCIÓN

Durante la etapa de construcción y montaje de las líneas de transmisión del STN, el Transportador deberá entregar a la UPME los siguientes informes y documentos Técnicos y Ambientales:

1.5.1. Informe mensual de avance de obra

Tiene por objeto informar a la UPME y al transportador en caso de líneas de conexión, sobre el estado y avance de los trabajos en el período. Deberá incluir la siguiente información:

Descripción de las actividades adelantadas durante el período.

Representación gráfica que muestre el avance de las macroactividades realizadas mensualmente, comparándola con el avance programado para las mismas. "

1.5.2. Informe final de la obra

Tiene por objeto informar a la UPME de las características finales de construcción del proyecto.

Una vez finalizada la construcción de la línea y puesta en servicio se debe presentar este informe, cuyo contenido será el siguiente:

1.5.2.1. Introducción

Elaborar una presentación del proyecto que relacione los antecedentes, justificación y características generales.

1.5.2.2. Ficha técnica (discriminando por circuitos si es necesario por tener extremos diferentes)

- Nombre del proyecto.
- Propietario.
- Fechas de iniciación.
- Fecha de puesta en servicio.
- Número de circuitos.
- Tipo de conductores.
- Configuración de estructuras y cadenas de aisladores.
- Número de estructuras.
- Resultados de la medición de parámetros eléctricos de la línea.

- Capacidad térmica.
- Longitud de la línea
- Fecha de puesta en servicio.
- Diseñador (es).
- Interventor (es).
- Constructor (es) obras civiles.
- Montador (es).
- Fabricante (s) de equipo (s) y material (es).
- Descripción general de la localización de la obra, región, departamento (s) y municipio (s), coordenadas geográficas (punto inicial y punto final) y vías de acceso existentes.
- Modificaciones finales al proyecto. "

1.5.2.3. Medio ambiente

Toda la documentación según las exigencias del Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible MADS, Autoridad de licencias Ambientales ANLA, Corporaciones Regionales y el Instituto Colombiano de antropología e Historia ICANH, para los informes correspondientes a los siguientes aspectos:

- Licencia Ambiental
- Plan de Manejo Ambiental durante la Operación y Mantenimiento

1.5.2.4. Anexos

- Tablas de estructuras, incluyendo tipos y cantidades.
- En casos especiales, se deberán presentar:
  - ✓ Conexiones con otras líneas.
  - ✓ Cruces especiales.

2. ANEXO CC.2. REQUISITOS TÉCNICOS PARA SUBESTACIONES

2.1. INTRODUCCIÓN

El propósito de este anexo es establecer los requisitos mínimos para el diseño de nuevas subestaciones del STN o para el diseño de la ampliación de la subestación que conforma el Punto de Conexión al STN para tensiones de 220 kV y superiores.

En los Anexos CC3 a CC6 se incluyen las características técnicas de equipos de la subestación, tales como: Telecomunicaciones, Protecciones, Registro de Fallas y Supervisión.

El Reglamento de Instalaciones Eléctricas RETIE o aquél que lo sustituya, adicione o modifique, deberá cumplirse obligatoriamente, en particular para este Anexo lo referido al Capítulo 6 Requisitos para el proceso de transformación (Subestaciones).

2.2. CONSIDERACIONES ESPECIALES PARA EL DISEÑO

2.2.1. Nueva subestación en el STN

Para el desarrollo de cada una de las fases del proyecto se deberá considerar y cumplir la legislación ambiental señalada en la regulación vigente.

Los parámetros para el dimensionamiento básico de la subestación deben surgir de los estudios de planeamiento elaborados por la UPME para las subestaciones del STN, o de los estudios de conexión aprobados por el transportador responsable del punto de conexión, que de acuerdo con la metodología establecida en el Código de Planeamiento, definirá los siguientes aspectos:

- Niveles de tensión.
- Corrientes nominales y de sobrecarga de los equipos y barrajes de la subestación.
- Número de módulos y bahías iniciales y futuras de la subestación
- Configuración, de tal forma que asegure la flexibilidad operativa, seguridad y confiabilidad del STN.
- Niveles máximos de corto circuito monofásico y trifásico.
- Requerimientos de ampliación en cuanto a espacios, módulos comunes y otros.
- Requerimientos de bahías de seccionamiento.
- Capacidad de transformación de la subestación inicial y futura, número de transformadores, rango y pasos del cambiador de tomas bajo carga.
- Nivel de pérdidas en transformadores, rango de impedancias
- Espacio para los corredores de línea.

2.2.1.1. Localización

Para subestaciones nuevas del STN, la ubicación de la subestación deberá ser seleccionada por la UPME, y posteriormente precisada la localización por el transportador, mediante un estudio técnico-económico, considerando entre otros los siguientes aspectos:

- Facilidad de corredores de líneas iniciales y futuras.
- Topografía y características geológicas del sector.
- Zona o área del STN requerida en el Plan de Expansión.
- Usos del suelo y POT del municipio.

- Coordinación con las necesidades de expansión de los agentes relacionados con la localización seleccionada.
- Condiciones de estabilidad telúrica y de inundaciones del sitio."

2.2.1.2. Selección de la configuración

La configuración de las subestaciones nuevas del STN debe seleccionarse asegurando que se mantenga la flexibilidad operativa, la seguridad, y la confiabilidad en el STN. Por lo anterior se debe cumplir lo siguiente:

- La selección de cualquier configuración debe apoyarse en un estudio de confiabilidad, flexibilidad operativa, mantenibilidad y seguridad.
- No se admitirá la configuración de barra sencilla, excepto para subestaciones terminales de una línea radial, previa justificación por confiabilidad y mantenibilidad. En este caso se deben dejar las previsiones de espacio para que el esquema pueda evolucionar hacia una configuración de más de una barra si existe la posibilidad de lleguen nuevas líneas en el futuro.
- Para subestaciones con más de 6 circuitos se debe adelantar un estudio de estabilidad, como parte del estudio de selección de la configuración, considerando fallas graves en barras y circuitos.
- En configuraciones de barras en las cuales se prevea un número elevado de circuitos (6 ó más) desde su concepción inicial, debe preverse seccionamiento de barras con interruptor, en al menos una de las barras.
- Cuando en la misma subestación se instalen circuitos de generación y carga, unos y otros deben alternarse y en lo posible asociarse a barras o secciones de barras diferentes. Si en este caso la subestación se prevé con configuración Barra Principal y Transferencia, ella debe tener seccionamiento de barras mediante doble interruptor de acople.
- En subestaciones a 500 kV con previsión futura de más de cuatro campos, se recomienda seleccionar configuraciones de interruptor y medio o doble interruptor.
- Las configuraciones en anillo deben tener como máximo cuatro campos y deben diseñarse para que puedan evolucionar a interruptor y medio. Para los aspectos indicados en el Anexo CC2, se deben utilizar normas internacionales de reconocida aceptación, así como criterios apoyados en la buena práctica de la ingeniería, por lo que se recomienda cumplir con los criterios y procedimientos de alguna de las normas expedidas por los siguientes organismos:
  - ✓ NTC : Norma Técnica Colombiana
  - ✓ IEC : International Electrotechnical Commission
  - ✓ ISO : International Organization for Standarization
  - ✓ ANSI : American National Standards Institute

2.2.1.3. Coordinación de Aislamiento y sistema de Puesta a tierra

La coordinación de aislamientos se deberá basar en estudios de transitorios y en las prácticas de buena ingeniería, así como en la aplicación de normas internacionales de reconocida utilización, para lo cual se recomienda usar la norma IEC 60071 en versión vigente.

