

**ESPECIFICACIÓN TÉCNICA**

**MONTAJE ELECTROMECANICO, PRUEBAS DE**

**EQUIPOS Y PRUEBAS DE PUESTA EN SERVICIO**

**COCHABAMBA - BOLIVIA**

**TABLA DE CONTENIDO**

[1. ALCANCE 3](#_Toc455690833)

[2. ACTIVIDADES DEL PROYECTO 3](#_Toc455690834)

[3. CONDICIONES DEL MONTAJE 3](#_Toc455690835)

[4. SECUENCIA DE MONTAJE 4](#_Toc455690836)

[5. EQUIPOS, HERRAMIENTAS Y MATERIALES 5](#_Toc455690837)

[6. ACCESORIOS PARA MONTAJE 5](#_Toc455690838)

[7. ALMACENAMIENTO Y MANEJO 6](#_Toc455690839)

[8.1. VERIFICACIÓN 6](#_Toc455690840)

[8.2. ALMACENAMIENTO 6](#_Toc455690841)

[8.3. REPUESTOS 6](#_Toc455690842)

[8.4. IDENTIFICACIÓN 6](#_Toc455690843)

[8.5. SISTEMA DE INVENTARIO 6](#_Toc455690844)

[8.6. MANEJO 7](#_Toc455690845)

[8.7. EMPAQUE DE EQUIPOS 7](#_Toc455690846)

[8.8. ELEMENTOS EN GABINETES EXISTENTES 7](#_Toc455690847)

[8. PERSONAL DE MONTAJE, PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO 8](#_Toc455690848)

[9. MONTAJE 8](#_Toc455690849)

[10.1. PROCEDIMIENTOS GENERALES 8](#_Toc455690850)

[10.2. ESTRUCTURAS 11](#_Toc455690851)

[10.3. CABLES Y AISLADORES 11](#_Toc455690852)

[10.4. SERVICIOS AUXILIARES 12](#_Toc455690853)

[10.5. EQUIPOS DE ALTA TENSIÓN 12](#_Toc455690854)

[10.6. EQUIPOS DE PROTECCIÓN, CONTROL Y TELECOMUNICACIONES 13](#_Toc455690855)

[10.7. CABLEADO Y CONEXIONADO 13](#_Toc455690856)

[10.8. PREVENCIONES CONTRA EL FUEGO 15](#_Toc455690857)

[11. PRUEBAS 15](#_Toc455690858)

[11.1. GENERALIDADES 15](#_Toc455690859)

[11.2. PRUEBAS INDIVIDUALES 16](#_Toc455690860)

[11.3. PRUEBAS FUNCIONALES 18](#_Toc455690861)

[11.4. PRUEBAS DE PUESTA EN SERVICIO 18](#_Toc455690862)

[11.5. PRUEBAS DE RECEPCIÓN 18](#_Toc455690863)

# ALCANCE

Este documento especifica los requisitos para la realización de todas las actividades necesarias para el montaje, pruebas y puesta en servicio de las subestaciones objeto de este proyecto. Las actividades asociadas a la puesta en servicio deberán realizarse de acuerdo con los requerimientos presentados por ENDE CORPORACIÓN.

# ACTIVIDADES DEL PROYECTO

Dentro de las labores de montaje se deben desarrollar las siguientes actividades:

1. Recibir los sistemas, equipos y materiales.
2. Elaborar las actas de arribo de suministros, las cuales servirán de sustentación para el pago de éstos.
3. Ingresar los sistemas, equipos y materiales al sistema de inventarios de ENDE CORPORACIÓN. Detalles sobre este procedimiento y los formatos correspondientes serán informados posteriormente por ENDE CORPORACIÓN al Contratista.
4. Administrar el sistema de inventario.
5. Elaborar las actas de avance, las cuales servirán de sustentación para las cuentas mensuales que se presentarán por concepto del montaje, pruebas y puesta en servicio, cuando aplique.
6. Ejecutar las pruebas de recepción, como requisito para la expedición del Certificado de Recepción.
7. Movilizar, manejar y almacenar en el sitio equipos, materiales y herramientas, incluyendo vigilancia y mantenimiento seguro de los mismos.
8. Montar y probar los equipos de acuerdo con los manuales de montaje suministrados y las instrucciones que los ingenieros y técnicos de montaje de los equipos den al respecto.
9. Modificar las telecomunicaciones o los sistemas de protección en las subestaciones adyacentes que se requieran.
10. Entregar repuestos debidamente empacados y, relacionados e inventariados, en el sitio indicado por ENDE CORPORACIÓN y dando cumplimiento a los procedimientos que se indiquen.

# CONDICIONES DEL MONTAJE

Se debe tener en cuenta que las labores de montaje se adelantarán con las subestaciones energizada (en caso de trabajar próximo a la subestación existente), razón por la cual se debe coordinar permanentemente con el personal de ENDE CORPORACIÓN y con la supervisión las consignaciones que sean necesarias para adelantar dichas labores. Estas labores serán dirigidas por el respectivo ingeniero de montaje y coordinadas con el personal de ENDE CORPORACIÓN.

