

**MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS  
DIRECCIÓN GENERAL DE ELECTRICIDAD**

**NORMA DGE**

**“ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE  
MONTAJE ELECTROMECAÁNICO DE  
SUBESTACIONES PARA  
ELECTRIFICACIÓN RURAL”**

**Diciembre, 2003**

---

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MONTAJE ELECTROMECAÁNICO DE SUBESTACIONES PARA ELECTRIFICACIÓN RURAL

### INDICE

	<b>Página</b>
<b>1. ACTIVIDAD Y TRABAJOS PRELIMINARES</b>	<b>2</b>
1.1 Generalidades	2
1.2 Trabajos colaterales del Contratista	5
1.3 Organización del trabajo	10
<b>2. MONTAJE DE EQUIPOS</b>	<b>13</b>
2.1 Montaje de transformadores de potencia	13
2.2 Montaje de interruptores de potencia	21
2.3 Montaje de seccionadores	23
2.4 Montaje de equipo menor	25
2.5 Montaje de tableros de control, protección y medición	27
2.6 Montaje de tableros de servicios auxiliares	27
2.7 Montaje de banco y cargadores de baterías	28
2.8 Tendido y conectado de cables de control	32
2.9 Sistema de iluminación	34
2.10 Colocación del Sistema de Puesta a Tierra	35
2.11 Cables de energía	37
2.12 Limpieza final	41
<b>3. INSPECCIÓN Y PRUEBAS DE ACEPTACIÓN DE SUBESTACIONES</b>	<b>41</b>
3.1 Alcance	41
3.2 Personal presente en las pruebas	42
3.3 Responsabilidades	42
3.4 Equipo de pruebas	43
3.5 Inspección durante la recepción	43
3.6 Operación experimental	49

---

# ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MONTAJE ELECTROMECAÁNICO DE SUBESTACIONES PARA ELECTRIFICACIÓN RURAL

## 1. ACTIVIDAD Y TRABAJOS PRELIMINARES

### 1.1 Generalidades

#### 1.1.1 Alcance de las especificaciones

Estas Especificaciones técnicas definen las principales actividades que debe ejecutar el Contratista para el montaje electromecánico de las subestaciones del Proyecto. Tienen por objeto definir las exigencias y características del trabajo a ejecutar, y en algunos casos, los procedimientos a seguir. Sin embargo el Contratista es responsable de la ejecución correcta de todos los trabajos necesarios para la construcción y operación en conformidad con el Estudio Definitivo y la Ingeniería de Detalle del proyecto, aún cuando dichos trabajos no estén específicamente listados y/o descritos en el presente documento.

El trabajo bajo responsabilidades del contratista incluye todas las pruebas para la puesta en servicio de las subestaciones del Proyecto, incluyendo, personal técnico calificado, equipos, materiales que están definidos en detalle en estas especificaciones.

Están incluidos dentro de los alcances del trabajo del contratista, la reubicación de postes, tramos de línea, cables y otros equipos según se necesite, para la correcta ejecución del proyecto.

#### 1.1.2 Discrepancias en las especificaciones

Los trabajos de montaje electromecánico de la obra se realizan en concordancia con estas especificaciones y las cláusulas del Contrato entre el Propietario y el Contratista. Si hubiese discrepancias entre las especificaciones y el Contrato tiene prioridad lo estipulado en las Especificaciones Técnicas salvo anotación expresa en el Contrato.

#### 1.1.3 Documentos entregados al Contratista

El propietario entregará al Contratista, después de la firma del contrato y antes de la iniciación de la Obra, copia de los siguientes documentos:

- a. Copia de los documentos técnicos de licitación del proyecto.
- b. Planos y Especificaciones técnicas de fabricación referente a todos los equipos que entregará el Propietario.

- c. Planos referenciales de las obras de Ingeniería Civil a realizarse (El Contratista será el responsable del desarrollo de la Ingeniería de Detalle del Proyecto).
- d. Lista de los equipos y materiales destinados a la Obra, que El Propietario entregará al Contratista, cuya relación detallada está definida en el Contrato.

El contratista deberá revisar la documentación y está obligado a presentar al Propietario las observaciones, que a su juicio requieran absolución.

#### **1.1.4 Información requerida**

##### **a) Información de la oferta**

El postor remitirá con su oferta la siguiente información:

- a. Tablas de datos técnicos, debidamente llenadas.
- b. Memoria Descriptiva de los métodos, equipos y aparatos propuestos para el montaje electromecánico de las subestaciones del Proyecto.
- c. Memoria Descriptiva de los métodos de prueba e instrucciones para la puesta en servicio de los equipos y aparatos.
- d. Memoria descriptiva de los equipos y aparatos propuestos para llevar a cabo las pruebas de puesta en servicio del sistema eléctrico.
- e. Programa previsto para el montaje y puesta en servicio de las subestaciones.

##### **b) Información del contratista**

El contratista que obtenga la buena Pro remitirá a la Supervisión para aprobación, en los plazos estipulados en los documentos contractuales la siguiente información:

- a. Ingeniería de Detalle (documentos preliminares) del Proyecto correspondiente a las subestaciones.
- b. Programa completo para la ejecución de la Obra, por subestación (acápito 1.3.2)
- c. Diagramas, planos esquemas y/o croquis, que muestren los detalles de las obras civiles y montaje electromecánico de los diversos componentes y/o equipos de las subestaciones.

### 1.1.5 Ingeniería de Detalle de las Subestaciones del Proyecto

El Estudio de Ingeniería de Detalle de las subestaciones estará a cargo del Contratista y su desarrollo se basará en el Estudio Definitivo y comprenderá las siguientes actividades, entre otras:

- Revisión de la documentación entregada con el Estudio Definitivo
- Elaboración de los esquemas unifilares principales y de servicios auxiliares, con indicación del equipamiento a ser instalado.
- Disposiciones generales con el equipamiento considerado para cada instalación
- La medición de la resistividad del terreno.
- Diseño de detalle de la puesta a tierra profunda
- Diseño de detalle de las estructuras de fijación de los equipos
- Diseño de los pórticos
- Disposición de la línea de tierra superficial
- Distribución de terminales y conectores an alta y media tensión
- Coordinación con las Empresas Concesionarias de Electricidad, para definir las condiciones de operación, control y mando.
- Diseño de los tableros de supervisión, control y mando
- Diseño de los tableros de servicios auxiliares
- Alumbrado exterior – interior
- Estudio del sistema de comunicaciones
- Esquemas eléctricos
  - Funcionales
  - Conexionado
  - Borneras
  - Recorrido de cables de control

Todos los diseños de detalle serán presentados a la Supervisión para su aprobación en planos y hojas impresas en papel bond, a escala reglamentaria en el Sistema Métrico Decimal y en tamaños estándar según las normas ISO.

Al término de la obra, el Contratista hará entrega al Propietario del documento final de la Ingeniería de Detalle con todos los planos actualizados de acuerdo a obra y los volúmenes de cálculo debidamente revisados y suscritos por la supervisión, los cuales deben estar plenamente concordados con los trabajos realizados en el Sitio de la Obra. Dicha entrega, se hará en original y cuatro (04) copias refrendadas por los profesionales responsables del Contratista, se realizará tan pronto concluya el período de operación experimental del Proyecto. El texto de dicho Estudio será elaborado en procesador de textos, así mismo, la integridad de los planos y detalles de construcción y montaje serán desarrollados en AUTOCAD VERSIÓN 14, los mismos que serán entregados en Disco Compacto (CD), en los plazos prescritos en el Contrato y formarán parte de la documentación “conforme a obra”.

Queda establecido que el Estudio de Coordinación de las Protecciones del Sistema Eléctrico, así como también la calibración y ajuste de los relés forman

parte de la Ingeniería de Detalle y será de entera responsabilidad del Contratista.

## **1.2 Trabajos colaterales del Contratista**

### **1.2.1 Alcance de los trabajos**

El Contratista deberá efectuar todos los trabajos o tareas que sean necesarios para construir las subestaciones, materia del Contrato, en forma tal que al concluir los trabajos entregue al Propietario una instalación completa y funcionando, construida conforme lo prescrito en los planos, las Especificaciones Técnicas y el Contrato, y con la técnica más moderna aplicable a tal instalación.

Las tareas principales del Contratista se listan a continuación y algunas de esas tareas se describen en detalle más adelante en esta Especificación. Queda entendido sin embargo, que será responsabilidad del Contratista efectuar todo el trabajo que sea necesario para el montaje de las subestaciones, aunque dichos trabajos no estén específicamente listados y/o descritos en esta Especificación Técnica.

Sin limitarse a lo enumerado, el Contratista efectuará las siguientes tareas:

- a. Recepción e inspección detallada en el lugar que se establezca en el Contrato, de todo el equipo y material que le será entregado; debiendo comprobar en presencia de la Supervisión, el estado y cantidad de éstos. En lo que respecta a los equipos y materiales entregados por el Propietario, el Contratista con su personal especializado efectuará en esta oportunidad las verificaciones del estado de los mismos a fin de deslindar responsabilidades entre el fabricante del suministro y el Contratista.
- b. Transporte bajo responsabilidad total hacia sus almacenes en la Obra, cuidado, almacenamiento y conservación del equipo y material entregado por el Propietario y del suministrado por él.
- c. Elaboración de la Ingeniería de Detalle que incluye el Estudio de Coordinación de las Protecciones. (acápite 1.1.5)
- d. Reubicación de estructuras, tramos de línea, cables y otros que sea necesario para la correcta ejecución de los trabajos.
- e. Trámite y Obtención de la Licencia de Construcción y declaratoria de fábrica de las Obras que lo requieran.
- f. Ejecución de las Obras a entera satisfacción del propietario.
- g. El transporte a los almacenes del Propietario de los materiales repuestos y equipos excedentes.

- h. Todos los trabajos de reparaciones y arreglos pertinentes, aún después de terminado el montaje para que la instalación responda a cabalidad con las prescripciones de los reglamentos en vigencia y para que los compromisos adquiridos con El Propietario sean satisfechos.
- i. Pruebas de puesta en servicio y de aceptación definidas en las instalaciones, entrega de los documentos técnicos finales del Proyecto.
- j. Operación experimental según prescripción del Contrato.

El Contratista admite que esta relación de trabajo no es limitativa, debiendo ejecutar a su costo todos los trabajos que sean necesarios, aún cuando éstos no estén especificados, de manera tal que las instalaciones de las subestaciones queden en condiciones de entrar en operación y proceso de producción normal a la conclusión de los trabajos.

### **1.2.2 Provisión de equipos y servicios**

El Contratista deberá abastecerse de todas las herramientas, equipos y materiales consumibles, requeridos para el montaje electromecánico y puesta en servicio de las subestaciones.