Aislamiento a 60 Hz

Se debe garantizar que el STN mantenga su condición de sistema efectivamente puesto a tierra, por lo que cualquier nuevo proyecto deberá tener la previsión en el sistema de puestas a tierra y en la selección de los grupos de conexión de la transformación, para garantizar que esta condición se mantenga luego de la conexión del proyecto.

Distancias de seguridad

Las distancias mínimas y críticas deben cumplir con el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE, Artículo 23.2 Distancias de Seguridad en Subestaciones Exteriores y 23.3 Distancias de Seguridad en Subestaciones Interiores

Malla a tierra

La malla de puesta a tierra debe cumplir con el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE, Artículo 15. Puestas a Tierra

Para el diseño de la malla de tierra se deben utilizar criterios basados en las prácticas de la buena ingeniería, y en normas internacionales reconocidas, como las normas ANSI/IEEE para el control de potenciales de paso y toque, así como para la medición y toma de datos."

Apantallamiento

El sistema de apantallamiento contra descargas atmosféricas debe cumplir con el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE, Artículo 16. Protección contra rayos, en los aspectos que aplique, o aquel que lo modifique, complemente o sustituya.

Para el diseño del apantallamiento de subestaciones se deben utilizar criterios basados en las prácticas de la buena ingeniería, en simulaciones de transitorios de descargas atmosféricas, y en la aplicación del modelo electrogeométrico. Se recomienda observar, en los aspectos aplicables, en las normas NTC 5245, IEC 62305 e IEEE 998 vigentes.

2.2.1.4. Obra civil

Las obras civiles deberán tener en cuenta los tipos de cargas específicos que intervienen en una subestación eléctrica, y para las edificaciones se deberá cumplir con lo establecido en el Reglamrnto Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), observando lo que sea aplicable en otras Normas Técnicas Colombianas (NTC) sobre el tema, y revisando los requerimientos indicados en la publicación ASCE: American Society of Civil Engineers y recomendaciones IEEE."

2.2.2. CARÁCTERÍSTICAS TÉCNICAS DE EQUIPOS

Para asegurar la confiabilidad, flexibilidad y seguridad en las diferentes configuraciones, como mínimo cada configuración deberá contar con los siguientes equipos por cada bahía:

Configuración Interruptor Seccionador Seccionador con Cuchilla de puesta a tierra (1) TC TP DPS

BS 1 1 1 (2) 3 3 3

BP + T 1 2 1 (2) 3 3 3

DB 1 2 1 (2) 3 3 3

DB + T 1 3 1 (2) 3 3 3

DB + BP 1 4 1 (2) 3 3 3

Interruptor y medio 1,5 3 1 4,5 3 3

Anillo 1 2 1 (2) 3 3 3

BP + T 1 2 1 (2) 3 3 3

(1) La cuchilla de puesta a tierra puede estar o no incorporada al seccionador

(2) La cuchilla de puesta a tierra es opcional para bahías de transformación y para las bahías de compensación inductiva. Para reactores de neutro y para líneas es necesaria.

Para las nuevas subestaciones, el listado de elementos que conforman las bahías comunes (transferencia, acople, seccionamiento, barraje) se definirá en los documentos de selección, dependiendo de la configuración de la subestación.

Subestaciones Encapsuladas GIS

Para las nuevas subestaciones encapsuladas, el listado de elementos que conforman las diferentes bahías se definirá en los documentos de selección, dependiendo de la configuración de la subestación.

2.2.2.1. Interruptores

Además de los criterios y procedimientos de las normas indicadas anteriormente, se deben cumplir los siguientes requerimientos:

- Los interruptores de las líneas pueden ser de mando monopolar o tripolar. En caso de que la UPME lo determine cuando revise el estudio de conexión, específicamente apoyada en estudios de estabilidad, podrá exigir que sean de mando monopolar
- Deben tener mínimo dos bobinas de disparo
- Ciclo de recierre O- 0.3s - CO - 3min – CO

2.2.2.2. Seccionadores

Además de los criterios y procedimientos de las normas indicadas anteriormente, se deben cumplir los siguientes requerimientos:

- Los seccionadores deben ser motorizados con mando local y remoto (opcional para cuchillas de puesta a tierra)
- En caso de que el seccionador de línea incorpore el de tierra, ambos mandos deben poseer enclavamiento eléctrico y mecánico

2.2.2.3. Dispositivos de protección contra Sobretensiones DPS

Deben ser seleccionados a partir del estudio de coordinación de aislamientos y considerar la energía disipada, esperada durante maniobras y/o descargas atmosféricas. Su selección debe cumplir los requerimientos del RETIE Artículo 16. Protección contra rayos.

2.2.2.4. Transformadores de potencial

Además de los criterios y procedimientos de las normas indicadas anteriormente, el número de devanados debe satisfacer los requerimientos del anexo CC.4 “Requisitos Técnicos de Protecciones” y del “Código de Medida”.

En nuevos proyectos, los transformadores deben contar con adecuado ancho de banda para el registro armónico. "

2.2.2.5. Transformadores de corriente

Además de los criterios y procedimientos de las normas indicadas anteriormente, también se deben cumplir los siguientes requerimientos:

- Los núcleos de medida deben cumplir el “Código de Medida”.
- Se debe garantizar la independencia de la alimentación de las protecciones principales, disponiendo como mínimo de dos núcleos de protección.

- Los circuitos secundarios deben disponer de borneras de prueba adecuadas que permitan desconectar los dispositivos en serie sin dejar abierto el secundario del transformador.

2.2.2.6. Trampa de Onda (si aplica)

Las trampas de onda se deben especificar con base en un estudio de frecuencias el cual debe ser aprobado por el Transportador responsable del punto de conexión. También debe especificarse la corriente de operación, la corriente de corto circuito, las condiciones de instalación, los transformadores de instrumentación, etc.