Durante las labores de montaje en patio se encontrarán equipos energizados, por lo que las zonas de trabajo deben ser debidamente delimitadas, el personal capacitado y las normas y procedimientos de seguridad estrictamente vigilados. Para los trabajos que se requieran realizar en cercanías de equipos energizados o para realizar conexiones a estos, el Contratista deberá solicitar la consignación de los equipos al menos con 30 días de anticipación.

Las labores de montaje y conexionado en gabinetes existentes se deberán hacer en lo posible durante los períodos de consignación de las subestaciones. En caso de no ser posible, éstas se ejecutarán con los gabinetes energizados tomando todas las precauciones posibles para evitar disparos o funcionamientos incorrectos en la instalación existente. Estas labores serán coordinadas y dirigidas por el personal de ENDE CORPORACIÓN con el personal suministrado por el Contratista.

Se debe tener en cuenta que la consignación de operación de las subestaciones se dará cuando las condiciones de operación de éstas lo permitan, comprometiéndose ENDE CORPORACIÓN a tratar de obtenerlas lo más pronto posible de acuerdo con la solicitud del ingeniero de montaje según el programa de montaje aprobado y no habrá lugar a reclamos por parte del Contratista por no poderse consignar la subestación en el momento previsto.

En este documento se entiende por consignación lo siguiente:

1. Consignación local: Cuando en una intervención en un equipo o en un trabajo no se vean comprometidos en su funcionamiento las líneas, los transformadores, las máquinas de generación, los circuitos de recierres o en donde no existan con estos trabajos riesgos de disparo.
2. Consignación nacional de transmisión: cuando con algunos trabajos se vean comprometidos los equipos mencionados en el literal anterior, con excepción de las máquinas de generación. También es consignación nacional de transmisión cuando se vean comprometidas parcialmente las telecomunicaciones o los servicios auxiliares.  Consignación parcial significa que se saque de servicio una de las alternativas.
3. Consignación nacional de generación: cuando se encuentren comprometidas las unidades de generación.

# SECUENCIA DE MONTAJE

A continuación se presenta una secuencia general de montaje para las subestaciones Padilla, Monteagudo y Camiri. Esta secuencia es una propuesta que ENDE CORPORACIÓN considera viable, sin embargo el Contratista puede presentar otras alternativas de montaje que a su criterio, considere más convenientes.

Cualquiera que sea la secuencia adoptada por el Contratista, éste deberá realizar un plan de consignaciones para revisión y aprobación de ENDE CORPORACIÓN, en el cual se describan las etapas y la secuencia de los trabajos a realizar, con un estimativo de las horas de duración de los trabajos, una descripción detallada del trabajo a realizar paso por paso, los requerimientos de personal, equipos y materiales, así como otros requerimientos particulares que tenga cada consignación. De igual forma, para cada etapa se deberán someter a aprobación de ENDE CORPORACIÓN documentos detallados de interfaz con las actividades a desarrollar y las respectivas órdenes de trabajo de conexión y desconexión, tanto de los circuitos asociados con los sistemas de control, protección, servicios auxiliares y comunicaciones, como los asociados con alta tensión. Las actividades se deben planificar teniendo en cuenta que sólo se puede contar con dos cortes de energía de la subestación por semestre y de ocho horas cada uno.

La secuencia de montaje consiste en lo siguiente:

1. Construcción de todas las obras civiles asociadas a la subestación y a la ampliación de subestaciones existentes.
2. Instalación de los pórticos, equipos de alta tensión, sistemas de protección, control, medida y telecomunicaciones.
3. Conexionado en alta y baja tensión (servicios auxiliares, control, protecciones, medida, etc).
4. Pruebas individuales de todos los equipos
5. Pruebas funcionales de la subestación de manera que se encuentre disponible para su energización y puesta en servicio.

# EQUIPOS, HERRAMIENTAS Y MATERIALES

Se debe suministrar e instalar todos los soportes, elementos de fijación, andamios, grúas, tractores, equipos de topografía, vehículos de transporte, poleas, disolventes, lubricantes, herramientas, equipos para conexionado así como todos los demás elementos y materiales fungibles requeridos para el correcto montaje y puesta en servicio de los equipos, indicado por los fabricantes y las Normas.

Todos los materiales suministrados y que queden incorporados en la instalación deben ser nuevos y estarán sujetos a inspección y examen por parte del Ingeniero de montaje y el Supervisor.  Cualquier material que sea rechazado por el Supervisor debe ser retirado y sustituido por otro de calidad aprobada.

# ACCESORIOS PARA MONTAJE

Todos los elementos necesarios para la fijación, marcación, identificación y conexión adecuadas de los cables multiconductores y los conductores de éstos, tales como bandas y accesorios de nylon, prensaestopas, placas metálicas, anillos plásticos, terminales, tuberías flexibles, uniones universales, boquillas, tuberías metálicas, soportes para tuberías, conectores para puesta a tierra, etc. deben ser suministrados por el Contratista.

Las bandas y accesorios de nylon para amarre y fijación de conductores y cables, deben ser fuertes, livianos, flexibles, de fácil manejo, que permitan su instalación manual y que sólo requieran herramientas para su ajuste final.

Los prensaestopas deben ser metálicos para el exterior y pueden ser plásticos para el interior. Deben tener contratuerca y anillo de caucho o material similar que permita un buen ajuste entre éste y el cable.