Los servicios de agua y de energía eléctrica para los trabajos serán proporcionados por el Contratista. El Contratista hará las conexiones o tomará las medidas convenientes que permitan hacer uso de dicho servicio.

### **1.2.3 Suministros del contratista**

El Contratista suministrará los equipos, materiales y herramientas que se indican a continuación, sin limitarse a:

- a. Concreto simple y reforzado, incluyendo todos los materiales que se requieran para su preparación y colocación según se especifica tales como: cemento, agregados, agua, aditivos, acero de refuerzo, encofrados, entubados, alambres de amarres, además de todas las herramientas y equipos que se requieren para mezclar, transportar, vaciar y curar el concreto.
- b. Equipos de construcción pesados, incluyendo pero sin limitarse a:  
  
Camiones, tractores, grúas, compresoras de aire, martillos neumáticos, winches, camionetas, compactadoras, etc.
- c. Todas las herramientas y equipos que se requieren para la construcción completa de las subestaciones materia del Contrato, incluyendo, pero sin limitarse a:

Instrumentos de prueba y montaje para equipos de medición, protección, señalización, control y alarma de tableros de control, bancos de baterías, transformadores de potencia, equipos de seccionamiento y corte, resistividad de terreno, etc; así como de cualquier otro equipo, accesorios y aditamentos que fuera necesario para efectuar los trabajos de construcción y montaje de las subestaciones del proyecto. En este sentido, deberá contar como mínimo con los siguientes equipos:

- Fuentes de tensión y de corriente con control y registro de tiempo en milisegundos para pruebas de relés de sobrecorriente.
- Equipos de pruebas para relés de distancia.
- Equipos de pruebas para relés diferenciales de transformadores de potencia.
- Medidor y registrador de tiempos de apertura y cierre de contactos, así como también de registro de simultaneidad de contactos de interruptores.
- Medidores de resistencia de contactos para interruptores y seccionadores.
- Medidor de relación de transformación y grupo de conexión de Transformadores.
- Medidor de resistencia de puesta a tierra (Telurómetro)
- Medidor de resistencia de aislamiento (Meger).
- Medidor de capacitancias y factor de potencia de aislamientos.

Las características técnicas de estos equipos serán puestas a consideración del Propietario para su aprobación. Todos los equipos deberán contar con certificado de contrastación con una antigüedad no mayor a un año.

#### **1.2.4 Trámites**

En concordancia con las Prescripciones Generales descritas anteriormente, el Contratista realizará todos los trámites legales que demande la ejecución de la obra, durante el traslado del equipo y montaje de las subestaciones. Los trámites deberán ser realizados con la debida anticipación para no detener en ningún momento los trabajos, particularmente las licencias de construcción expedidas por las autoridades municipales correspondientes.

---

### 1.2.5 Medidas de seguridad

#### a) Plan de seguridad

En el plazo de un mes desde la firma del Contrato, el Contratista deberá efectuar , bajo su responsabilidad un plan de seguridad para la normal ejecución de la Obra. Este plan comprenderá, entre otros:

- . La seguridad del personal del Contratista, del personal del Propietario destacado en la obra, del personal de control y administración, así como de terceros, por lo que se dotará al personal de los equipos y accesorios de seguridad, prescritos en las Normas de seguridad Industrial para trabajos en instalaciones eléctricas y mecánicas.
- . Medicinas y equipos de primeros auxilios
- . Medios de transporte adecuados para el traslado de heridos o enfermos.
- . Higiene en las zonas de trabajo
- . Seguridad de las instalaciones contra agentes atmosféricos, animales o bichos y acción de terceras personas
- . Riesgos contra la electrocución del personal de Obra. No se permitirá trabajos en circuitos energizados, el Contratista será responsable de coordinar sus labores con el Propietario, las autoridades y responsables de las instalaciones eléctricas en donde se requiera.
- . Medidas de seguridad comunes que pueden ser necesarios por la presencia de varios Contratistas en la zona de trabajo

El personal del Contratista deberá recibir instrucciones precisas para que su presencia en Obra y los trabajos que realicen estén en armonía con los de los otros Contratistas que trabajen en el mismo sitio.

#### b) Prevención de accidentes

El personal del Contratista deberá llevar documentos de identificación que permitan controlar su presencia y estará provisto de cascos y otros elementos de seguridad. Durante los trabajos, el Contratista deberá tomar todas las medidas de seguridad necesarias para evitar accidentes de su personal o de terceros.

Por lo menos dos (2) de cada treinta (30) trabajadores deberán ser entrenados para administrar primeros auxilios y estarán equipados con un maletín para esos fines.

-----

Todo el personal relacionado con las pruebas eléctricas deberá tener conocimiento sobre como interrumpir el suministro eléctrico y como auxiliar a víctimas de descarga eléctrica.

Los equipos de hasta 40 kg deberán ser usados e instalados por lo menos por 2 operarios; cualquier otro aparato más pesado deberá ser manipulado con poleas y/o grúas.

Todos los mangos serán de madera dura y la herramienta vendrá firmemente asegurado a los mismos. La cara de trabajo de los martillos y herramientas similares no tendrán bordes mellados.

Los cinceles y herramientas cortantes similares no tendrán menos de 15 cm de longitud.

Sólo se usarán llaves de corona quedando prohibido el uso de tubos para aumentar el brazo de palanca

Se recomienda especialmente que el Contratista tome medidas de seguridad, entre otros casos, en:

- .       Desenvolvimiento de carretes de los conductores y cables en lugares cercanos a líneas de energía
- .       Antes de realizar el tendido de los conductores y cables del equipo deberán estar instaladas todas las tomas de tierra.
- .       De preferencia, no utilizar escaleras metálicas.

**c)       Trabajos en equipo energizado**

Esta prohibido realizar trabajos en circuitos energizados. Sin embargo, cuando las condiciones del trabajo obliguen a el Contratista a alterar, modificar, reemplazar, o en alguna otra forma entrar a zonas existentes energizadas del sistema eléctrico del propietario o de terceros, someterá a la aprobación de la Supervisión un programa del procedimiento propuesto mostrando paso a paso el método que se seguirá para llevar a cabo el trabajo requerido.

La Supervisión será la única autorizada para gestionar ante las autoridades pertinentes el permiso respectivo o la desenergización de las instalaciones según sea el caso.

Queda claro que bajo ningún motivo se ejecutarán trabajos en caliente sin autorización de la Supervisión.

---

## **1.3 Organización del trabajo**

### **1.3.1 Horario de trabajo**

El Contratista deberá coordinar con la Supervisión el horario de trabajo a adoptar, de manera que se permita el control de los trabajadores sin mayores dificultades.

### **1.3.2 Programa del trabajo**

El Contratista deberá entregar al Propietario, una vez firmado el Contrato y antes del inicio de la obra, una Diagrama PERT-CPM de todas las actividades a desarrollarse con inclusión del personal que intervendrá y el tiempo que demandarán.

Este diagrama será lo más detallado posible, tendrá estrecha relación con las partidas del presupuesto y el Cronograma valorizado que se aprobó al Contratista.

### **1.3.3 Dirección técnica del contratista**

El Contratista mantendrá, durante todo el tiempo que demande la ejecución de la obra, un Ingeniero Electricista o Mecánico-Electricista Colegiado (colegiatura vigente) como Residente quien tendrá a su cargo la dirección técnica de la Obra de acuerdo a lo estipulado en el contrato.

El Ingeniero Residente deberá mantener el cuaderno de Obra en el lugar de construcción y tendrá toda la autoridad para recibir las comunicaciones u observaciones de los representantes del Propietario.

### **1.3.4 Entrega de equipos y materiales**

El Propietario comunicará con anticipación al Contratista, la fecha de entrega de los materiales y equipo que suministrará, remitiendo la lista de los materiales, para que el Contratista tome las providencias del caso para el transporte y almacenamiento. El Contratista deberá devolver como cargo de recepción de los equipos y materiales recibidos, la copia de la lista, dentro de los ocho (8) días de recibidos los indicados equipos y materiales.

Al finalizar el trabajo, el Contratista deberá devolver por su cuenta, en los almacenes que el Propietario indique, el material y/o equipo no utilizado que será inventariado en presencia de un representante del Propietario. El Contratista compensará al Propietario por aquellos materiales que haya perdido o inutilizado durante el traslado o montaje, reembolsando el monto que resulte de aplicar a las cantidades, el costo unitario.

### **1.3.5 Embalaje de los equipos**

El transporte de los instrumentos, aparatos de medida, interruptores y en general de todo equipo delicado, deberá ser hecho en forma separada de las celdas y tableros en donde serán instalados, con un embalaje adecuado que impida daños sobre ellos. Las celdas, paneles, tableros, etc. deberán tener embalajes adecuados para el transporte y almacenamiento en el sitio.

La parte superior de todos y cada uno de los embalajes si fuera necesario, deberán estar cubiertos por una lona impermeable, tanto durante el transporte como durante el almacenamiento.

El embalaje de los equipos y aparatos deberá ser de tal forma que no permita libertad de movimiento. El Contratista colocará marcas legibles en todas las cajas de embalaje mostrando la correcta posición en que deben ser transportados.

Si cualquier material o embalaje no hubiese dado lugar a reclamaciones a los transportistas que trasladaron los equipos hasta la Obra, y en esa oportunidad, fueron considerados por el Contratista en buen estado; y si posteriormente se constatará la existencia de deterioro y/o pérdida parcial y total; esta será considerada como ocurrida en el curso del trabajo, debiendo el Contratista reponer dicho material a su costo.

El Contratista será responsable, en caso de destrucción total o parcial de los aparatos, equipos, etc. debiendo reponerlos sin costo alguno.

### **1.3.6 Transporte de los equipos**

El Contratista será responsable del transporte de todos los equipos, aparatos y materiales, el cual se hará de acuerdo con las disposiciones del Contrato, y tendrá en cuenta las disposiciones indicadas en las prescripciones generales de montaje.

Los gastos de carga, embalaje y transporte, a partir del lugar de entrega de los equipos y materiales suministrados por El Propietario, son enteramente de cargo del Contratista. Se precisa entonces que los precios que se aprobó al Contratista, comprenden:

- a. Recepción y verificación del material en los lugares indicados por el Propietario
- b. Gastos de embalaje y almacenaje
- c. Gastos de carga y descarga en cualquier medio de transporte y con destino a cualquier punto de la obra o depósito
- d. Gastos de transporte de cualquier naturaleza necesaria para la ejecución de la obra

- e. El establecimiento de caminos de acceso necesarios para que estos equipos y materiales lleguen a su destino
- f. Costos de seguro “All Risk”

Se considera que el Contratista toma a su cargo el material desde la fecha consignada en el aviso del Propietario para que el Contratista reciba el material y equipo.