2.2.2.7. Transformadores de potencia

Deben cumplir los siguientes requisitos:

- Estar dotados, como mínimo, con las siguientes protecciones: temperatura, nivel, sobre presión, presión súbita, relé de gas, deshumidificador (si posee tanque de expansión) y eléctricas (diferencial y sobre corriente).
- El cambiador de tomas bajo carga debe contar con mandos manual y automático (local y remoto) con lógica maestro-seguidor; y debe estar dotado como mínimo de: relé de flujo, indicador de nivel, válvula de sobrepresión, filtro en línea del aceite del cambiador, tanque conservador de aceite independiente del de la cuba principal.
- Para trabajo en paralelo de varios transformadores, éstos deben tener similar impedancia en porcentaje en las bases de potencia nominal de cada transformador, el mismo número de tomas y el mismo porcentaje de variación.
- La UPME o el usuario deben definir la política de repuestos sean o no bancos de transformadores

2.2.2.8. Sistemas de Compensación

En los estudios de planeamiento elaborados por la UPME o en los estudios de conexión aprobados por el transportador responsable del punto de conexión, se definirá el tipo de compensación (serie, paralelo, fija, maniobrable, estática, etc.), así como su potencia reactiva y ubicación.

Los sistemas de compensación deben cumplir los siguientes requisitos:

- Los reactores deben dotarse como mínimo de las siguientes protecciones: temperatura, nivel, sobre presión, presión súbita, relé de gas, deshumidificador (si posee tanque de expansión) y eléctricas (diferencial y sobre corriente).
- Los interruptores para esta aplicación deben especificarse libres de reencendido y pueden especificarse, si es conveniente, con capacidad de mando sincronizado.
- En el caso de bancos de condensadores en paralelo, deben disponer de reactancias limitadoras de corriente para energización.
- Todo sistema de compensación reactiva capacitiva debe evitar la amplificación de armónicos existentes en la red, por lo que deberá presentarse al Transportador responsable del punto de conexión, un estudio de armónicos, y suministrar todos los filtros que se requieran para garantizar que dicha amplificación no ocurra durante su operación.
- Para compensaciones capacitivas en serie se debe presentar un estudio de resonancias subsíncronas, que permita descartar este fenómeno sobre los sistemas de generación existentes.
- Para compensaciones capacitivas en serie se debe presentar un estudio de protecciones que establezca las medidas remediales necesarias para mitigar los efectos de la inversión de corriente durante fallas, en los relés de protección."

2.2.3. Subestaciones encapsuladas GIS

Deben observarse las recomendaciones de normas internacionales de reconocida utilización, preferiblemente la norma IEEE C37.122 “Standard for High Voltage Gas Insulated Substations rated 52 kV” de la versión más reciente."

2.2.4. Enclavamientos

Se debe garantizar como mínimo los siguientes enclavamientos:

- No maniobrar los seccionadores con carga.
- Para la maniobra de un seccionador, el interruptor o los interruptores asociados, así como la cuchilla de puesta a tierra deben estar abiertos.
- Las cuchillas de puesta a tierra solo se maniobran cuando los seccionadores de línea asociados estén abiertos.
- Los seccionadores de paso directo (“by pass”) se cierran con tensión, cuando el interruptor que tienen en paralelo está cerrado.
- Un seccionador de transferencia se puede cerrar con tensión cuando hay la misma tensión en sus terminales, es decir cuando el interruptor de transferencia está cerrado. Adicionalmente solo puede estar cerrado un seccionador de transferencia al tiempo.
- Los seccionadores de barras, en subestaciones de doble barra, se pueden operar con tensión cuando el interruptor de acople esté cerrado.
- Un interruptor, para cerrar, debe cumplir las condiciones de sincronismo entre los sistemas que conecta, debe tener los seccionadores asociados cerrados, no deben existir cuchillas de puesta a tierra cerradas (en el campo respectivo), y el equipo que se va energizar debe estar dispuesto para ello.
- Los enclavamientos deben considerarse en el diseño y realizarse en forma automática. No es aceptable su consideración solo como consignas operativas.

2.2.5. Otros sistemas

2.2.5.1. Servicios Auxiliares

- Los servicios auxiliares en corriente alterna de 208 V/120 V deberán diseñarse con una capacidad de potencia que soporte el dimensionamiento total de la subestación definido por la UPME.
- Los servicios auxiliares en corriente alterna, deberán poseer como mínimo dos fuentes independientes de alimentación conmutadas automáticamente.
- El sistema de corriente continua para la protección principal 1 y la protección principal 2 deberá ser independiente y tener un sistema de respaldo en caso de que cualquiera de las dos falle, de tal manera que garantice la continuidad del servicio de corriente continua ante cualquier contingencia.

2.2.5.2. Protecciones contraincendios

Se debe cumplir los requerimientos establecidos en el RETIE, en especial, lo contenido que aplique, en el Capítulo 6 Requisitos específicos para el proceso de Transformación, el Artículo 20.25 Transformadores, Artículo 20.4.2 Puertas Cortafuego, y el Artículo 28.3.11 Sistemas Contraincendio, o aquellas disposiciones que lo modifiquen o sustituyan. Adicionalmente, observar las recomendaciones de las normas NFPA para muros cortafuego en subestaciones."

2.2.5.3. Materiales y accesorios

- Todos los materiales y accesorios utilizados deberán garantizar la operación segura y confiable durante toda la vida útil de la subestación.
- Todos los fabricantes de equipos y materiales de las subestaciones deben cumplir con los requisitos del RETIE para los productos que les aplique, así como tener una certificación de su sistema de calidad según normas internacionales, preferiblemente la ISO 9000.
- Los cables de control deberán ser apantallados, auto extinguibles.
- Los cables de fibra óptica en el interior de la subestación deberán ser 100% dieléctricos.

2.2.6. Repuestos

El propietario de los equipos debe mantener un inventario mínimo de repuestos y de material suficiente para las labores de mantenimiento, según sus políticas al respecto, para garantizar la operación normal de la subestación, de acuerdo con los niveles de confiabilidad, seguridad y calidad establecidos por la regulación vigente.

2.2.7. Pruebas y Puesta en servicio

• El usuario deberá entregar a la UPME, para el caso de proyectos que involucren nuevos activos del STN, o al Transportador responsable del punto de conexión, reportes de pruebas ejecutadas por los fabricantes o una entidad competente, y que satisfaga lo estipulado para cada equipo con las características garantizadas.

• Se deben realizar, verificar y registrar todas las medidas, calibraciones, ajustes, parametrizaciones y pruebas que sean necesarias para verificar el correcto funcionamiento del equipo."