Los anillos plásticos deben ser preferiblemente del tipo “V grooved” con letras o símbolos indelebles (no se aceptarán elementos de identificación para fijar con material pegante) y adecuados para el diámetro externo de los conductores.

En caso de necesitarse terminales para los conductores, deben ser de cobre o bimetálicos del tipo compresión, de fácil instalación, ajuste perfecto con el conductor, alta resistencia a las variaciones de temperatura, a la corrosión, a las vibraciones y a los esfuerzos mecánicos.

# ALMACENAMIENTO Y MANEJO

## VERIFICACIÓN

El Ingeniero de montaje debe verificar en asocio con el Supervisor, el estado y calidad de los materiales y equipos que lleguen.  Los daños y defectos encontrados deben ser reparados o reemplazados cuando a juicio del Supervisor sea posible.

## ALMACENAMIENTO

Se debe preparar un sitio adecuado, aprobado por el Supervisor, para el correcto almacenamiento de los equipos.  En caso de requerirse, se debe construir durante el montaje una bodega provisional del tamaño adecuado para garantizar el correcto almacenamiento de los materiales y equipos delicados.  Dicha bodega debe ser desmontada al finalizar la etapa de montaje de la subestación.

## REPUESTOS

Los repuestos deben ser probados en forma similar que el equipo principal y ser entregados a ENDE CORPORACIÓN debidamente inventariados y catalogados de acuerdo con las instrucciones que ENDE CORPORACIÓN imparta al respecto.

## IDENTIFICACIÓN

Todos los materiales deben estar completamente identificados de acuerdo con el Contrato de origen, la identificación de la lista de empaque correspondiente y la referencia del catálogo o instrucción de montaje correspondiente.

## SISTEMA DE INVENTARIO

El Contratista debe implementar un sistema de inventario sistematizado, con base en el cual se hará la gestión de materiales y debe tener al menos la siguiente información:

1. Ingreso del material, indicando:
2. Fecha de elaboración del formato
3. Equipo o material
4. Pedido de origen
5. Número de caja
6. Referencia de la parte
7. Descripción de la parte
8. Cantidad a ingresar
9. Firma del responsable
10. Egreso del material:
11. Fecha de elaboración
12. Nombre y firma de la persona autorizada que realiza el egreso
13. Cantidad que se entrega
14. Existencia después del último egreso

## MANEJO

Será responsabilidad del Contratista el manejo y vigilancia de los equipos en el lugar de almacenamiento y su transporte al lugar de montaje.  Por esto debe tener personal calificado y equipos de izar adecuados para su movilización y manejo.

Se debe tener cuidado al desempacar los equipos para evitar los daños y para que la madera sufra el menor deterioro posible.  Esta se almacenará en el lugar que indique el Supervisor.

Se debe movilizar el equipo dentro de la subestación desde el sitio donde esté almacenado hasta el sitio de montaje específico.  Para esto y para el montaje en sí, se debe tener el equipo necesario para la movilización y el manejo del equipo dentro de los sitios de montaje.

## EMPAQUE DE EQUIPOS

El empaque de los equipos, cuando se requiera, debe hacerse en cajas de madera fina tal que no se requiera inmunizaciones, suministrada por el Contratista.

El empaque debe ser acorde con la forma, volúmenes y peso del equipo a empacar. El equipo debe ir protegido con sacos de polietileno o similar, agregando la cantidad necesaria de gel de sílice si lo requiere. Así mismo, el equipo debe quedar fijo a la caja de tal forma que no se produzca ningún movimiento del mismo. Se debe elaborar una relación de empaque para someter a la aprobación de ENDE CORPORACIÓN.

## ELEMENTOS EN GABINETES EXISTENTES

Se debe tener en cuenta que se pueden modificar los sistemas de enclavamientos, sincronización, señales comunes etc., de los sistemas de control y protección, lo que hace necesario desarrollar algunas actividades en los gabinetes de protección y control existentes, para lo cual se requeriría una estricta coordinación con el área de operación.

Estas labores consisten en instalar relés auxiliares, borneras, bloques de corriente, de tensión, rieles, alambrar relés existentes, conexionado de gabinetes, etc. Todos estos elementos deberán ser suministrados por el Contratista.

Se deben efectuar las labores de perforación de láminas de los gabinetes, alambrado y conexionado tomando como base las tablas suministradas por el fabricante y sus indicaciones. Los cables deben quedar bien organizados, probados, “timbrados”, marcados por núcleos y colocados en su borne, y conectados a tierra las pantallas.

Estas labores se adelantarán bajo la supervisión del Interventor, pero el montaje es responsabilidad del Contratista.

Los elementos que se entreguen sueltos incluyendo los accesorios de equipos de transformación y compensación deben probarse antes de montarlos y conectarlos, para constatar su correcto funcionamiento.

# PERSONAL DE MONTAJE, PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO

El Contratista debe suministrar todo el personal requerido para el montaje, pruebas y puesta en servicio, el cual debe ser idóneo para las actividades que se ejecuten y debe trabajar bajo la dirección y coordinación del personal de pruebas de campo y puesta en servicio solicitado en el pliego de condiciones.