Los bultos deberán ser marcados consecuentemente con indicación muy clara de los lugares a los cuales están destinados a fin de evitar confusiones.

El manejo de los bultos deberá realizarse con los métodos y equipos adecuados durante todas las etapas de carga, descarga y transporte a fin de evitar daños en los equipos y materiales. En tal sentido el Contratista deberá proveerse de los equipos necesarios y suficientes para las maniobras de carga y descarga de los bultos en los sitios respectivos, tales como grúas, tecles, cables de izaje, etc.

Será responsabilidad del Contratista el obtener de las entidades gubernamentales o particulares toda la información necesaria, especialmente lo referido a capacidad de puentes, ancho y altura de vías y túneles, cruces con las líneas de comunicación y energía, etc. con la finalidad de elegir la ruta de transporte más conveniente evitando de este modo problemas de retrasos en el envío de los materiales y equipos a la zona del proyecto.

### **1.3.7 Almacenaje y guardianía**

El Contratista se encargará de almacenar el equipo en los almacenes designados, antes de su instalación, siendo responsables de cualquier daño o pérdida que sufra el equipo.

El Contratista será responsable del equipo y material desde la recepción en los depósitos del suministrador y deberá asegurarse que el material por transportarse, comprendiendo los embalajes, estén en buen estado. En caso de presentarse pérdida, averías y/o quejas respecto al estado de los materiales transportados, las gestiones de reclamación y reservas con los transportistas y/o aseguradores serán de cuenta del Contratista, debiendo avisar y remitir una relación de los mismos al Propietario.

El Contratista deberá vigilar y cuidar el material recibido del Propietario y/o el comprado por su cuenta, hasta la recepción provisional de las subestaciones, siendo responsable de toda pérdida, deterioro o robo.

Los embalajes vacíos serán enviados a los depósitos del Propietario, debidamente inventariados corriendo el Contratista con todos los gastos. Si hubiese pérdida o deterioro de los embalajes se remitirá una lista completa al Propietario quién decidirá de acuerdo a la inspección si procede facturar al Contratista por la pérdida o deterioro indicado.

Al concluir el trabajo, materia del Contrato, el Contratista efectuará un inventario final bajo la fiscalización del Supervisor y devolverá al Propietario todos los equipos y materiales sobrantes que éste haya suministrado y que no hayan sido utilizados en la construcción de las subestaciones.

## **2. MONTAJE DE EQUIPOS**

### **2.1 Montaje de transformadores de potencia**

#### **2.1.1 Descripción**

Esta especificación de montaje se aplicará a los Transformadores y Autotransformadores sumergidos en aceite, para servicio a intemperie, autoenfriado y enfriamiento forzado para 60 Hz, 60 - 65 °C de elevación de temperatura, que serán instalados en el proyecto.

#### **2.1.2 Disposiciones**

Los equipos que se montarán serán los transformadores de Potencia y/o Autotransformadores, ya sean suministrados por El Propietario o por el Contratista; el Contratista será responsable de su manejo y montaje, obligándose a reponer a entera satisfacción de El Propietario todos los daños o pérdidas. En la presentación del presupuesto se analizará por separado las siguientes actividades y se integrará a un sólo precio unitario por transformador:

- Revisión interior
- Maniobras para su colocación en sitio
- Montaje de aisladores pasatapas (bushing), tableros de control y accesorios
- Tratamiento preliminar de alto vacío
- Tratamiento de secado del aislamiento
- Llenado de aceite
- Aplicación de pintura anticorrosiva y de acabado
- Fijación de los tableros centralizadores de control y de cambiador de tomas.
- Conexión del transformador al tablero de control local y conexión a barras (la conexión de cables de control y fuerza de los tableros locales a los tableros centralizadores se considerará dentro del rubro “Tendido y Conexión de Cables Control”)

### 2.1.3 Ejecución

Los transformadores de potencia de alta tensión, son embalados en fábrica para facilidad de transporte sin aceite aislante, accesorios separados y en algunos casos en secciones modulares. Para preservación de los aislamientos y evitar la entrada de humedad de los mismos, durante su transporte el tanque se llena con nitrógeno o aire seco a presión positiva.

El Contratista al recibir el transformador para su instalación, deberá efectuar una minuciosa inspección exterior con el objeto de verificar que no haya signos de daños externos, se revisarán las condiciones de presión, contenido de oxígeno y punto de rocío del nitrógeno o aire seco según el caso.

Si el transformador fue embalado en fábrica y transportado con las bobinas, inmersas en aceite aislante y siendo el resultado de la inspección exterior favorable, no será necesario efectuar la inspección interior.

Al iniciar el armado del transformador se revisará internamente para verificar y/o confirmar si no tiene daños; esta revisión se efectuará sólo en los casos aplicables y consistirá en lo siguiente:

- Antes de iniciar la revisión interna se tomarán precauciones para evitar riesgos de sofocación o contaminación por gas, para lo cual se deberá evacuar con bomba de vacío y substituir con aire seco; si la presión del gas es “CERO” o “NEGATIVO”, y el contenido de oxígeno y punto de rocío mayores que los esperados, existe la posibilidad de que los aislamientos del transformador estén contaminados con aire y humedad de la atmósfera, por lo que será necesario someter el transformador a un riguroso proceso de secado después de su armado.
- El transformador no se deberá abrir en circunstancias que permitan la entrada de humedad (días lluviosos), no se dejará abierto por tiempo prolongado, sino el tiempo estrictamente necesario para lo cual, se considera que son suficientes dos horas como máximo.
- Para prevenir la entrada de humedad al abrir el transformador, se realizará un llenado que cubra las bobinas con aceite aislante desgasificado y deshidratado a una temperatura de 30 °C, calentando núcleo o bobinas para reducir la posibilidad de condensación de humedad. Para mayor seguridad de este llenado preliminar, puede hacerse utilizando el método de alto vacío.
- Se debe evitar que objetos extraños caigan o queden dentro del transformador, las herramientas que se usen deberán ser amarradas al tanque con cintas de algodón mientras que estén montando o verificando las conexiones.

- 
- Las actividades más relevantes que se realizarán en la revisión interna serán las siguientes:
    - . Verificación minuciosa sobre la sujeción del núcleo y bobinas, así como posible desplazamiento.
    - . Verificar el número de conexiones a tierra del núcleo; revisando su conexión y probando su resistencia a tierra.
    - . Inspección visual de terminales, barreras entre fases, estructuras y soportes aislantes, conexiones y conectores.
    - . Revisión de los cambiadores de tomas, verificando contactos y presión de los mismos en cada posición.
    - . Verificar los transformadores de corriente y terminales de bushing, comprobando sus partes y conexiones.
    - . Revisar que no haya vestigios de humedad, polvo, partículas metálicas o cualquier material extraño y ajeno al transformador.
    - . Cualquier daño detectado durante la revisión interna, será reportado a la Supervisión quien ordenará lo procedente.

Las partes que vienen separadas del transformador estarán selladas con tapas provisionales las que se irán quitando durante el proceso de armado. El montaje se realizará sobre la base de las instrucciones de cada fabricante tomando en cuenta las precauciones indicadas en estas especificaciones sobre el contenido de oxígeno y llenado preliminar. Si los trabajos internos se prolongan más de un día, el transformador deberá sellarse y presurizarse al terminar la jornada.

El manejo e instalación de bushings se hará siempre en posición vertical y deberán estar limpios y secos, se tomarán precauciones especiales durante su montaje para evitar roturas y daños de la porcelana, asimismo, se someterán a pruebas de aislamiento antes de montarse.

Antes de instalarse los radiadores se lavarán perfectamente con aceite dieléctrico limpio y caliente (25 – 35 °C), lo mismo se hará con el tanque conservador, tuberías y válvulas de aceite y se aplicará exteriormente una mano de pintura para acabado, color gris claro en conformidad con la Supervisión.

Los embalajes de corcho neopreno que se usan para el montaje de los accesorios deberán estar limpios, así como las superficies y alojamiento; su montaje se hará con cuidado, comprimiéndolos uniformemente para garantizar un sello perfecto.

Todas las conexiones eléctricas deberán limpiarse cuidadosamente antes de soldarse o unirse a conectores mecánicos, se confirmarán las operaciones de nivel, flujo y temperatura antes de sellar el tanque.

Una vez terminado el armado del transformador y sellado perfectamente se probará su hermeticidad, presurizándolo con aire o nitrógeno seco a una presión de 0,07 MPa, verificando que no haya fugas; explorando con aplicación de jabonadura en todas las uniones con soldadura, juntas y empaques, si existen se corregirán antes de proceder a su secado o llenado definitivo.

Antes del llenado definitivo del transformador con su aceite aislante, se someterá a un tratamiento preliminar con alto vacío para eliminar la humedad que haya absorbido durante las maniobras de revisión interna y armado; para efectuar el alto vacío deberán aislarse y sellarse el tanque conservador, radiadores, tuberías y accesorios.

El alto vacío deberá alcanzar una presión absoluta de 11 mmHg en estas condiciones se mantendrá durante 12 horas mas 1 hora adicional, por cada 8 horas que el transformador haya permanecido abierto y expuesto al ambiente durante su inspección y armado.

A la terminación del alto vacío, se romperá introduciendo aire o nitrógeno ultraseco hasta lograr una presión de 0,035 MPa dentro del transformador, manteniendo en estas condiciones durante 24 horas para alcanzar un equilibrio entre el gas y los aislantes. A continuación se efectuarán mediciones de punto de rocío del gas, determinando la humedad residual de los aislantes, utilizando los procedimientos adecuados.

Con objeto de eliminar en los aislamientos la humedad y los gases, el transformador se someterá a un tratamiento de secado que le permita restaurarle sus características óptimas de rigidez dieléctrica y vida térmica de sus aislamientos, para tal fin, se podrán aplicar cualquiera de los siguientes procedimientos de secado y su aplicación dependerá del tipo de transformador, del tamaño del contenido de humedad y de los medios que se dispongan para efectuar el secado

#### **TIPOS DE SECADO**

- Secado con alto vacío y calor continuo
- Secado con alto vacío y calor cíclicos
- Secado con alto vacío continuo
- Secado con aire caliente
- Secado con aceite caliente

El equipo para secado de los transformadores al alto vacío será proporcionado por el Contratista incluyendo las válvulas, bolsa para aceite y accesorios para su conexión. Una vez seco el transformador y terminado su armado, se procederá al llenado con aceite aislante para cubrir núcleo y devanados.

El aceite aislante que se usará para el llenado definitivo del transformador, deberá ser un aceite deshidratado desgasificado, con un contenido máximo de agua de 10 p.p.m. el resto de las pruebas del aceite, tanto químicas como físicas estarán dentro de los límites de especificaciones de un aceite dieléctrico nuevo.