2.3. DOCUMENTOS TÉCNICOS

Se debe entregar a la UPME, en caso de proyectos del STN, o al Transportador responsable del punto de conexión, en medio magnético, todas las memorias de cálculo y diseño con sus respectivos planos, correspondientes a este punto. En caso de duda, la UPME o el transportador podrán solicitar la información adicional que consideren necesaria sobre dicho punto."

2.3.1. Memorias, Cálculos y Criterios de Diseño

De todas las actividades de diseño, deberán presentarse, como mínimo, los siguientes estudios:

- Esquema funcional de la subestación
- Características y selección de equipos de potencia
- Cálculo de estructuras metálicas para pórticos y soporte de equipos
- Coordinación de aislamiento y distancias eléctricas
- Apantallamiento
- Dimensionamiento de servicios auxiliares
- Sistemas de control, instrumentación, protección y telecomunicaciones
- Malla a tierra
- Obras civiles asociadas
- Coordinación de Protecciones
- Cargabilidad de CT y PT
- Instalaciones Eléctricas interiores y exteriores
- Copia del estudio de impacto ambiental
- Cuando se apruebe el Proyecto, copia de licencia ambiental y Plan de Manejo Ambiental.
- Copia de la licencia de construcción.

- En cuanto a equipos de compensación, deben presentarse los estudios que sean aplicables con el fin de verificar que no se presenten impactos perjudiciales al SIN, tales como amplificación armónica, cambios bruscos de tensión al entrar en operación, sobretensiones o sub tensiones.

Cada uno de los estudios deberá estar sustentado por un informe técnico que incluya, como mínimo, los siguientes aspectos:

- Criterios de diseño aplicados
- Datos básicos
- Resultados obtenidos
- Recomendaciones y conclusiones

2.3.2. Planos definitivos

En los formatos estipulados en el anexo CC7, se deben presentar los originales de los planos definitivos, correspondientes a:

- Equipos de alta tensión y material de conexión
- Cables de alta tensión, control, fuerza y media tensión
- Planos eléctricos
- Diagramas unifilares de equipos de maniobra
- Diagramas de circuito
- Diagramas de localización de componentes externos o internos del equipo principal y auxiliar
- Tablas de cableado interno
- Tablas de trabajo para interfaz
- Planos de estructuras metálicas
- Planos guías de diseño de las obras civiles

2.3.3. Manuales

Se deben elaborar como mínimo los siguientes manuales en español, utilizando léxico de la publicación ¨IEC multilingual dictionary of electricity:

- Manuales de operación y mantenimiento
- Manuales de planos eléctricos
- Manuales funcionales

2.3.4. Informes de Construcción.

Durante la etapa de construcción y montaje de la subestación deberán presentarse los siguientes informes:

- Informes de avance del Plan de Manejo Ambiental según lo requiera la autoridad ambiental.
- Informe mensual de avance de obra: Se presentará a la UPME, en el caso de proyectos de convocatoria, o al Transportador responsable del punto de conexión, un informe sobre el estado y avance de los trabajos, en el cual se detallarán todas las actividades ejecutadas en el mes que se informa. Dicho informe deberá incluir la siguiente información:
  - ✓ Descripción de las actividades adelantadas durante el período.
  - ✓ Representación gráfica que muestre el avance de las macroactividades realizadas mensualmente comparándola con el avance programado para las mismas.
  - ✓ Informe final de la obra: Una vez finalizada la construcción de la subestación y puesta en servicio se debe presentar este informe, cuyo contenido será el siguiente:
  - ✓ Introducción: Elaborar una presentación del proyecto que relacione los antecedentes, justificación y características generales."

- Ficha técnica:
  - ✓ Nombre del proyecto
  - ✓ Propietario
  - ✓ Fechas de iniciación, según resolución CREG, si es del caso
  - ✓ Fecha de puesta en servicio
  - ✓ Tipo
  - ✓ Esquema de conexión
  - ✓ Tensiones nominales
  - ✓ Número de campos
  - ✓ Configuración de estructuras de pórticos y equipos
  - ✓ Características de equipos
  - ✓ Diseñador(es)
  - ✓ Interventor(es)
  - ✓ Constructor(es) obras civiles
  - ✓ Fabricante(es) de equipo(s) y material(es)
  - ✓ Descripción general de la localización de la obra, región, departamento(s) y municipio(s), coordenadas geográficas y vías de acceso existentes
  - ✓ Modificaciones del diseño del proyecto
  - ✓ Diseño final
  - ✓ Información complementaria

2.3.5. Información requerida por el CND para puesta en servicio del Proyecto

- Presentación del Proyecto al Centro Nacional de Despacho CND
- Formatos con información técnica preliminar para la realización de estudios
- Diagrama Unifilar.
- Estudio de coordinación de protecciones de los equipos y el área de influencia del Proyecto
- Lista disponible de señales de SCADA y requerimiento de comunicaciones
- Cronograma de desconexiones y consignaciones
- Cronograma de pruebas
- Protocolo y formatos para la declaración de los parámetros del equipo y sus bahías con información definitiva
- Protocolo de energización
- Inscripción como agente y de la frontera comercial ante el ASIC
- Certificación de cumplimiento de código de conexión otorgado por el propietario de punto de conexión
- Carta de declaración en operación comercial
- Formatos de Información técnica actualizados por el CND

2.3.6. AMPLIACIÓN DE UNA SUBESTACIÓN EXISTENTE

El Usuario debe diseñar, especificar, e instalar equipos compatibles técnicamente con los equipos existentes. Así mismo, debe mantener la filosofía de diseño y operación de la subestación existente. Debe presentar además, las memorias de cálculo que sean aplicables, de las listadas en el numeral 3.1, y someter a aprobación del Transportador las especificaciones antes de tramitar la compra de equipos y de contratar la construcción de obras.

El Transportador podrá objetar las especificaciones sólo en caso de que las mismas sean inferiores a las del resto de su subestación y que ponga en riesgo la capacidad total del conjunto para operar en las condiciones originales. No es razón de rechazo, la no inclusión de posibles mejoras que pueda querer el transportador para su sistema.

Los servicios auxiliares para la alimentación de los nuevos equipos de conexión se deben acordar con el dueño de la instalación y en caso de que no sea posible llegar a un acuerdo, se pueden instalar nuevos por parte del dueño del proyecto, sin perjuicio de los mecanismos de imposición de servidumbres que prevé la ley en los casos en los que aplique.

Se debe acordar con el dueño de la subestación existente la posible utilización del lote en caso de que exista; así como otros costos en que se llegase a incurrir en uso de terrenos de terceros, sin perjuicio de los mecanismos de imposición de servidumbre que prevé la ley en los casos en los que aplique."