ENDE CORPORACIÓN se reserva el derecho de ordenar el retiro de la o las personas que a su juicio sean perjudiciales para la buena marcha del Contrato y a exigir que sean reemplazadas por otras mejor calificadas.

# MONTAJE

## PROCEDIMIENTOS GENERALES

### REQUERIMIENTOS GENERALES DEL MONTAJE

Es responsabilidad del Contratista:

1. Desembalar las estructuras de pórticos y de soporte de equipos, ensamblarlas con todos sus accesorios, montarlas sobre las bases previamente desarrolladas en la obra civil, nivelarlas y anclarlas.
2. Desembalar los equipos para servicios auxiliares (celdas, cables, terminales y transformadores, gabinetes de distribución), movilizarlos hasta los sitios de montaje, instalarlos y ensamblarlos con todos sus elementos y accesorios, realizando todo el cableado y conexionado interno, externo y de puesta a tierra.
3. Desembalar los equipos de alta tensión y las cajas terminales, los gabinetes de control y mando y el material de conexión, movilizarlos hasta los sitios de montaje, tender los vanos de cables incluyendo las cadenas de aisladores, instalar los equipos en las estructuras de soporte con sus gabinetes y accesorios, nivelarlos, anclarlos, realizar las conexiones de alta tensión hasta los equipos adyacentes, montar tuberías, palancas y accesorios en general que se necesitan para la correcta operación de los equipos y realizar las conexiones de control, fuerza y de puesta a tierra.
4. Desembalar los gabinetes de protección, sistemas de control  (SAS, control convencional), de agrupamiento y telecomunicaciones, movilizarlos hasta los sitios de montaje; anclarlos, y nivelarlos, realizando todo el cableado y conexionado interno, externo y de puesta a tierra.

### REPARACIÓN DE EQUIPOS DETERIORADOS

Todas las estructuras, materiales y equipos que durante el transporte, almacenamiento o el montaje sufriesen deterioro en su pintura o galvanizado, deben ser debidamente reparados y retocados siguiendo las instrucciones propias de cada caso y el color de pintura particular.

### LIMPIEZA Y PROTECCIÓN DE EQUIPOS

Después de terminadas las labores de montaje, cada equipo se debe limpiar y proteger adecuadamente para controlar así la posible oxidación.  Los sitios de almacenamiento deben poseer un ambiente seco y libre de contaminación.

### CONCRETOS SECUNDARIOS

Al hacer el vaciado de los concretos secundarios para soportes y en general para partes empotradas, se debe cumplir con lo estipulado en el numeral 5. “Obras Civiles Generales” PLCS-SE-ET-022. Se debe tener especial cuidado de fijar bien los elementos para impedir su desplazamiento durante el vaciado del concreto secundario.

### EQUIPO MISCELÁNEO

#### CONEXIONES DE PUESTA A TIERRA

Todos los equipos, estructuras, pantallas de cables, puertas metálicas, tanques de combustible, tuberías y gabinetes que han de montarse deben ser conectados a la malla de puesta a tierra.

Los cables de conexión a tierra de los equipos deben ser instalados con el mínimo número de curvas y por el camino más corto a la malla.  Los seccionadores de puesta a tierra y los pararrayos (en caso de requerirse) deben ser puestos directamente a la malla de tierra.  Los cables de guarda deben ponerse a tierra en las columnas de entrada de línea soportados sobre la estructura del pórtico.

Al realizar la conexión de tierra se debe remover la pintura o esmalte (no es aplicable para galvanizado) de la superficie donde se instale el terminal de puesta a tierra.  Después de instalado se retocarán los espacios adyacentes y se sellarán las uniones para que no penetre humedad en el punto de conexión.

En los marcos de soporte, tanques y tuberías se debe lograr continuidad instalando puentes de cable de cobre o platina de cobre donde se requiera.  El bajante de conexión de los equipos a la malla de puesta a tierra, debe ser lo más corta posible, evitando el uso de empalmes.

#### TUBERÍAS CONDUIT Y FLEXIBLE

Se deben realizar las perforaciones en muros, estructuras, bases, pisos, gabinetes y otros para pasar, empotrar, fijar o anclar las tuberías y su posterior resane o relleno si es aplicable.

Si es necesario hacer dobladuras, estas se deben hacer en frío y se rechazarán las que queden aplanadas.  Se debe procurar en términos generales instalar las tuberías conduit con el mínimo de cruces y curvas.  Para tuberías con diámetro mayor de 12 mm se deben usar curvas prefabricadas o condulets.

Las huellas dejadas en tubos por las llaves de tubo, por las prensas, y otras herramientas deben ser reparadas con tratamiento apropiado para cada tipo de tubería.  Igual tratamiento se debe dar a los cortes, dobladuras y extremos roscados cuando la pintura o galvanizado se ha deteriorado o perdido.

Las tuberías conduit metálicas deben ser puestas a tierra por medio de abrazaderas o boquillas cuando no tengan continuidad a tierra en cajas o gabinetes.

Los tubos conduit PVC serán fijados cada metro y los metálicos cada dos metros.  Deben ser fijados a cajas y gabinetes con boquilla y contratuerca, a muros y estructuras con abrazaderas y grapas.  Los soportes para grapas y abrazaderas, cajas y otros accesorios deben ser fijados con pernos de expansión.  Se permitirán chazos plásticos sólo para soporte de tuberías de 12 mm de diámetro.  La tubería PVC enterrada se debe anclar y proteger con concreto, con una capa no inferior a cinco centímetros o como se muestra en planos.