Para el llenado de aceite el transformador tiene que ser previamente evacuado hasta lograr el máximo vacío posible dentro del mismo y mantener este vacío del orden de 1 a 2 mmHg, durante todo el proceso de llenado.

Para prevenir descargas electrostáticas debidas a la circulación del aceite aislante, todos los terminales externos del transformador, su tanque, tuberías y equipo de tratamiento, se conectarán sólidamente a tierra durante el llenado.

El aceite deberá ser calentado a 20 °C y preferentemente a temperatura mayor a la del ambiente y se introducirá en el tanque a una altura sobre el núcleo y bobinas por un punto opuesto a la toma de succión de la bomba de vacío, de tal manera, que el chorro del aceite no pegue directamente sobre aislamientos de papel. La admisión será controlada por medio de válvulas para controlar su flujo y conservar una presión positiva, la velocidad de llenado será controlado para evitar burbujas atrapadas en los aislamientos, se admitirá una velocidad de 100 litros por minuto o aumento de presión de 110 mmHg, dentro del tanque.

En una sola operación del llenado se deberán alcanzar a cubrir el núcleo y devanado, si por alguna razón se interrumpe el proceso, se deberá vaciar el transformador y reiniciar el llenado. Para transformadores transportados con aceite, el llenado se continuará hasta el nivel indicado como norma y para sistema de tanque conservador tan arriba como sea posible.

Una vez terminado el llenado del transformador sobre el espacio libre, se mantendrán las condiciones de vacío durante 3 ó 4 horas más antes de romper el vacío con aire o nitrógeno secos, hasta tener una presión de 0,035 MPa, con objeto de expulsar al exterior, a través de la bomba de vacío, las burbujas de agua o gas provocadas por el propio vacío obtenido durante el llenado.

Finalmente el aceite se reciclará a través de la planta de tratamiento durante 8 horas continuas, o un equivalente a dos veces el volumen total del aceite del transformador; con objeto de eliminar la humedad residual y gases sueltos, durante éste proceso se tendrán operadas las bombas de aceite, al terminar esta operación se dejará el transformador en reposo por un mínimo de 24 horas para efectuar las pruebas y verificaciones.

Las pruebas y verificaciones serán ejecutadas por el Contratista y serán las siguientes:

- 
- Prueba de resistencia de aislamiento de cada uno de los devanados a tierra y entre devanados
  - Prueba de factor de potencia de cada devanado a tierra y entre devanados
  - Prueba de factor de potencia a todos los bushing equipados con TOMA de pruebas o TOMA capacitivo
  - Prueba de relación de transformación en todas las derivaciones
  - Medición de resistencia óhmica en todos los devanados, utilizando un puente doble de KELVIN
  - Pruebas de rigidez dieléctrica, factor de potencia, resistividad, tensión interfases y acidez del aceite aislante
  - Pruebas de contenido de agua y contenido total de gases de aceite aislantes
  - Verificación de operación de los dispositivos indicadores y de control de temperatura del aceite y punto caliente.
  - Verificación de operación de los equipos auxiliares, como es bomba de aceite, ventiladores e indicadores de flujo
  - Verificación de alarmas y dispositivos de protección propias del transformador, así como los esquemas de protección diferencial y de respaldo
  - Antes de montar los radiadores y accesorios a la superficie exterior del tanque, se aplicará una mano de pintura para el acabado, color gris claro en conformidad con la Supervisión.

#### **2.1.4 Tolerancias**

Como tolerancias en montaje se aplicarán las indicadas en los manuales de instrucción del fabricante En lo que respecta a las tolerancias en el tratamiento de aceite; se ajustarán a lo indicado en estas especificaciones.

No se admitirán pérdidas en herrajes, accesorios y conectores; Si existen daños no imputables al Fabricante se comprobarán con las piezas dañadas y las actas respectivas.

#### **2.1.5 Medición**

Se efectuará en concordancia con la tabla de precios unitarios cotizados.

Podrán hacerse pagos parciales determinando porcentajes sobre la base del análisis para la obtención del precio unitario de este concepto.

### **2.1.6 Cargos incluidos en el precio unitario**

Comprenden los cargos y operaciones:

- Traslado a la obra del equipo y accesorios
- Maniobras y montaje de los equipos e instalación de accesorios y materiales de acuerdo a los planos y manuales de instrucción
- Revisión interna y externa de los transformadores
- Tratamiento del transformador para secado
- Tratamiento de aceite aislante
- Fijación de los tableros centralizados de control y de cambiadores de derivaciones
- Conexión del transformador a las barras, al tablero local y al sistema de tierras
- Aplicación de pinturas anticorrosivas y de acabado en conformidad con la Supervisión, incluyendo tableros centrales y partes vivas.
- Personal, equipos y herramientas en las pruebas del transformador (acápite 2.1.7)
- Retiro y limpieza del material sobrante a los bancos de desperdicio
- Las pruebas necesarias para verificación del correcto montaje y funcionamiento del equipo

### **2.1.7 Recursos para el montaje de transformadores en el sitio**

Para el montaje electromecánico del transformador, el Contratista deberá contar en el sitio con los siguientes recursos mínimos:

#### **a) Equipamiento**

- Camión – grúa de 6 t, con operador, cables y accesorios.
- Gatas hidráulicas de 5 t
- Equipo para tratamiento de aceite dieléctrico con bomba de vacío, calentamiento de aceite y cámara de desgasificación, con capacidad mayor de 2000 litros por hora.

- Equipo para medición de rigidez dieléctrica del aceite (IEC 156).
- Cuba o bolsa de goma para tratamiento de aceite con capacidad para 22000 litros
- Mangueras para aceite
- Mangueras para vacío
- Un (01) cilindro con nitrógeno o aire seco con válvula reguladora
- Herramientas diversas comunes utilizadas en montajes electromecánicos.
- Material para limpieza: alcohol, disolvente líquido, bencina, etc.

**b) Cuadrilla básica**

- Un (01) supervisor de montaje (Fabricante)
- Un (01) electricista experimentado en montajes electromecánicos de transformadores
- Dos (02) montadores
- Un (01) operador para equipo de tratamiento de aceite
- Un (01) operador de grúa

**c) Pruebas de puesta en servicio**

Durante las pruebas de puesta en servicio de las subestaciones, conjuntamente con los representantes del propietario y del Contratista se contará con la presencia de un (01) Ingeniero representante del fabricante del transformador. El Contratista dispondrá de los siguientes equipos mínimos:

- Megómetro motorizado de 2500 V con escala 100000 MO
- Puente de capacitancias para la medición de Tangente Delta y Factor de Disipación
- Termómetro patrón con escala 0 – 150 °C
- Multitester digital FLUKE o similar
- Amperímetro patrón con escala 0 - 5 A
- Herramientas comunes en montajes eléctricos

#### **d) Cronograma de montaje**

El Contratista que obtenga la buena Pro deberá presentar a la firma del contrato, el cronograma previsto para la ejecución de la obra a fin de que el fabricante pueda planificar los viajes de su personal técnico que asistirá a las actividades de montaje y puesta en servicio del transformador.

### **2.2 Montaje de interruptores de potencia**

#### **2.2.1 Descripción**

Esta especificación de montaje se aplicará a interruptores de potencia, trifásicos, para instalación exterior, autosoportados, trifásicos.

Se entenderá por interruptor trifásico al conjunto de tres unidades de interrupción que podrán estar integrados en una sola estructura, o bien estar constituido por tres interruptores monofásicos que operarán en un sistema trifásico.

#### **2.2.2 Disposiciones**

En la presentación del presupuesto se analizarán por separado las siguientes actividades, por juego de interruptor trifásico, por tensiones y se integrarán a un sólo precio unitario por juego de interruptores trifásicos.

- Maniobras y traslado al sitio de montaje
- Montaje y nivelación de soportes y bases
- Montaje de aisladores y accesorios
- Tratamiento y llenado de aceite e introducción de gas con la utilización de la maquinaria y accesorios especializados para tal efecto.
- Colocación y conexión del tablero local, conexión a barras y al sistema de tierras
- Aplicación de pintura anticorrosiva y de acabado en tanques, bases y tableros locales

#### **2.2.3 Ejecución**

El Contratista, al recibir los interruptores los revisará minuciosamente para verificar que no hayan señas de daños externos.

Los interruptores se recibirán de fábrica embalados de tal forma que facilite su transporte y su identificación, para hacer el montaje con rapidez.

Normalmente los interruptores se empaacan con las siguientes partes:

- Bases o caja de control, tanques o cámaras, interruptores de arco eléctrico, bushings o columnas de aisladores y accesorios
- Las cajas en que vienen embalados los interruptores se abrirán ordenadamente en función al proceso de montaje

Para el montaje de las piezas es imprescindible un aparato de elevación adecuado a los pesos y características de las piezas por montar y se sujetarán a las indicaciones del fabricante.

Se tendrá cuidado en el manejo y transporte de las columnas de aisladores, en forma que la porcelana y los accesorios no se dañen.

En el caso de los tableros de control, si el montaje se prolongará por mucho tiempo y las condiciones climáticas fueran desfavorables, se deberán almacenar adecuadamente, conectando la calefacción de la caja de mando.

El montaje se ajustará a lo indicado en los planos y manuales de instrucción y el personal encargado a ejecutar los ensambles, deberá ser especializado.

Las empaquetaduras de nitrilo y/o corcho-neoprene y en general todos los sellos que se utilicen en el montaje de los accesorios, deberán estar limpios, así como las superficies en que se asentarán y su colocación se hará con cuidado, comprimiéndolos uniformemente para garantizar su hermeticidad.

Las conexiones eléctricas se limpiarán antes de soldarse o unirse a los conectores.

Las pruebas y verificaciones del funcionamiento establecido en los planos y manuales de instrucción de montaje, serán ejecutadas por el Contratista y verificados por la Supervisión.

#### **2.2.4 Tolerancias**

Las tolerancias en el montaje se aplicarán conforme a lo indicado en los planos y manuales de instrucción de montaje. No se admitirán pérdidas o daños de ninguna pieza.

#### **2.2.5 Medición**

Se efectuará en concordancia con la tabla de precios unitarios cotizado.

#### **2.2.6 Cargos incluidos en el precio unitario**

Comprenderán los cargos y operaciones siguientes:

- 
- Maniobras de transporte y almacenajes necesarios para llevar el equipo del almacén al lugar de su instalación
  - Montaje de los equipos e instalación de accesorios y material de acuerdo a los planos y manuales de instrucción del fabricante
  - Tratamiento y llenado de gas, efectuando el vació y secado del interruptor
  - Colocación y conexión del tablero local y conexión de conectores a barras y al sistema de tierras
  - Suministro de recipientes necesarios para alojar las mangueras de interconexión.
  - Suministro y aplicación de pintura anticorrosiva y de acabado en tanques, barras y tableros de control y partes vivas
  - Personal técnico calificado, equipos de izaje, equipos de prueba y herramientas para el montaje y pruebas de los interruptores
  - Retiro y limpieza del material sobrante.
  - Las pruebas necesarias para verificación del correcto montaje y funcionamiento del equipo

## **2.3 Montaje de seccionadores**

### **2.3.1 Descripción**

Estas especificaciones se aplicarán a seccionadores trifásicos de apertura central, vertical u horizontal al exterior y autosoportados.