2.3.7. Instalaciones a conectar al sistema

En caso necesario, el usuario deberá instalar los filtros y equipos de compensación requeridos para mitigar los fenómenos que puedan afectar al SIN tales como armónicos o centelleo (flicker), consumo de reactivos excesivos, inducciones sobre elementos metálicos (cercas, tuberías, etc.) e interferencia en los enlaces de onda portadora en circuitos adyacentes, causados por la puesta en operación del proyecto.

Para la puesta en servicio y para establecer que la instalación opera correctamente en cualquier momento, a solicitud del Transportador responsable del punto de Conexión, éste podrá hacer revisiones posteriores y podrá realizar mediciones para determinar el grado de perturbación producido por el proyecto sobre el sistema, lo que puede originar la no autorización de conexión o la notificación de la suspensión en un tiempo prudencial si no se toman las medidas correctivas, de acuerdo con el Artículo 14. Responsabilidad por la Calidad de la Potencia en el STN, de la Resolución CREG 011 de 2009 o aquella que la sustituya o modifique."

3. ANEXO CC.3. REQUISITOS TÉCNICOS DE TELECOMUNICACIONES

En lo referente a infraestructura de telecomunicaciones, se sugiere incluir los siguientes requisitos:

- ✓ RTU con doble puerto para conectividad multi sitio para tener redundancia, implementando enrutadores, interruptores u otros dispositivos para conmutación de canales y direccionar el tráfico a través de VLANs, o cualquier alternativa que pueda garantizar las protecciones.

  Al respecto, el CND propondrá a la CREG estos aspectos y la velocidad de transmisión de los datos que se requiere.

- ✓ Conectividad multi sitio para centros de control, mejorando la disponibilidad de la infraestructura instalada.

- ✓ Integración de medición sincro fasorial, para lo cual, el CND propone la ubicación de PMU, PDC y comunicaciones.

- ✓ Concentradores de datos con tecnologías de publicación de datos en línea a la nube o internet de las cosas

- Se sugiere que el CND proponga los canales de comunicación de voz entre los Usuarios y el CND de acuerdo al estado de operación del sistema, por ejemplo, la regulación chilena prevé condiciones para las comunicaciones en estado normal, en estado de alerta y en estado de emergencia.

- En cuanto a la vigilancia, se sugiere que el CND exija en el caso que un evento o incidente ocurrido en el sistema esté siendo analizado o investigado por la SSPD y el registro de comunicaciones de voz se torne una evidencia necesaria para los anteriores procesos que el citado registro se conserve hasta que dichos procesos hayan concluido o exista pronunciamiento definitivo al respecto. Entendiendo que la SSPD está analizando o investigando un evento cuando así se lo indique al CND.

- Se propone que los Usuarios informen el personal autorizado a comunicarse con el CND a través de los canales de comunicación oficiales, para recibir instrucciones, entregar informaciones y tomar decisiones en nombre de éstos, esta información debe ser actualizada periódicamente y establecer un protocolo para retirar los permisos de acceso al personal que se retire de estas labores.

4. ANEXO CC.4. REQUISITOS TÉCNICOS DE PROTECCIONES

4.1.1. Introducción

El objetivo de este anexo es presentar los requisitos técnicos de los equipos y esquemas de protección del STN que se deben suministrar en el Punto de Conexión, lado Transportador y lado Usuario.

El sistema de protecciones lo componen los relés de protección, las teleprotecciones, los transformadores de tensión y de corriente, los circuitos de disparo y los interruptores.

Este anexo trata exclusivamente sobre los equipos de protección.

Los transportadores dueños del punto de conexión y en el caso de proyectos de conexión, a través de ellos los usuarios, son los responsables del correcto funcionamiento del sistema de protecciones así como de la supervisión y entrega de la información de pruebas durante la puesta en servicio y de cambios en los ajustes de los relés cuando esto sea necesario.

4.1.2. Consideraciones Generales

Los equipos de protección deben ser redundantes y cumplir los siguientes requerimientos generales:

- Detectar y reducir la influencia de una falla en el sistema eléctrico de potencia evitando daños sobre los equipos e instalaciones, manteniendo la estabilidad del sistema de potencia, y evitando poner en peligro la vida de personas y animales, así como el medio ambiente.
- Confiabilidad: Baja probabilidad de omitir disparos
- Seguridad: Baja probabilidad de tener disparos indeseados
- Selectividad: Capacidad de desconectar sólo lo fallado, evitando trasladar los efectos de las fallas a otros lugares del STN o del SIN.
- Rapidez: Velocidad de actuación de la protección, medida como el tiempo de operación de la protección más el tiempo de apertura del interruptor debe cumplir con lo estipulado en la Resolución CREG 025 de 1995 - Código de Conexión, numeral 10.1, de modo que garantice mantener la estabilidad del sistema.
- Sensibilidad: Capacidad de operar con cantidades mínimas.

Los requerimientos de los equipos de protecciones deben basarse en recomendaciones de normas internacionales aplicables, y en recomendaciones o exigencias del Consejo Nacional de Operación – CNO, así como en la coordinación del Centro Nacional de despacho - CND.

Todas las protecciones deben permitir el envío de señales de monitoreo o protección a los sistemas de supervisión local, remota y registro de fallas, así como permitir la posibilidad de la transmisión de eventos por redes de comunicaciones y a la vez deben permitir la integración a redes de gestión de protecciones, remotas."

4.1.3. Funciones complementarias en subestaciones

Los esquemas de protección de líneas anteriormente descritos, deben ser complementados en cada subestación con:

- Relés o funciones de Sobretensión: Se instalarán para proteger los equipos de patio contra sobretensiones sostenidas o temporales de gran magnitud, con unidades instantáneas y temporizadas.
- Relés o funciones de pérdida de potencial en transformadores de tensión
- Protección contra cierre en falla
- Discrepancia de polos

- Localizador de Fallas: Los esquemas de protección de líneas se deben complementar con Localizador de Fallas de lectura directa independiente, o como función de las protecciones principales.
- Relé o función de Recierre: Debe permitir y controlar los recierres monopolares y/o tripolares automáticos. En caso de utilizarse en configuración anillo o interruptor y medio se debe disponer de la lógica programable maestro – seguidor.
- Relés o funciones de falla interruptor: Se instalará este tipo de protección para actuar como respaldo local en caso de falla del interruptor. En caso de que los análisis de seguridad y estabilidad lo demuestren, y ante la existencia de respaldos suficientes, esta protección puede obviarse.
- Relés de supervisión circuito de disparo: Para garantizar alarmas en caso de indisponibilidad del circuito o de las bobinas de disparo del interruptor.
- Relé o función de chequeo de sincronismo: Para verificar las condiciones de sincronismo para los cierres manuales y recierres tripolares.
- Protección Diferencial de Barras: Para garantizar despejes ante fallas en la barra de la subestación. La utilización de esta protección debe tener una justificación en la estabilidad.
- Registrador de fallas: Las especificaciones técnicas están consignadas en el Anexo CC.5 ""Requisitos Técnicos del Sistema de Registro de Fallas"". Este requisito aplica para conexiones de Transportadores, Operadores de Red o sistemas cuya participación es activa durante eventos (generadores, grandes compensaciones, usuarios con grandes motores o generadores en línea) y su utilización será determinada por el Transportador, por el CND, o por la UPME al momento de aprobar el estudio de conexión.
- De acuerdo con las configuraciones de las subestaciones, se debe garantizar que no existirán zonas ni tramos muertos (sin protección), aunque es admisible hacer cubrimientos con respaldos, debidamente justificados.