Cuando queden extremos de conduit expuestos, deben ser sellados con un material apropiado.  Se deben evitar tramos sin drenaje natural y si por alguna razón se presentan, se debe hacer una pequeña perforación en la parte más baja del tubo para permitir el drenaje de la condensación.

En general las tuberías serán utilizadas así:

1. Conduit de acero rígido: en instalaciones interiores expuestas ó exteriores con conexión al aire
2. Tubería PVC:  Para ductos y conducciones enterradas y embebidas
3. Conduit Flexible
4. Cajas terminales de equipos de alta tensión y conduits de acero rígido
5. Cajas terminales de equipos de alta tensión y cajas de conexión

## ESTRUCTURAS

Las estructuras para pórticos, soporte de equipos y equipos de comunicaciones cuando se requiera se deben montar de tal forma que sus miembros no sufran esfuerzos superiores a los considerados en el diseño, los cuales puedan causar deformaciones o daños en el galvanizado.  Las piezas que por este motivo sufran daño podrán ser rechazadas y deben ser repuestas o reparadas a juicio del Supervisor y según la gravedad del daño.

Una vez finalizado el montaje completo de las estructuras, los pernos se deben apretar definitivamente de acuerdo con las recomendaciones AISC para pernos de alta resistencia o de acuerdo con las instrucciones del fabricante de las estructuras.

Todas las estructuras una vez montadas deben permanecer verticales bajo los esfuerzos impuestos por los conductores y los accesorios instalados sobre ella.  La máxima tolerancia de desviación del eje transversal o longitudinal para columnas autosoportadas será del 0,2% de la altura total.  Estas tolerancias deben ser verificadas con control topográfico.

Cortes, perforaciones y limados sólo se permitirán para correcciones y ajustes menores con autorización del Supervisor.  Estos ajustes deben evitarse al máximo en estructuras ya montadas y sus bordes deben ser debidamente tratados para reparar la pintura o galvanizado.  Para verificar que el alineamiento y nivelación de las estructuras esté dentro de las tolerancias, se debe utilizar control topográfico durante el montaje.

Las estructuras de soporte deben montarse en tal forma que queden firmemente ajustadas y niveladas en su lugar antes de proceder con el montaje de equipos.

## CABLES Y AISLADORES

Los carretes de cable de aluminio y cable de guarda no se deben destapar hasta tanto se inicie el tendido de los barrajes.  Se deben prever medios para evitar que se rayen o dañen los conductores durante el tendido colocando soportes temporales o protecciones sobre el suelo. Los conductores deben manipularse de tal forma que durante la instalación no se aflojen las capas interiores o exteriores del cable.

Se deben tomar especiales precauciones para evitar daños en la estructura ocasionados por las poleas y aparejos utilizados durante el tendido de conductores.  No se deben colocar aparejos sostenidos en puntos medios de elementos de las estructuras.  En caso necesario se deben colocar vientos sobre la estructura para protegerla durante el tensionado de los conductores.

El contratista suministrará y someterá a aprobación las tablas de tendido para los vanos de las conexiones superiores y las barras y el método de tensionado de los cables.  El cable se debe tender y llevar a una tensión cercana a la especificada con la ayuda de dinamómetro y posteriormente, después de un tiempo prudencial determinado por la Supervisión, se debe proceder al tensionado y ajuste final con verificación topográfica.

La temperatura para el flechado debe tomarse por medio un termómetro instalado dentro de una canasta fabricada con un trozo de conductor y suspendida de la estructura, por lo menos 15 minutos antes de tomar la lectura.  Las flechas finales medidas no deben diferir en más del 1% de las calculadas.

Se debe llevar un registro en el cual se muestre para cada fase de cada vano, la flecha de diseño y la flecha medida el día de tendido inicial y el día de verificación final incluyendo las correspondientes temperaturas.  Este registro debe entregarse al Supervisor al finalizar el montaje.

Para apretar los pernos de los conectores se deben usar llaves torcométricas, respetando los valores de los torques indicados por los fabricantes.

Los aisladores de soporte deben instalarse, en forma vertical sobre estructuras de soporte y en forma invertida sobre las vigas de los pórticos, con todos sus elementos necesarios para soporte de los puentes de las barras, los barrajes del nivel superior de conexiones y los barrajes de nivel de conexión de equipos.

## SERVICIOS AUXILIARES

Se deben montar todos los elementos que constituyen el sistema de servicios auxiliares, siguiendo las instrucciones de cada uno de los fabricantes y verificando que cada parte del sistema se coordine apropiadamente con los demás, incluyendo los cables y terminales preformados

Las celdas y los gabinetes que constituyen el sistema de servicios auxiliares, tanto de corriente alterna como de corriente continua, deben quedar completamente ensamblados, anclados, con puesta a tierra, con todos sus elementos y accesorios, cableados y conexionados individualmente y entre sí en media y baja tensión, de acuerdo con los planos definitivos debidamente aprobados y bajo la supervisión del Ingeniero o técnico de los servicios auxiliares.