Se entenderá por seccionadores al conjunto de tres unidades monopolares que operarán simultáneamente en un sistema trifásico bajo accionamiento manual y/o eléctrico.

### **2.3.2 Disposiciones**

Se analizará por separado las siguientes actividades por juego de seccionadores trifásicos, por tensión y se integrarán a un sólo precio unitario, por juego de seccionadores.

- Almacenaje y control de piezas
- Maniobras y traslado al sitio de montaje
- Adaptaciones necesarias para fijar los equipos a la estructura o base (barrenos, soldaduras y cortes)

- Montaje y nivelación de soportes o bases.
- Montaje de aisladores y accesorios
- Calibración y ajuste de cuchillas
- Colocación y conexión de tablero local, conexión a barras y al sistema de puesta a tierra.
- Aplicación de pintura anticorrosiva y de acabado en base y tablero local
- Las pruebas necesarias para verificación del correcto montaje y funcionamiento del equipo
- Ajustes para la operación de los seccionadores según manual

### **2.3.3 Ejecución**

Los seccionadores vienen embalados de fábrica en tal forma que se facilite su identificación, transporte y su montaje, el Contratista al recibirlos revisará minuciosamente el contenido y verificará que no haya daños externos.

Para el montaje de las piezas se requiere de equipo adecuado a los pesos y características de las piezas por montar; se sujetarán estrictamente a los planos y manuales de instrucción.

Se tendrá especial cuidado en el manejo y transporte de las columnas de aisladores, de tal forma que la porcelana y los accionamientos no se dañen.

Cuando el montaje se prolongue y las condiciones climáticas sean desfavorables, los tableros de control se protegerán y almacenarán adecuadamente contra la humedad o contra cualquier otra causa que provoque su deterioro.

El personal del montaje deberá ser especializado en este tipo de trabajo.

Las conexiones eléctricas se limpiarán antes de soldarse o unirse a los conectores.

Las pruebas y verificaciones de funcionamiento indicado en los planos y manuales de instrucción del fabricante serán ejecutadas por el Contratista.

### **2.3.4 Tolerancias**

Las tolerancias en el montaje serán las indicadas en los planos y manuales de instrucción de montaje. No se admitirán pérdidas o daños de ninguna pieza.

### **2.3.5 Medición**

Se efectuará en concordancia con la tabla de precios unitarios cotizado.

### **2.3.6 Cargos incluidos en el precio unitario**

Comprenderán los cargos y operaciones siguientes:

- Almacenaje y control de piezas
- Maniobras y transporte necesarios para llevar el equipo al sitio definitivo de su instalación
- Adaptaciones necesarias en la estructura metálica o base para fijar los equipos (barrenos, soldaduras y cortes)
- Montaje de equipos e instalación de accesorios y material de acuerdo a los planos y manuales de instrucción
- Conexiones de las cuchillas a las barras, equipos, tableros locales y partes vivas.
- Personal técnico calificado, equipos y herramientas para el montaje y pruebas de los seccionadores
- Retiro y limpieza del material sobrante a los bancos de desperdicio
- Ajuste necesarios para la operación normal de los seccionadores
- Las pruebas necesarias para verificación del correcto montaje y funcionamiento del equipo

## **2.4 Montaje de equipo menor**

### **2.4.1 Descripción**

Dentro de este concepto se considera la colocación y conexión de los pararrayos, aisladores soporte tipo columna, transformadores de corriente y tensión monofásicos tipo pedestal para servicios intemperie y tensión nominal hasta 138 kV, trampas de onda, dispositivos de potencial y transformadores de servicios auxiliares, seccionadores fusibles, para frecuencia nominal de 60 Hz.

### **2.4.2 Disposiciones**

En el caso de que no se instalen de inmediato, el Contratista los mantendrá en su empaque original y los protegerá para evitar daños al aislamiento.

En la presentación del presupuesto deberá analizarse un precio unitario promedio por pieza, para aplicarse a todo el equipo menor de esta área debiendo considerar el Contratista el suministro de la caja de agrupamiento de

interconexión de Transformadores de Tensión y Transformadores de Corriente, cuya especificación deberá alcanzar a la Supervisión para su aprobación.

### **2.4.3 Ejecución**

El Contratista al recibir el equipo lo revisará inmediatamente, para verificar que no haya daños externos.

Para el montaje de las piezas se requiere de equipo adecuado, tomando en cuenta el peso y las características de las piezas por montar. Así como la información técnica del fabricante.

Al conectar el equipo con las barras y demás equipos, se vigilará que los conectores estén limpios y se aprieten uniformemente para garantizar un buen contacto.

Las pruebas y verificaciones primarias indicadas en los planos y manuales de instrucción del fabricante serán ejecutadas por el Contratista.

### **2.4.4 Tolerancias**

Las tolerancias en el montaje serán indicadas en los planos y manuales de instrucción de montaje. No se admitirán pérdidas y daños de ninguna pieza.

### **2.4.5 Medición**

Se efectuará en concordancia con la tabla de precios unitarios cotizado.

### **2.4.6 Cargos incluidos en el precio unitario**

Comprenderán los cargos y operaciones siguientes:

- Almacenaje y control de piezas
- Maniobras de carga, descarga y transporte de los equipos para llevarlos al sitio de instalación
- Montaje y conexión de los equipos a sus tableros locales, a las barras y al sistema de puesta a tierra
- Pintura de partes vivas.
- Personal técnico calificado, materiales, equipos y herramientas para la ejecución de las pruebas de campo de todas las instalaciones.
- Las pruebas necesarias para verificación del correcto montaje y funcionamiento del equipo
- Pruebas de puesta en servicio

- Retiro y limpieza del material sobrante a los bancos de desperdicio

## **2.5 Montaje de tableros de control, protección y medición**

### **2.5.1 Descripción**

Se entiende por “TABLERO DE CONTROL”, al conjunto de Paneles y/o tableros que contiene todos los aparatos que registran, miden, supervisan y controlan las funciones eléctricas de todos los equipos instalados en la Subestación.

### **2.5.2 Ejecución**

El tablero viene en Paneles ensamblado y alambrado de fábrica, el Contratista lo montará, nivelará en el sitio indicado fijándolo a las anclas de acuerdo a los planos del proyecto y los cableará.

### **2.5.3 Tolerancia**

No existirá ninguna tolerancia para la calidad de los trabajos en este rubro, ni se aceptarán daños o pérdidas de los instrumentos propios del tablero.

### **2.5.4 Cargos incluidos en el precio unitario**

Se efectuará en concordancia con la tabla de precios unitarios cotizado. Comprenderán los cargos y operaciones siguientes:

- Almacenaje y control de piezas incluyendo su transporte
- Retiro y limpieza del material sobrante a los bancos de desperdicio
- Maniobras y movimientos necesarios para su colocación, nivelación y fijación en el sitio definitivo, así como las uniones de secciones
- Las pruebas en fábrica para verificación del correcto montaje y funcionamiento del equipo
- Pruebas de puesta en servicio
- Pintura de acabado si se trata de aplicación o retoques

## **2.6 Montaje de tableros de servicios auxiliares**

### **2.6.1 Descripción**

Se entenderá por “TABLERO DE SERVICIOS AUXILIARES”, a los centros de carga para corriente alterna y corriente continua, que se montará en la caseta de control.

Estos centros de carga controlarán y distribuirán los circuitos que requiera la Subestación, para el alumbrado y servicio de emergencia eléctrica en general, en sistema de 400/230 V en corriente alterna y 110 y/o 48 V en corriente continua.

### **2.6.2 Ejecución**

El Contratista los montará en el sitio indicado fijándolos a los anclajes, así mismo efectuará las interconexiones entre el tablero de corriente continua, tablero corriente alterna y tablero de control. Identificará y conectará los circuitos de los tableros de corriente continua y alterna de acuerdo a las indicaciones en los planes de proyecto.

### **2.6.3 Tolerancia**

No existirá ninguna tolerancia para obtener la calidad de los trabajos descritos en este concepto, no se acepta pérdidas o daños de material o equipo.

### **2.6.4 Cargos incluidos en el precio unitario**

Se efectuará en concordancia con la tabla de precios unitarios cotizado.

Comprenden los cargos y operaciones siguientes:

- Almacenaje y control de piezas incluyendo su transporte al sitio de la obra.
- Maniobras y movimientos para su colocación en el sitio definitivo
- Auxiliar con personal y herramientas en las pruebas.
- Pintura de acabado en ampliación o secciones nuevas
- Las pruebas en fábrica para verificación del correcto montaje y funcionamiento del equipo
- Pruebas de puesta en servicio
- Retiro y limpieza del material sobrante

## **2.7 Montaje de banco y cargador de baterías**

### **2.7.1 Descripción**

En las Subestaciones de Potencia se requieren fuentes de corriente continua para satisfacer las necesidades de protección, medición y alumbrado de emergencia.

De acuerdo con la capacidad y característica de la Subestación se diseñan los bancos de baterías, que pueden ser del tipo plomo-ácido o alcalino y según las capacidades de los bancos de baterías, se determinan los cargadores para mantenerlos a una tensión adecuada.

### 2.7.2 Ejecución

El contratista armará y colocará en su sitio los elementos que formen la estructura para soportar el banco, de acuerdo con la disposición mostrada en los planos.

Una vez terminado el montaje de la estructura que soportará el banco de baterías, se sujetará con pernos de anclaje y se aplicarán tres capas de pintura anticorrosiva.

Posteriormente, se colocarán las baterías sobre la estructura y se conectarán los terminales como lo indican los planos.

El equipo cargador de baterías se montará en los soportes, fijándolo con pernos de anclaje.

Una vez terminado el montaje del banco y del equipo cargador de baterías, se conectarán entre sí.

A continuación se describen las pruebas que el Contratista ejecutará en presencia de la Supervisión, a los bancos de baterías plomo-acido, para su puesta en servicio.