4.1.4. Protecciones de transformador de potencia y reactor

Para estos equipos al menos se debe disponer de las siguientes funciones de protección:

- Diferencial como protección principal.
- Sobrecorriente de fases y neutro.
- Sobre y baja tensión.
- Sincronismo (transformadores)
- Disparo y bloqueo.
- Mecánicas (presión súbita, sobreflujo, temperatura y Bucholz).
- Supervisión de circuito de disparo.

4.1.5. Protecciones de condensador

Para estos equipos al menos se debe disponer de las siguientes funciones de protección:

- Desbalance de corriente.
- Sobrecorriente de fases.
- Sobre y baja tensión.
- Disparo y bloqueo.
- Supervisión de circuito de disparo.

4.1.6. Protecciones de generadores conectados al STN

Para generadores se deberá disponer al menos de las siguientes funciones eléctricas de protección:

- Diferencial de generador

- Sobre y baja tensión.
- Pérdida de Sincronismo
- Disparo y bloqueo.
- Secuencia negativa
- Pérdida de campo
- Inversión de potencia (excepto para las turbinas no sumergidas)
- Respaldo para falla externa
- Supervisión de circuito de disparo
- Falla a tierra en el 95% estator
- Falla a tierra en el 100% estator
- Falla a tierra rotor
- Sobreexcitación
- Sobrecorriente restringida por tensión o distancia

5. ANEXO CC.5. REQUISITOS TÉCNICOS DEL SISTEMA DE REGISTRO DE FALLAS

- En términos generales, se sugiere adoptar la propuesta del CNO, lo cual podría hacerse mediante Acuerdo, en caso de requerirse el análisis de normatividad adicional, este podría desarrollarse a partir de la metodología propuesta por el Consultor en el documento.

6. ANEXO CC.6. REQUISITOS TÉCNICOS DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL

- Los equipos empleados por los Usuarios para los enlaces, deberán garantizar una disponibilidad de la información, tanto en el centro de control como el CND mayor o igual a 99,5% medida en una ventana móvil de 12 meses, incluyendo en el cómputo a los canales de comunicación de datos. El CND deberá establecer la metodología de medición de esta disponibilidad.
- Los datos que se integren a la base de datos de Tiempo Real deberán registrarse con un retardo no superior a 5 segundos contados desde el momento de su ocurrencia. En el caso de los cambios de estado estos deberán ser enviados con la respectiva estampa de tiempo, usando la versión adecuada del protocolo de comunicación previsto por el CON.
- Adicionalmente, aquellas instalaciones que el CND indique, deberán disponer de servicios de telecomunicaciones adecuados para la transmisión unidireccional hacia el CND de variables fasoriales en tiempo real, que permitan efectuar el monitoreo de la operación dinámica del sistema.
- El CNO analizará la vigencia del protocolo de intercambio de información vigente, en caso de requerir su cambio a un procolo más moderno preverá transiciones para tal fin.

7. ANEXO CC.7. GUÍAS PARA LA ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN DE PLANOS DEL SITIO DE CONEXIÓN

7.1. Introducción

Este anexo presenta las guías sobre la elaboración y presentación de planos, diagramas, manuales, información sobre pruebas y memorias de cálculo que debe tener cualquier proyecto de conexión y que debe ser entregada a la UPME en caso de tratarse de activos de uso del STN.

Toda la documentación relacionada con el proyecto debe utilizar el sistema internacional de unidades, tal como se estipula en Resolución No. 1823 de 1991 de la Superintendencia de Industria y Comercio y en el RETIE artículo 5 Sistema de unidades.

En caso de que se presente ambigüedad en la terminología técnica relacionada con el proyecto, son preferibles las definiciones que se estipulen en la última publicación al respecto, de ""IEC multilingual dictionary of electricity"" y en las recomendaciones de la CCITT en los aspectos de comunicaciones.

Los planos se deben elaborar siguiendo las pautas estipuladas en el RETIE y preferiblemente observando la Publicación ""ISO Standards Handbook 12"" y los formatos de la serie ISO-A.

Se debe disponer de copias de los planos en medio magnético, en lenguaje y versión que sea aplicable y razonable de disponer en el mercado en el momento de efectuarse el Contrato de Conexión.

La lista de documentos debe incluir como mínimo información sobre los planos, diagramas, manuales y pruebas, con el contenido que se indica en los siguientes numerales:"

7.2. PLANOS

Deberá existir un listado general de planos.

Su elaboración se debe realizar observando la última edición (o reemplazo), de las siguientes normas:

- Publicación IEC 60027-1: “Letter symbols to be used in Electrical Technology ".
- Publicación IEC 61082-1: “Preparation of documents used in electrotechnology”.
- Publicación IEC 80416-1: “Basic principles for graphical symbols for use on equipment: ""General principles for the creation of graphical symbols""
- Publicación IEC 60417: ""Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets"
- Publicación IEC 60617: ""Graphical symbols for diagrams""
- IEC 61346 Structuring principles and refrence designation
- IEC 61355 Classificatipon and designation of documents for plants systems
- IEC 61360 Standart data element types
- IEC 61666 Industrial systems, installations and equipment and industrial products - Identificatión of terminals with in a system
- ISO/IEC 11714 Design of graphical symbols for use in the technicl documentation of products
- ISO 14617 Graphical symbols for diagram
- ISO Standards handbook 12 Technical drawings.
- Publicación IEC “Subestation configuration”

En la introducción de la documentación se deben incluir la simbología, la nomenclatura, la Información genérica en los planos y las guías para la elaboración e interpretación de diagramas de circuito.