## EQUIPOS DE ALTA TENSIÓN

Los equipos de alta tensión deben quedar montados con todos sus accesorios incluyendo conexiones en alta tensión (entre equipos y con las barras y tendidos superiores y de entrada de circuito), mecanismo de operación, gabinete de mando, cajas terminales, conexionados internos y externos, incluyendo cajas de agrupamiento, tuberías para conexionado externo, puesta a tierra de la estructura soporte, equipo y gabinete de mando, etc.

Se deben estudiar previamente los manuales de montaje y seguir paso a paso las instrucciones correspondientes bajo la dirección de los ingenieros o técnicos de montaje de los equipos respectivos.

Para los interruptores deben realizarse su completo ensamble, procediendo al llenado con SF6 a la presión especificada por el fabricante, efectuando el ajuste necesario en su mecanismo de operación.

Para los seccionadores y seccionadores con cuchilla de puesta a tierra, debe tenerse especial cuidado en su reglaje, es decir, en la calibración de penetración de los contactos y el adecuado ajuste mecánico de estos y de su mecanismo de operación y de los contracontactos para los seccionadores de conexión vertical

En los transformadores de corriente se debe verificar la correcta conexión de los puentes necesarios para ajustar la relación de transformación adecuada.

En los pararrayos se debe tener especial cuidado en la conexión en cable aislado o barra entre el terminal de tierra del pararrayos y el contador de descargas.

Para la conexión en alta tensión entre equipos y sus bajantes desde los barrajes del nivel superior de conexiones, se deben utilizar los conectores y las longitudes de cables apropiados de manera que las conexiones y conductores queden firmes y no presenten esfuerzos indebidos aún en condiciones extremas de temperatura.

Las conexiones en tubos de aluminio deben ser hechas de modo tal que no se presente ningún esfuerzo indebido sobre el conector o el terminal del equipo.  Se deben ejecutar las actividades necesarias tales como limpieza, dobleces, cortes y pulimento de los extremos, para evitar al máximo las descargas de corona.  Sólo se permitirá un máximo de dos dobleces en un mismo tubo. Dentro de cada tramo de tubo se debe instalar un trozo de cable de alta tensión en el interior, en un extremo del tubo, para el control de vibraciones.

## EQUIPOS DE PROTECCIÓN, CONTROL Y TELECOMUNICACIONES

Los gabinetes y equipos de protección, medida, SAS y PLP se deben instalar, ajustar y realizar las verificaciones para pruebas y puesta en servicio de acuerdo con las indicaciones de los fabricantes y de los ingenieros o técnicos de montaje respectivos.

Se deben colocar y fijar todos los gabinetes completos con sus elementos ensamblados y accesorios en sus fundaciones, nivelarlos, anclarlos, unir los tableros entre sí, conectarlos a tierra, así como ejecutar el cableado entre ellos y al exterior de acuerdo con las tablas de cableado y conexionado, incluyendo la realización de los puentes entre borneras que se requieran.

Se deben instalar los prensaestopas necesarios, de tal manera que en la llegada de conduits o multiconductores a gabinetes interiores o exteriores se impida la entrada de pequeños insectos o roedores.

## CABLEADO Y CONEXIONADO

Se deben probar, instalar, amarrar, fijar, identificar y conectar todos los cables de fuerza y control, suministrando y utilizando todos los elementos y accesorios requeridos para tal fin, así como las tablas de cableado, conexionado e interfaz. Los cables en todos los gabinetes de control, protección, registro de fallas, agrupamiento, telecomunicaciones, servicios auxiliares, mando y control de equipos deben quedar bien organizados, con su respectiva marca por núcleo y cable, probados y conectados a tierra la pantalla de los multiconductores.

Los empalmes sólo serán permitidos en casos especiales (por ejemplo cables de fuerza) y se harán únicamente en gabinetes o cajas, previa aprobación del Supervisor y nunca en tuberías o ductos.  El empalme usado será de presión.

El tendido de los cables debe ejecutarse con el máximo cuidado, protegiéndolos para que no sufra el aislamiento, con curvas de radios no inferiores a lo especificado por el fabricante, sin entrelazarlos y buscando que los cruces entre cables de alta tensión y control sean a 90 grados, y tomando otras medidas que permitan su mantenimiento, su identificación y que reduzcan la inducción.

Los cables que se dañen durante el tendido, pruebas y puesta en servicio deben ser cambiados por cuenta y riesgo del Contratista.

Los cables deben ser fijados así:

1. En gabinetes, en edificios cuando estén a la vista y en el interior de cajas terminales: Con bandas y demás accesorios de nylon.
2. En los cárcamos deben quedar tendidos en rutas claramente definidas, organizados, amarrados y fijados con bandas de nylon de longitud adecuada.
3. A la entrada de cajas terminales, cuando no vengan por tubería: Con prensaestopas metálico verificando que el diámetro del cable coincida con el del empaque del prensaestopas, con el fin de obtener soporte y hermeticidad.