- Llenar las celdas con el electrolito hasta el nivel indicado
- Revisar todas las conexiones, asegurándose que los agujeros de ventilación para el escape de gas y los tapones de las celdas no estén obstruidos
- Se aplicará al banco una carga de igualación y se tomarán lecturas de voltaje durante la carga
- Se iniciará la carga de igualación con una tensión de 2,33 V (Voltios por celda), si la corriente suministrada por el cargador es mayor de su capacidad o mayor a la del régimen de carga a 8 horas, se bajará el voltaje de la igualación para controlar la corriente aumentando el voltaje de acuerdo a como disminuye la corriente.
- Después de las primeras tres horas de igualación, asegurarse que las celdas gasifiquen libremente y en igual proporción; si alguna celda no gasificara, significa que puede tener un corto circuito interno, en este tiempo, se verificarán las densidades a 25 °C y se registrarán
- Cuando dos lecturas de densidad y tensión sucesivas no cambian, se continuará la carga por 8 horas mas, para que tome su carga de refresco.

- Como valores por celda se consideran las siguientes: tensión de igualación 2,33 V. y densidad 1200 - 1220 puntos. Se entiende que estos valores de tensión por celda son leídos en los extremos del banco, la temperatura de las celdas será entre 15 °C y 26 °C y no deberá tener una diferencia mayor de 2 °C entre celdas
- Poco antes de terminar la carga de igualación se registrarán las tensiones de cada una de las celdas del banco, así como la tensión en terminales, la suma de tensión por celda, no deberá ser diferente al voltaje en terminales por más de 0,05 voltios en banco de 52 celdas
- A continuación se pone el banco en carga de flotación y 20 minutos después, se toman lecturas de densidad corregidos por temperatura en cada una de las celdas y se registrarán.
- La corriente de carga para el banco en flotación será entre 50 a 100 miliamperios por cada 100 amperes-hora de capacidad del banco.

Precauciones que se deben tomar durante la carga de igualación:

- Durante la Carga de Igualación, las celdas no pueden absorber toda la energía que se les proporciona, de tal forma que esta energía sobrante disocia el agua en sus componentes hidrógeno y oxígeno. Con carga completa, la cantidad de hidrógeno liberado es aproximadamente de 28 decímetros cúbicos por celda, por cada 63 amperios-hora de carga.
- Dado que un contenido de 4% de HIDROGENO en el aire es explosivo, no deben permitirse en el cuarto de baterías llamas abiertas de cualquier clase, además se tomaran precauciones de tener la ventilación adecuada par impedir la acumulación de hidrógeno
- En caso de baterías plomo-ácido se llenarán con el electrolito en el momento de que se ejecuten las pruebas de “PUESTA EN SERVICIO”
- Los registros de lecturas de densidad deben siempre corregirse a 25 °C; restar un punto de densidad por cada 1,50 °C abajo de 25 °C.
- La lectura de las tensiones por celda al final de la carga de igualación, deben hacerse con un voltímetro de precisión y registrar hasta la centésima de voltios.
- Las lecturas de tensión al final de la carga de igualación, deben compararse con las de referencia, así como la diferencia entre la celda de tensión mayor y menor debe ser igual a la referencia, si no fuera así verificar la tensión de igualación para ver si es el mismo que el de referencia o bien las celdas no han completado su carga.

Una semana después de haberse hecho la carga de igualación completa, se ejecutará las pruebas de capacidad.

Para efectuar esta prueba se requiere de resistencias variables adecuadas, para descargar el régimen de corriente y tensión del banco de las celdas, para verificar realmente su capacidad en amperios-hora; por lo que se aplicará una prueba de capacidad total que consiste en lo siguiente:

- Aplicar una descarga a régimen de 3 horas hasta su máxima tensión permitida de 1,75 V por celda. La corriente de descarga se fijará al valor de la gráfica del fabricante a un régimen de 3 horas.

### **DESCRIPCION DE LA PRUEBA**

Esta indicación se presenta como referencia y consiste en instalar un dispositivo de resistencia variable con un voltímetro y un amperímetro, en previsión de que la carga deberá ser variada para mantener una corriente constante igual a la de régimen de descarga seleccionada, en caso de que la corriente no pueda ser ajustada a un valor constante, regístrese los valores de corriente cada 10 minutos y grafíquese para determinar el valor medio de corriente, si este valor es diferente al seleccionado, deberá considerarse para corregir la capacidad calculada. Conviene que la desviación no sea más de 10%.

Desconectar el cargador de baterías.

Conectar la carga al banco de baterías, empiece a contar el tiempo y mantenga la corriente al valor correcto.

Mantener la carga del banco de baterías hasta obtener un valor de tensión en terminales de 1,75 V, por el número de celdas (anotar el tiempo transcurrido “TA”).

Registrar las tensiones individuales de cada celda y la tensión total en terminal del banco. Estas lecturas se tomarán al principio de la prueba entre intervalos durante la prueba y al final de la misma.

Si alguna celda llegara a invertir su polaridad pero la tensión en terminal no llegara a alcanzar todavía al límite inferior de tensión del banco; se pondrá en corto circuito la celda invertida y se continuará la prueba.

El valor de tensión mínima en terminales se determinará por el número de celdas que queden trabajando multiplicado por 1,5.

Finalmente se calcula la capacidad del banco de baterías.

### **2.7.3 Tolerancias**

No existirá ninguna tolerancia para obtener la calidad de los trabajos descritos en este rubro, no se aceptará pérdidas o daños de material o equipo.

### **2.7.4 Medición**

Se efectuará en concordancia con la tabla de precios unitarios cotizado.

### **2.7.5 Cargos incluidos en el precio unitario**

Comprenderán los cargos y operaciones siguientes:

- Almacenaje y control de partes
- Maniobras y transporte necesarios para llevar el equipo al sitio definitivo de su instalación.
- Adaptaciones necesarias en la estructura metálica o base para fijar los equipos al piso.
- Montaje de celdas, equipos, instalación y conexión de accesorios y material de acuerdo a los catálogos y manuales de instrucción del fabricante.
- Suministro y aplicación de pintura anticorrosiva y de acabado de soportes.
- Llenado de celdas
- Auxiliar con personal y herramientas en las pruebas de los bancos de baterías.
- Retiro y limpieza del material sobrante a los bancos de desperdicio.
- Pruebas de puesta en servicio del banco y cargador de baterías.

## **2.8 Tendido y conectado de cables de control**

### **2.8.1 Descripción**

Se entiende por “CABLE DE CONTROL”, a los conductores que unen los “cajas de borneras y de agrupamiento” de los equipos que se montarán en la parte exterior de la Subestación, con los instrumentos y aparatos que se localicen en los tableros de control; ubicados en las “CASETAS DE CONTROL”.

Los conductores vienen integrados en cables y se componen de 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10 y 12 conductores por cable, están aislados con polietileno y a su vez el cable está protegido exteriormente con neoprene para un aislamiento de 600 voltios.

### **2.8.2 Ejecución**

La Contratista colocará los cables sobre los soportes localizados en las canaletas, siguiendo la trayectoria indicada en los planos de proyecto. Durante el tendido se formarán capas de cables uniéndolos a los soportes de las canaletas con cáñamo para evitar su caída.

Una vez tendido el cable, el Contratista lo conectará a las borneras de interconexión de los tableros de control y/o Servicios Propios y caja de borneras y/o agrupamientos de control de los equipos por medio de CONECTORES DE PRESIÓN, para lo cual se emplearán las herramientas adecuadas de acuerdo a las listas de cableado.

El Contratista tendrá el cuidado de no dañar el aislamiento de los cables durante su tendido.

Todos los cables después del tendido se identificarán con los listones o placas, colocadas en los extremos de cada cable, de acuerdo a la lista de cableado.

Los cables serán de una sola pieza y en el caso de que se requieran empalmar, se solicitará la autorización de la Supervisión.

El Contratista prestará el equipo y la asistencia necesaria para efectuar las pruebas en las instalaciones hasta su puesta en servicio.

### **2.8.3 Tolerancia**

No se admitirá la conexión de los cables de control sin conectores ni tolerancias en cuanto a conexiones se refiera, por lo que se sujetarán a lo indicado en los planos y listas de cables o manuales de instrucción.

### **2.8.4 Medición**

Se efectuará en concordancia con la tabla de precios unitarios cotizado.

### **2.8.5 Cargos incluidos en el precio unitario**

Comprenderán los cargos y operaciones siguientes:

- Almacenaje y control
- Maniobras y transporte necesario para llevar los carretes de cables de control, desde el almacén al sitio de su instalación
- Tendido y amarre sobre los soportes por capas y en bandejas.

- Suministro y colocación de zapatas y listones de identificación de los cables de control.
- Conexión de tableros y caja de borneras y/o agrupamientos de equipos.
- Suministro de conectores borneras y conexión a las borneras de los del tablero y/o caja de agrupamiento de los equipos.
- Suministro y colocación de tubo Conduit y/o P.V.C. y/o bandeja para unir los caja de borneras y/o agrupamientos de control de los equipos con los registros y/o canaletas de acuerdo a los planos del proyecto.
- Suministro de material de instalación (cinta aislante, cáñamo y soldadura).

## **2.9 Sistema de iluminación**

### **2.9.1 Descripción**

Dentro de este concepto se considera la instalación colocación, conexión, pruebas y puesta en servicio del sistema de Iluminación, exterior e interior del patio y caseta de control en cada subestación incluyendo el alumbrado de emergencia.

### **2.9.2 Ejecución**

El Contratista colocará los cables, soportes luminarias y demás equipos propios del sistema de iluminación localizados en el patio de llaves y caseta de control, siguiendo las indicaciones de los planos de proyecto.

Una vez tendido el cable, el Contratista lo conectará a los interruptores de los tableros de Servicios Propios y caja de borneras y/o agrupamientos de control de los equipos de acuerdo a las listas de cables.

El Contratista tendrá el cuidado de no dañar el cable ni las luminarias durante su tendido e instalación.

Los cables serán de una sola pieza y en el caso de que se requiera empalmar, se solicitará la autorización de la Supervisión.

El Contratista prestará el equipo y la asistencia necesaria para efectuar las pruebas en las instalaciones hasta su puesta en servicio.

### **2.9.3 Tolerancia**

No se admitirán tolerancias en cuanto a conexiones se refiera, por lo que se sujetarán a lo indicado en los planos y listas de cables o manuales de instrucción de las luminarias.

#### **2.9.4 Medición**

Se efectuará en concordancia con la tabla de precios unitarios cotizado.

#### **2.9.5 Cargos y operaciones incluidos en el precio unitario**

Incluyen el suministro, transporte, la recepción, almacenaje, manejo, montaje y pruebas de los materiales suministrados por el Contratista según planos de proyecto.

El suministro de tubería Conduit, abrazaderas, conductores, contactos, conectores, tubo, postes, pedestales, lámparas principales y todo material necesario para la correcta instalación.

La mano de obra y las herramientas para cableado, ductos, contactos y conexiones al tablero de servicios propios y alumbrado.