7.2.1. Planos de Equipos de Alta Tensión

Los planos o catálogos de cada tipo de equipo deben mostrar al menos la siguiente información:

- Dimensiones y masas
- Material de los componentes y su ubicación
- Máximas fuerzas admisibles sobre los bornes.
- Detalles de los bornes de alta tensión y de puesta a tierra.
- Detalle de las cajas terminales.
- Parámetros eléctricos.
- Línea de fuga
- Distancia de arco.
- Detalle para fijación a la estructura soporte.
- Volumen de aceite o SF6
- Dimensiones máximas y mínimas del elemento aislante (porcelana o polimérico).
- Centro de gravedad.
- Centro del área proyectada.
- Área proyectada
- Detalles de pernos, tuercas y arandelas para fijación a la estructura soporte.
- Frecuencia natural
- Amortiguamiento"

7.2.2. Planos de Plantas y Cortes

Los planos de plantas y cortes deben incluir al menos la siguiente información:

- Dimensiones reales de equipos
- Forma de la conexión entre equipos y barrajes
- Verificación de distancias eléctricas.
- Localización de cajas terminales y gabinetes de agrupamiento.
- Ubicación e identificación de equipos de alta tensión, conectores de alta tensión y de puesta a tierra, conductor, cable de guarda y barraje tubular.
- Localización de vías con las distancias de seguridad para circulación
- Localización de casetas de relés
- Malla de puesta a tierra con detalles y valor de la resistencia

7.2.3. Planos de Obra Civil

Los planos de obra civil deben incluir al menos la siguiente información:

- Plano de localización
- Plano de urbanización del lote
- Plano de adecuación
- Planos de planta y corte de las edificaciones principales y del patio de conexiones.
- Planos arquitectónicos.
- Planos de instalación hidráulica, sanitaria, eléctrica, aire acondicionado, etc.
- Plano de vías y circulación
- Planos de cárcamos y ductos
- Planos de drenajes

7.2.4. Planos Eléctricos

7.2.4.1. Diagramas de Principio

- Diagrama unifilar

- Diagrama de protección
- Plano de la lógica de disparo
- Diagramas esquemáticos de control y protección
- Diagrama de medición
- Diagrama de flujo de secuencias de maniobra
- Diagrama lógico de enclavamientos
- Diagrama unifilar del sistema de registro de fallas.
- Diagrama unifilar del sistema de comunicaciones
- Diagrama de la red de gestión de protecciones
- Plano de alimentación y distribución de servicios auxiliares, AC y CC

7.2.5. Diagramas de Circuito (Esquemáticos)

Los diagramas de circuito deben tener todos los diagramas de secuencias y diagramas secuenciales en el tiempo que sean necesarios para clarificar la operación del sistema y deben mostrar todos los terminales de reserva, contactos de relé, etc.

Los diagramas de circuito deben elaborarse con las siguientes características:

- Sistema de referencia de red, usando preferiblemente referencias con números de hoja y designación de fila (Ver IEC 61082 Preparation of documents used in electrotechnology).
- Representación del circuito desensamblado (Ver IEC 61082 Preparation of documents used in electrotechnology).
- Diagramas insertados para las partes referenciadas (Ver IEC 61082 Preparation of documents used in electrotechnology).
- Identificación de ítem de acuerdo con el método 1 y usando la designación funcional (Ver Publicación IEC 81346 Industrial systems, installations and equipment and industrial products - Structuring principles and reference designations - Part 1: Basic rules).
- Estos planos deben contener todas las conexiones eléctricas, con sus referencias cruzadas de un plano a otro claramente

7.2.6. Diagramas de Disposición Física de Elementos

Los diagramas de localización deben contener información detallada sobre la localización de componentes del equipo, por ejemplo borneras, unidades enchufables, subconjuntos, módulos, etc. y deben mostrar la designación del ítem que se usa en los diagramas y tablas donde son utilizados.

7.2.7. Tablas de Cableado

Las tablas de cableado deben ser preferiblemente elaboradas de acuerdo con la Publicación IEC 60391 y deben incluir lo siguiente:

- Tabla de alambrado interno: Esta tabla debe mostrar todas las conexiones dentro de una unidad de una instalación.
- Tabla de cableado externo: Esta tabla debe representar todas las conexiones entre las diferentes unidades de una instalación.
- Tabla de borneras: Esta tabla debe mostrar todas las borneras y bornes (con su disposición física) y los conductores internos y externos conectados a aquellos.
- Incluir la tabla de puentes y conexiones entre borneras

7.2.8. Lista de Cables

En esta lista se consignará por cada cable, el calibre tipo, sus puntos de conexión, longitud.

Las tablas de cableado deben usar marcación dependiente del extremo local (Ver por ejemplo la cláusula 5.1.2 de la Publicación IEC 60391).

7.2.9. Planos de Estructuras

Los planos de estructuras deben incluir al menos la siguiente información:

- Lista de planos
- Planos de las plantillas para colocación de los pernos de anclaje.
- Planos de planta y corte
- Arboles de carga
- Planos de detalle de cada tipo de estructura.
- Peso en kilogramos y relación de la tornillería utilizada.
- Plano de la malla de tierra incluyendo todas las conexiones, terminales y conectores
- Conexiones de la malla de tierra a todos los equipos.
- Plano de apantallamiento

7.2.10. Planos de Servicios Auxiliares y de Emergencia

Los planos de servicios auxiliares y de emergencia deben incluir al menos la siguiente información:

- Diagrama unifilar
- Planos de disposición
- Planos esquemáticos
- Planos de cableado
- Planos de disposición física de equipos en los tableros.
- Lista de materiales y equipo con sus características técnicas.
- Disposición de bancos de baterías.
- Plano de cargadores de baterías.
- Plantas de emergencia

7.3. MANUALES

Los manuales se deben elaborar en castellano y deben preferiblemente utilizar el léxico de la Publicación ""IEC multilingual dictionary of electricity"", y estar conformes con la última edición de las siguientes normas:

- Publicación IEC 61187: ""Electrical and electronic measuring equipment -Documentation"", en lo aplicable.
- Publicación IEC 62271 High-voltage switchgear and controlgear - Part 1: Common specifications, en lo applicable.
- Publicación IEC 60848: GRAFCET specification language for sequential function charts”
- Publicación IEC 61082: ""Preparation of documents used in electrotechnology"".
- IEC SC 3B (Sec.) 51: ""Documentation of power and central systems for plants"".
- ANSI/IEEE C37.1: ""IEEE Standard definition, specification, and analysis of systems used for supervisory control, data adquisition, and automatic control

7.3.1. Manuales de Operación y Mantenimiento

Los manuales de operación y mantenimiento deben contener al menos la siguiente información:

- Guía de Operación: En esta parte se debe indicar cómo es la operación de la subestación, describiendo sucintamente las pautas de diseño y las acciones correctivas cuando se presenten eventos anormales y alarmas.
- Información sobre los sistemas de protección y control: Se debe dar una información sucinta de los sistemas de protección y control, incluyendo al menos la siguiente información:
    - ✓ Diagrama unifilar, diagrama de protección, diagrama de medición y diagrama del sistema de registro de fallas
    - ✓ Diagramas de programación y lógicas desarrolladas dentro de la protección.
    - ✓ Para los sistemas de control convencional se deben incluir los diagramas de flujo de secuencia de maniobras y diagramas lógicos de enclavamientos.
    - ✓ Para los sistemas de control basados en tecnología digital o numérica se deben incluir los diagramas de flujo de secuencia de maniobras y diagramas lógicos de enclavamientos. Adicionalmente, se debe incluir el diagrama funcional preparado preferiblemente de acuerdo con la Publicación IEC 60848 specification language for sequential function chart
- Se debe incluir la base datos y las respectivas direcciones de dicha base de datos
- Información sobre los sistemas de comunicaciones.
- Redes de gestión de protecciones
- Características técnicas garantizadas.
- Información sobre los equipos de alta tensión:
    - ✓ Información general sobre las características y particularidades del equipo.
    - ✓ Instrucciones de operación.
    - ✓ Instrucciones de mantenimiento y reparación.
    - ✓ Planos e información que se estipula en la sección 5.13.
    - ✓ Información sobre las medidas de mantenimiento a observarResultado de las pruebas en fábrica de los equipos.
    - ✓ Información sobre los sistemas de protección, control y comunicaciones:
- Información general sobre las características y particularidades del equipo.
- Instrucciones de operación.
- Instrucción de mantenimiento y reparación.
- Información como la estipulada en la Publicación IEC-61187 Electrical and electronic measuring equipment - Documentation) incluyendo:
- Manual de instrucciones, con todos los suplementos especificados en la cláusula 5 literal o.
- Lista de empaque de los repuestos.
- Bitácora para mantenimiento.
- Diagramas de circuitos impresos.
- Lista de componentes y sus reemplazos.
- Se debe incluir los resultados de las pruebas de puesta en servicio.

7.3.2. Manuales de Montaje

Los manuales de montaje deben contener al menos la siguiente información:

- Guías generales para el montaje.
- Instrucciones para transporte, almacenamiento y montaje de los equipos de alta tensión, protección, control, y comunicaciones. Dichas instrucciones preferiblemente deben seguir los delineamientos de las cláusulas 10.2 y 10.3 de la Publicación IEC 62271 High-voltage switchgear and controlgear - Part 1: Common specifications.
- Formato para cada equipo en el cual se consignen los resultados de las pruebas en sitio.
- Se deben incluir los Planos y diagramas propios de cada equipo.

- Se deben suministrar las instrucciones propias de cada equipo, con sus características técnicas y recomendaciones propias de fábrica.
- Se debe indicar claramente los pasos para ensamblar y armar completamente un equipo.

7.3.3. Manuales de Planos Eléctricos

Los manuales de planos eléctricos deben contener al menos la siguiente información:

- Lista de planos
- Diagramas de circuito. Planos esquemáticos de control y protección
- Diagramas de localización
- Tablas de cableado
- Diagrama de red de gestión
- Programación y configuración del relé

7.4. PRUEBAS

7.4.1. Pruebas Tipo

Se deben disponer copias de los reportes de pruebas tipo que satisfagan lo estipulado para cada equipo en particular. Para efectos prácticos, las pruebas que de acuerdo con IEC se denominan ""Pruebas Tipo"" en el IEEE se denominan ""Pruebas de Diseño"", por lo tanto ambas terminologías son equivalentes."

7.4.1.1. Pruebas de Rutina y Aceptación

- Los equipos se deben ensamblar completamente para someterse a las pruebas de rutina y aceptación, las cuales se deben realizar de acuerdo con las normas que las rigen.
- Sólo deben aceptarse equipos que cumplan satisfactoriamente las pruebas de rutina y aceptación.
- Se debe indicar los protocolos de la base de datos y las respectivas direcciones de cada uno de los elementos que la conforman.
- No se deben indicar pruebas de componentes, sino pruebas a equipos completos.
- Se deben anexar los resultados de todas las pruebas de rutina y aceptación ejecutadas, debidamente firmadas

7.4.2. Pruebas de Campo y Puesta en Servicio

Las pruebas de campo para los equipos del punto de conexión, las ejecutará el Transportador en conjunto con el Usuario y el supervisor del fabricante de los equipos. El supervisor debe proponer los formatos para el registro de la prueba de los equipos. El Usuario debe elaborar el protocolo de las pruebas y verificaciones para la puesta en servicio.

Se debe disponer de todas las pruebas de puesta en servicio, debidamente elaboradas.

7.4.3. Plan de Pruebas

El plan de pruebas debe incluir al menos, la siguiente información:

- Equipo a probar
- Fecha prevista para la ejecución de las pruebas
- Normas que rigen la prueba
- Pruebas a realizar

- Tipo de prueba: rutina, aceptación o prueba de acuerdo con la práctica del fabricante.
- Procedimientos, incluyendo formato del fabricante para el registro de la prueba.
- Equipos e instrumentos de prueba y criterios de calibración.
- Criterios de aceptación de las pruebas.

7.5. MEMORIAS DE CÁLCULO

- Verificación de las solicitudes sísmicas de los equipos de alta tensión y tableros.
- Cargas ejercidas por los equipos de alta tensión sobre la estructura soporte, debidas a:
  - ✓ Cargas de sismo.
  - ✓ Cargas de corto circuito calculadas preferiblemente en conformidad con la guía CIGRE WG2/SC23 1987 ""The mechanical effects of short-circuit currents in oper air subestations"".
  - ✓ Cargas de viento.
- Calculo de cortocircuito en la subestación o nodo de conexión
- Ajustes de los relés de protección, registradores de fallas y localizadores de fallas, de acuerdo con los criterios y estudios del sistema que el Transportador suministre. Se debe incluir el cálculo de la carga real en los circuitos secundarios de tensión y de corriente incluyendo el consumo del cable.
- Se debe disponer de la programación y configuración de los relés de protección
- Cálculos del sistema de comunicaciones.
- Cálculos de la malla de tierra, incluyendo tensiones de paso y tensiones de toque
- Calculo del apantallamiento
- Cálculo de las tensiones de tendido de las derivaciones y barras, teniendo en cuenta los siguientes parámetros:
  - ✓ La tracción permanente (every day stress) objetivo es de 10 N/mm².
  - ✓ Las tensiones de tendido deben darse desde +10*C a +40*C en pasos de +5*C.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CNO – IEB. Apoyo en la Integración y Mejoramiento de la Propuesta de Revisión del Código de Conexión. Informe Propuesta Final IEB. Abril, 2018.