La pantalla de los cables de control instalados entre el patio y el edificio de control y entre las casetas, debe ser conectada a tierra en ambos extremos y la de los cables de fuerza y la de los conductores instalados dentro del edificio de control y dentro de las casetas en un solo extremo, así:

1. Preferiblemente a través de prensaestopas, si éste es adecuado para la puesta a tierra de las pantallas.
2. Si la pantalla es de trenza de cobre, ésta se debe conectar directamente a la barra de puesta a tierra del gabinete, para lo cual se debe dejar un trozo de pantalla sin cortar, después de haber retirado la chaqueta del conductor a la entrada de los gabinetes.
3. Si la pantalla es de cinta de cobre, a la entrada de los gabinetes se debe quitar un anillo de la chaqueta exterior dejando a la vista la cinta y en este punto se unirá, con un conector apropiado, una trenza de cobre o un cable de 6 mm² el cual se debe conectar a la barra de puesta a tierra del gabinete.

Los cables multiconductores deben marcarse apropiadamente con placas metálicas sobre las cuales se grabará la designación correspondiente del cable en la lista de cableado.

Todos los conductores de los cables multiconductores deben identificarse por medio de anillos plásticos y se les debe colocar en cada extremo los terminales apropiados para la conexión a las borneras.

Una vez terminada esta labor, se debe proceder a taponar con masilla 3M o similar la entrada libre de los ductos o cajas para los cables, para evitar la entrada de polvo, insectos u otros elementos que puedan deteriorar los equipos.

## PREVENCIONES CONTRA EL FUEGO

Los gabinetes deben quedar instalados como unidades independientes, de manera que se evite la propagación del fuego entre un gabinete y otro.

Las aberturas previstas para la entrada y paso de conductores entre gabinetes, deben sellarse con un material no inflamable, adecuado para evitar que el fuego se propague de un gabinete a otro.  Así mismo se deben sellar las aberturas para el paso de conductores desde la sala de control hasta la sala de servicios auxiliares y de comunicaciones, el patio y las entradas a la caseta de control.  Dicho material debe ser de fácil aplicación y remoción para permitir futuras ampliaciones y modificaciones en el cableado.

# PRUEBAS

## GENERALIDADES

Todos los equipos suministrados y montados deben ser sometidos a pruebas de campo y puesta en servicio de acuerdo con lo especificado en este documento y por los fabricantes. De igual forma, todos los equipos suministrados como repuestos, deben ser sometidos a pruebas de campo antes de ser entregados a ENDE CORPORACIÓN. Las pruebas deben ser realizadas bajo la dirección y responsabilidad del personal de pruebas de campo y puesta en servicio del Contratista y con la participación de personal de ENDE CORPORACIÓN, si esta lo decide.

Las pruebas de las subestaciones deben llevarse a cabo de acuerdo con los requerimientos de ENDE CORPORACIÓN.

Todos los gabinetes, celdas, cajas terminales, etc. que ya se encuentren instalados deben ser sometidos a una inspección para verificar que la iluminación y calefacción internas funcionen correctamente, el alineamiento de las puertas y equipos, la rigidez del ensamblaje y que posea los soportes y anclajes adecuados.

El personal de ENDE CORPORACIÓN participará en las pruebas de campo y puesta en servicio, buscando no solamente la adecuada transferencia de tecnología, sino tratando de familiarizarse con cada equipo y con la operación misma de la subestación.  Se debe facilitar la presencia del personal de ENDE CORPORACIÓN y atender sus inquietudes con personal capacitado e idóneo.

El Contratista antes de iniciar las pruebas someterá a aprobación de ENDE CORPORACIÓN, el plan de pruebas y los protocolos de las pruebas.

## PRUEBAS INDIVIDUALES

### SERVICIOS AUXILIARES

Una vez se encuentren instalados todos los equipos, celdas y gabinetes que constituyen el sistema de servicios auxiliares, tanto de corriente alterna como de corriente continua, cada uno de ellos debe ser probado individualmente verificando su correcto funcionamiento y el buen estado de todos sus componentes. Así mismo, se les debe medir la resistencia de aislamiento con un instrumento de 500 V.

Debe verificarse que tanto los interruptores con mando motorizado como los interruptores miniatura operen correctamente y se encuentren alimentados con la tensión correcta desde los barrajes de corriente alterna y corriente continua de los servicios auxiliares.

### EQUIPOS ALTA TENSIÓN

Una vez instalados los equipos de alta tensión, se les debe realizar las pruebas de campo individualmente con el fin de evaluar su correcto funcionamiento y el buen estado de todos sus componentes.  También se debe verificar que todos los equipos posean sus placas de características y de identificación respectivas.

En los equipos que posean partes móviles se debe verificar que estas tengan un movimiento libre y sin obstáculos.  Si son movidos por motores, deben responder al mando local.

En los interruptores automáticos se deben realizar, adicionalmente a las indicadas en la Publicación IEC 62271-100, las siguientes pruebas:

1. Medición del tiempo desde la energización de la bobina de disparo hasta la apertura de los contactos principales.
2. Medición del tiempo desde la energización de la bobina de cierre hasta el cierre de los contactos principales.
3. Medición del tiempo desde la energización de la bobina de disparo hasta el cierre de los contactos principales durante una operación automática de recierre.
4. Determinación de las tensiones mínimas de cierre y apertura
5. Obtención, mediante el equipo apropiado, del gráfico que muestre el recorrido de los contactos vs tiempo.
6. Pruebas de recierre
7. Verificar que contengan la cantidad y presión de SF6 (y aceite del mecanismo, si es aplicable) adecuadas para su funcionamiento.
8. Medición de la resistencia de los contactos principales

A los seccionadores y seccionadores de puesta a tierra, se les debe verificar la lógica de enclavamientos, medir el tiempo de operación y la resistencia de los contactos principales.