### **2.10 Colocación del Sistema de Puesta a Tierra**

#### **2.10.1 Descripción**

Los sistemas de potencia están expuestos a fenómenos que provocan fallas en los aislamientos y daños al equipo.

La forma más eficaz para reducir estas causas, es un sistema adecuado de conexión a tierra, a la que se conectarán las estructuras y equipos de la Subestación.

El sistema de tierras consiste en una malla de conductores de cobre enterrados y conectados entre sí y a electrodos de acero recubiertos con cobre, localizados en la periferia de la cuadrícula. En algunos puntos de la cuadrícula; los electrodos de acero recubiertos con cobre, irán alojados en pozos que permitan hacer lecturas al sistema de puesta a tierra.

Al ocurrir un disturbio atmosférico o un cortocircuito del sistema eléctrico, un buen sistema de puesta a tierra reducirá los voltajes peligrosos, limitará las elevaciones de potencial a tierra, permitirá operar satisfactoriamente los relés, facilitará la localización de fallas, ahorrará costos de equipos y mantendrá niveles adecuados de aislamiento. Con este fin el Contratista será responsable de verificar y recalcular el sistema de puesta a tierra de las subestaciones del Proyecto con los valores de resistividad reales obtenidos por medición en el lugar de emplazamiento de las instalaciones.

#### **2.10.2 Disposiciones**

Cada Subestación tiene características particulares de resistividad del terreno y disposición del equipamiento, lo cual determina una disposición particular de la malla y los electrodos.

El Contratista proporcionará el cable de cobre, electrodos, conectores, fundentes, moldes y soluciones técnicamente aceptables para la construcción de la malla de tierra de acuerdo a lo indicado en los planos de Ingeniería de Detalle del proyecto. Así mismo sugerirá, suministrará e instalará adiciones al sistema de tierra de las subestaciones, en los casos que las mediciones finales de las puestas a tierra superen los valores de resistencia exigidos por los cálculos en concordancia con las Normas.

### **2.10.3 Ejecución**

Para el tendido del conductor se trazará la cuadrícula efectuando una excavación con una profundidad de acuerdo con los planos del proyecto y el ancho que permita colocar el cable y ejecutar los empalmes (30 cm, mínimo). Posteriormente, se iniciará el tendido de cable, instalación de conectores e hincado de electrodos de acero recubiertos con cobre.

La construcción de la malla se realizará conjuntamente con la excavación y construcción de la cimentación de tal manera que los cables que lo atraviesan pasen por debajo de ellas, se tendrá cuidado de colocar los cables de conexionado a las estructuras y equipos de modo tal que resulten embebidos en el concreto.

Las uniones entre los conductores y entre estos y las varillas serán ejecutadas con soldadura del tipo exotérmica, con un cordón mínimo de soldadura de 10 cm. para garantizar la firmeza en su contacto.

La malla deberá ir enterrada a una profundidad mínima indicada en los planos del proyecto, en los casos que los cálculos recomienden otro valor, el Contratista deberá proponer una mayor profundidad de la malla o efectuar las modificaciones del caso, proponiéndolas al Propietario, y con la aprobación de éste, proceder a la instalación.

Los empalmes en cruz y en “T” de la malla, así como las salidas de ella al exterior y en general todas las conexiones internas y externas de la malla, deberán ser efectuadas mediante grapas del tipo compresión o mediante un tipo de soldadura de proceso exotérmico o similar. Todos los puntos de unión y conexión del conductor de cobre, no deberán presentar un punto más caliente que el conductor mismo, al paso de la corriente eléctrica.

La fabricación de los pozos y sus tapas se harán de acuerdo a lo indicado en los planos de proyecto.

El hincado de electrodos se ejecutará a presión en terreno blando y en terreno semi duro o duro, se hará por medio de perforación; el electrodo deberá quedar firmemente enterrado para evitar falsos contactos.

La colocación de electrodos para la formación de la red de tierras, se procederá de acuerdo a lo siguiente:

- a) Se hincarán los electrodos en los sitios indicados
- b) Se excavará una zanja circular al electrodo.
- c) La zanja se rellenará con tierra vegetal

El relleno y compactado de las zanjas de ajustarán a lo indicado en las especificaciones técnicas de construcción de las Obras Civiles.

#### **2.10.4 Tolerancias**

Se sujetará a lo indicado en los planos de Ingeniería de Detalle del proyecto.

#### **2.10.5 Medición**

Se efectuará en concordancia con la tabla de precios unitarios cotizado.

#### **2.10.6 Cargos incluidos en el costo unitario**

- Excavación para zanjas y registros.
- Material y mano de obra para el tendido y conectado de cables de acuerdo con los planos de proyecto.
- Material y mano de obra para el hincado de varillas y colocación de conectores.
- Material y mano de obra para la construcción de registros y tapas.
- Colocación de solución en electrodos.
- Relleno y compactado de zanjas y registros.
- Medición de la resistividad del terreno para el diseño de mallas de tierra, medición de la resistencia de puesta a tierra de la subestación y costos de mejoras en el sistema de tierra.
- Medición de la resistencia de puesta a tierra de la malla sin y con electrodos.
- En caso de ser necesario, la ampliación de la malla con el objeto de alcanzar el valor de resistencia especificado.

### **2.11 Cables de energía**

#### **2.11.1 Descripción**

Se entiende por “CABLE DE ENERGÍA”, a los conductores de cobre recocido, cableado concéntrico o sectorial, con pantalla sobre el conductor de vinilo (PVC) o material equivalente, capa semiconductor recubiertos con aislamiento de Polietileno Reticulado (XLPE), pantalla sobre el aislamiento

compuesta de barniz y cinta semiconductor, cinta o hilo de cobre y cubierta exterior de PVC rojo.

Dentro de este concepto se considera la instalación, colocación, conexión, pruebas y puesta en servicio de los cables de energía en media tensión que serán instalados en las Subestaciones.

### **2.11.2 Disposiciones**

Antes de iniciar la instalación de los cables, el Contratista remitirá a la Supervisión para su aprobación, los planos de instalación, mostrando la ruta y las conexiones de los cables así como todo otro plano que sea necesario.

Durante la instalación de los cables el Contratista tendrá especial cuidado en su manipulación para evitar daños de cualquier tipo. Al desarrollarlos o sacarlos de los carretes a los cables o a sus cubiertas debido a cambios repentinos de curvatura. Se evitará, asimismo, someterlos a curvas innecesarias ni a curvas de radios menores a los mínimos permisibles, debiendo en lo posible, ser tendidos en forma recta. Se evitará apoyarlos contra aristas agudas.

Siempre se mantendrán los extremos de los cables perfectamente sellados. De la misma forma se tratarán los extremos de cables ya instalados que deban permanecer durante algún tiempo sin conectarse a sus puntos terminales.

Al manipular los carretes en que vienen los cables, se tendrá especial cuidado de no dañar los extremos de los mismos que sobresalen por el costado de los carretes, estos se harán rodar únicamente en la dirección indicada en su cubierta. Al quitar la cubierta de los carretes se tendrá especial cuidado de no dañar la cubierta de los cables.

### **2.11.3 Ejecución**

Los cables se instalarán en canaletas, en ductos, y en tuberías, tal como se muestra e indica en los planos y Especificaciones.

El tendido de los cables en ductos y bandejas se hará con un máximo de precaución para evitar dañar en alguna forma a los mismos. De ser posible, los carretes o bobinas de cables se dispondrá en forma tal que los conductores puedan ser introducidos en los ductos en la forma más directa posible con un mínimo de cambios de dirección o número de curvas.

Los cables pueden ser jalados cuando así se requiere por medio de mordazas especiales del tipo calcetín, que envuelve a toda la superficie del cable en su extremo de jalada. El sellado de los cables será efectivo a fin de eliminar la posibilidad de que ingrese humedad a los mismos durante el jalado.

a) **Recorridos de cables**

El Contratista determinará el recorrido más adecuado de todos los cables de potencia, distribución y control en el patio de llaves y sala de control, por las canaletas diseñados para tal fin.

En la determinación del recorrido del cable, el Contratista buscará:

- Recorridos simples y fáciles.
- Recorridos cortos.
- Reunir los cables del mismo tipo y de la misma función.

Durante la instalación se tratará de evitar en lo posible:

- Paralelismo de cables de potencia y control.
- Cercanía de cables de media y baja tensión.
- Instalación de cables en lugares donde puedan exponerse a accidentes por causas de montajes, trabajos de mantenimiento, goteo de líquidos, escape de gases, etc.

Los cables serán cuidadosos y metódicamente instalados, a fin de que cualquier cable pueda ser fácilmente localizado.

b) **Instalación de los cables**

En el patio de llaves y con excepción de los cables de la red telefónica y de control, los cables estarán colocados principalmente en canaletas y tendidos en ductos, por debajo de pistas o rieles de transformadores.

En pozos, canaletas profundas o pasos oblicuos, los cables se fijarán sobre rieles perfilados horizontalmente y fijados con firmeza. Los hierros se colocarán a una distancia de un metro uno de otro horizontalmente.

El Contratista tomará todas las precauciones necesarias para que durante la manipulación e instalación vertical los cables no deban soportar su propio peso.

Los cables destinados a los servicios internos e iluminación exterior, deberán ser instalados en ductos empotrados en muro o piso, debiendo prever circuitos independientes para corriente continua y corriente alterna.

Los cables deberán montarse obteniéndose un acabado perfecto y satisfactorio. Todos los materiales necesarios a la instalación de los cables, tales como masa compound, cintas aislantes, pernos, tornillos, grapas, estribos, placas de identificación, etc., deberán ser incluidos.

c) **Conexionado**

- Los conductores serán embutidos directamente a los bornes lisos estañados de las borneras.
- Cuando se conecte a un borne de tipo vástago roscado, se embutirá el conductor al terminal con agujero.
- No se permitirá que dos o más conductores estén conectados al mismo lado de un borne.
- Los conductores para circuitos miliamperimétricos se conectarán a los bornes mediante soldadura.
- Las armaduras metálicas y las pantallas de los cables serán puestas a tierra sólo por un extremo del cable.
- Cuando varios cables sean idénticos y realicen una función idéntica, los conductores de estos cables, deberán conectarse de manera que el color de aislamiento de los conductores corresponda a cada uno de los cables que realice la misma función.

d) **Pruebas y Controles**

Después de la instalación de los cables, se procederá a los controles y pruebas siguientes:

- Control del aislamiento.
- Control individual de concordancia entre los planos, cableado y la instalación real.
- Control de la señalización de los colores de cada uno de los conductores.

La cinta de cobre, sobre la pantalla de los cables de control debe ser puesta a tierra en la sala de celdas, con los accesorios que se muestran en los planos.

En todos los cables se colocará en cada extremo una banda asegurada al cable en la cual se inscribirá el número de códigos del cable.