Los transformadores de corriente deben ser sometidos a las siguientes pruebas:

1. Medida de la resistencia de los devanados secundarios
2. Prueba de polaridad
3. Medida de las condiciones de aislamiento
4. Verificación de las curvas de excitación
5. Inyección de corriente por el primario
6. Medida de la relación de transformación

A los transformadores de tensión se les debe realizar la prueba de polaridad y medir las condiciones de aislamiento y la relación de transformación.

A los pararrayos se les debe medir la corriente de fuga después de su energización.

### EQUIPOS de PROTECCIÓN, CONTROL Y TELECOMUNICACIONES

Una vez se encuentren instalados, los equipos de protección, control, medición de energía y telecomunicaciones deben ser sometidos a pruebas de campo donde se verificará que funcionen correctamente y que todos los componentes, módulos, redes, cable de fibra óptica, tarjetas, contactos, etc. de cada equipo se encuentren en perfectas condiciones.

Los relés de protección, los equipos de control y de telecomunicaciones deben ser conectados a su tensión auxiliar y ser alimentados con sus respectivos circuitos de corriente, tensión y control, realizando una simulación de entradas digitales y corrientes y tensiones inyectadas en los equipos de protección y de control, para verificar que se presenten las señales y comandos de salida requeridas hacia los equipos o sistemas relacionados con cada equipo en particular.

Se debe verificar que el SAS y el control convencional funcionen correctamente con todos sus componentes y que reciban y envíen señales y comandos a través de los módulos y tarjetas de entrada y salida, tanto análogas como digitales.

Igualmente debe verificarse el adecuado funcionamiento del sistema de gestión de los relés de protección.

También se debe verificar que todos los equipos se encuentren completamente conexionados a borneras, que estas sujeten firme y efectivamente los conductores y realizar pruebas de continuidad punto a punto en todo el conexionado.

### Equipos de medición

Una vez se encuentren instalados, los medidores de energía deben ser sometidos a pruebas de campo donde se verificará que funcionen correctamente y que todos los componentes, módulos, redes, cable de fibra óptica, tarjetas, contactos, etc. se encuentren en perfectas condiciones.

A los medidores de energía se les debe realizar una prueba de Contrastación, la cual consiste en la inyección de tensiones y corrientes con un equipo de prueba patrón apropiado para la clase precisión de estos (0.2S), tal que permita comparar que la medida de energía indicada por el contador cumple con el porcentaje de error admisible en las normas para el valor de energía de referencia (patrón) inyectado o simulado con el equipo de pruebas.

Estas pruebas de calibración o contrastación deben ser realizadas y certificadas por un laboratorio autorizado.

## PRUEBAS FUNCIONALES

Una vez que todos los equipos de la subestación hayan sido probados individualmente verificando su correcto funcionamiento, que los equipos o elementos defectuosos hayan sido remplazados o reparados y que las deficiencias encontradas en la ejecución de alguna de las funciones de los equipos hayan sido corregidas, el sistema completo debe ser sometido a las pruebas funcionales.

En dichas pruebas se debe verificar que se cumplan los enclavamientos y secuencias para la operación de los equipos.

## PRUEBAS DE PUESTA EN SERVICIO

ENDE CORPORACIÓN realizará las siguientes pruebas de puesta en servicio:

1. Prueba de direccionalidad de las protecciones de línea
2. Medición y obtención de los parámetros y las impedancias de secuencia de las líneas de transmisión asociadas a la subestación.
3. Realización de pruebas de fallas simuladas digitalmente. Cada una de las líneas de transmisión debe ser sometida a fallas simuladas monofásicas, trifásicas, cierre en falla, etc. con el fin de verificar el correcto funcionamiento tanto de los sistemas de protección, registro de fallas, telecomunicaciones, gestión de protecciones y SAS bajo estas condiciones. Estas pruebas se deberán realizar de acuerdo con los requerimientos de ENDE CORPORACIÓN.

## PRUEBAS DE RECEPCIÓN

La subestación se considerará terminada una vez se hayan realizado satisfactoriamente las siguientes pruebas y se hayan entregado a ENDE CORPORACIÓN los respectivos informes de las mismas, las cuales serán requisito para la expedición del Certificado de Recepción que se estipula en la Parte I del Documento de Solicitud:

1. Pruebas estipuladas en la Sección 11 de este documento
2. Pruebas para determinar el correcto funcionamiento de las instalaciones eléctricas.
3. Verificación del adecuado comportamiento de los drenajes
4. Pruebas para determinar el correcto funcionamiento del alumbrado exterior
5. Pruebas para determinar el correcto funcionamiento del alumbrado de emergencia
6. Inspección general de las instalaciones de la subestación, la cual incluye pero no se limitará a:
7. Correcto funcionamiento de todos los suministros, materiales, componentes, etc.
8. Correcta puesta a tierra de todos los equipos y componentes metálicos
9. Adecuados acabados y limpieza