**2.11.4 Tolerancias**

Se sujetará a lo indicado en los planos de Ingeniería de Detalle del proyecto.

**2.11.5 Medición**

Se efectuará en concordancia con la tabla de precios unitarios cotizado.

### **2.11.6 Cargos incluidos en el costo unitario**

- Material y mano de obra para el tendido y conectado de cables de acuerdo con los planos de proyecto.
- Material y mano de obra para la instalación de terminales exteriores e interiores.
- Material y mano de obra para la conexión a los bornes del transformador y a las barras existentes.

### **2.12 Limpieza final**

Después de la instalación, todos los equipos serán limpiados perfectamente para la entrega de la instalación al Propietario. En forma especial se limpiarán con cuidado todos los aisladores, aisladores pasantes, materiales aislantes y todas aquellas partes que actúan como superficies aislantes.

Durante la instalación se protegerán los líquidos o aceites aislantes contra la posible contaminación.

## **3. INSPECCIÓN Y PRUEBAS DE ACEPTACIÓN DE SUBESTACIONES**

### **3.1 Alcance**

Las Pruebas de Aceptación de las subestaciones tienen por objeto la verificación por parte del Propietario de la buena calidad de los materiales y el correcto montaje y mantenimiento de todas las instalaciones de acuerdo con el contrato y las especificaciones técnicas.

Estas Pruebas se desarrollarán una vez que el Contratista dé el aviso por escrito de que las obras han sido terminadas y que están listas para ser probadas, procediéndose a desarrollar el cuestionario de pruebas descrito en el Documento denominado “Protocolo de pruebas del Sistema Eléctrico”.

El Documento “Protocolo de pruebas del Sistema Eléctrico” será responsabilidad del Contratista, el cual deberá ser puesto a consideración del Propietario con la debida anticipación para su revisión y aprobación.

Durante el período de pruebas el Contratista deberá demostrar al Propietario que todas las obras han sido ejecutadas de estricto acuerdo con el contrato respectivo y que están listas para su explotación comercial.

Queda entendido que al recibir el Propietario el aviso del Contratista informándole de la terminación de la obra, éste ha realizado para su propia satisfacción, todas las verificaciones y pruebas necesarias para asegurarse que cualquier error que resulte de un montaje defectuoso ha sido subsanado y para asegurar el correcto desarrollo de las pruebas.

Los resultados de las pruebas no liberan al Contratista de las responsabilidades adquiridas en el contrato, ni hace al Propietario responsable de cualquier daño o defecto que posteriormente a la fecha de las pruebas y dentro de los plazos de garantía, pueda aparecer en los equipos e instalaciones probadas.

Las presentes especificaciones sólo son tentativas con el objeto de guiar al Contratista en los requerimientos mínimos exigidos por el Propietario en la recepción de las subestaciones del proyecto. El Propietario podrá exigir durante la recepción cualquier otra prueba no incluida en esta especificación que considere necesaria para su propia satisfacción y que no exceda a los regímenes prescritos en las especificaciones técnicas de los equipos en particular.

Estas especificaciones no incluyen ni se refieren a las pruebas que los equipos deben soportar en los sitios de fabricación y para las cuales habrá que referirse a las normas generales de cada equipo en particular.

Las definiciones de los términos que se aplicarán en la presente especificación son los correspondientes a las normas generales de cada equipo.

### **3.2 Personal presente en las pruebas**

Una vez recibido el aviso del Contratista, el Propietario nombrará por escrito a las personas encargadas de representarla en las pruebas de aceptación, quienes serán las encargadas de aprobar o desaprobar el documento técnico que contiene el Protocolo de Inspección y Pruebas de Aprobación de la Subestación el mismo que se ajustará a estas especificaciones.

El Contratista debe indicar por escrito, en la oportunidad de dar aviso al Propietario sobre la terminación de la obra, el nombre de su representante durante las pruebas, y el del personal técnico que se encargará de efectuar las mismas. Estas personas deberán estar investidas de la autoridad necesaria para atender y llevar cualquier modificación en las instalaciones ordenados por el representante del Propietario y para autorizar el inicio del programa y pruebas.

Deberá mantener en el sitio además de su representante, un montador electricista que ayude a realizar las conexiones de los equipos de pruebas indicados por el representante del Propietario.

### **3.3 Responsabilidades**

El representante del Contratista será la persona encargada de conducir el desarrollo de las pruebas.

Cualquier defecto de montaje o equipo defectuoso que se haya comprobado así durante las pruebas, debe ser reparado por el Contratista dentro del lapso que le indique por escrito el representante del Propietario al término de las pruebas.

Si por defectos de montaje comprobados durante las pruebas, se hace necesario la repetición de ésta en parte o en todo, el Contratista correrá con los gastos de utilización

y traslado de los equipos de pruebas y el tiempo del representante del Propietario durante la realización de las pruebas.

El Contratista será responsable de los daños que puedan resultar en los equipos e instalaciones como consecuencia del procedimiento de ensayos impropios, debiendo reparar o reemplazar el equipo o material dañado por cuenta propia.

El Contratista llevará un registro de todos los eventos y pruebas en la que se indicará la fecha, las personas que intervinieron en las pruebas, el equipo o material probado, el procedimiento y tipo de prueba realizada y los resultados. Este documento formará parte del Acta de Aceptación de la Subestación.

El Propietario es el responsable de efectuar las coordinaciones y maniobras necesarias para realizar los ajustes de tensión y frecuencia en el Sistema Eléctrico, de tal manera que se puedan llevar a cabo las pruebas de aceptación sin contratiempos.

### 3.4 Equipo de pruebas

Los equipos de pruebas necesarios para la realización de las pruebas de puesta en servicio y de recepción estarán de acuerdo con las especificaciones de montaje de los equipos y serán suministrados por el Contratista. El uso de este equipamiento estará incluido en la oferta.

Cuando exista reclamo por parte del Propietario acerca de los defectos de equipos comprobados por el uso de los instrumentos patrones suministrados por el Contratista, podrá exigir la comprobación de estos instrumentos ante un laboratorio elegido de común acuerdo. El costo de las comprobaciones será cancelado por la parte no favorecida con el resultado de las mismas.

La precisión de los instrumentos para la medición de las corrientes y tensiones aplicadas durante las pruebas serán como máximo de clase 1,5.

La precisión de los patrones utilizados para la comprobación de otros equipos de medida, deberá ser de las siguientes clases de precisión:

Clase de instrumento	Clase de Precisión Mínima
1,5	1,0
1,0	0,5
0,5	0,2

### 3.5 Inspección durante la recepción

#### 3.5.1 Características de los equipos suministrados

Se comprobará las características de todos y cada uno de los equipos suministrados, tomando como referencias las características anotadas en las placas de los mismos, para compararlas a las especificadas y ofrecidas.

### **3.5.2 Montaje de los equipos suministrados**

Se realizará una inspección ocular sobre el montaje de todos los equipos y materiales utilizados para determinar posibles errores u omisiones ocurridos durante la ejecución de la obra.

### **3.5.3 Distancias mínimas de seguridad**

Se realizarán medidas de las distancias mínimas entre los siguientes puntos correspondientes a cada nivel de tensión existente, para comprobar el cumplimiento de las especificaciones:

- Entre fases
- De fase a masa
- De la parte viva a nivel de piso.
- De la parte inferior de la porcelana del aislador portabarras al nivel del piso (2,25 m como mínimo).

### **3.5.4 Pruebas durante la aceptación**

#### **3.5.4.1 De funcionamiento**

En general consistirá en la verificación de funcionamiento de los controles, operación del equipo, protecciones propias y de seguridad de cada componente por separado.

#### **a) Seccionadores**

Operaciones de apertura y cierre con cada uno de los equipos de mando previstos, medición del tiempo de apertura y cierre, medición de la resistencia de contactos. Verificación de la alineación de polos. Verificación de los enclavamientos y de la indicación de posición en los tableros si la hay; conexiones de líneas y puesta a tierra. Verificación de la alineación de polos.

#### **b) Interruptores**

Operaciones de apertura y cierre con cada uno de los tipos de mando previstos. Verificación del ciclo de operación y del indicador de posición, medición del tiempo de apertura; entre la orden y la separación de los contactos; y medición del tiempo de cierre, entre la orden y la unión de los contactos, medición de la resistencia de contactos.

Tensión mínima de operación de la bobina de disparo, registro de presiones y contómetro de operaciones.

c) **Transformadores de Potencia**

Se hará operar mediante excitación directa todas las alarmas y disparos para la protección del transformador.

Para los indicadores de temperatura del aceite, incluyendo los de la imagen térmica, serán sacados de su posición y comparados con un termómetro de mercurio mediante el calentamiento forzado en agua o en aceite.

Las tomas de derivaciones para la regulación de tensión bajo carga serán operados mecánicamente para la verificación de accionamiento de los contactos de disparo y alarma.

Se realizarán pruebas de medición de aislamiento para comprobar que el transformador no ha sufrido daño durante el transporte y montaje. Esas pruebas serán realizadas con un medidor de aislamiento que deberá ser como mínimo de 2,500 V c.c. aplicada entre cada devanado y masa y entre un devanado y otro.

El aceite aislante se someterá a una prueba de rigidez dieléctrica para comprobar que su valor está de acuerdo a lo exigido en las normas IEC.

d) **Transformadores de medición**

El aceite aislante se someterá a una prueba de rigidez dieléctrica para comprobar que su valor está de acuerdo a lo exigido en las normas IEC.

**3.5.4.2 De ajuste y calibración de relés de protección:**

El Contratista efectuará y proporcionará los equipos para la calibración y ajuste de los relés de protección de acuerdo al Estudio de Coordinación.

Las pruebas consistirán en la inyección de corriente y/o tensión secundaria a cada relé de protección para determinar que su ajuste y tiempo de funcionamiento corresponde a las características ofrecidas.

En particular se realizarán como mínimo las siguientes pruebas:

a) **Relés de sobrecorriente**

Con los ajustes requeridos para cada caso, se determinará lo siguiente:

- Corriente de arranque del elemento temporizado.

- 
- Tiempo de funcionamiento con tres veces la corriente de ajuste.
  - Corriente de arranque del elemento instantáneo
  - Tiempo de funcionamiento del elemento instantáneo
  - Operación de la señal óptima
  - Operación de alarma
  - Operación del Interruptor

b) **Relé diferencial de transformador**

Con los ajustes requeridos se realizarán las siguientes pruebas:

- Corriente de arranque de la bobina de operación con una bobina de frenado (sí la hubiera) o equivalente Electrónico.
- Tiempo de funcionamiento a corriente nominal con una bobina antagónica conectada o equivalente Electrónico.
- Estabilidad con corriente circulante de un valor no menor a 20 veces la corriente nominal
- Estabilidad con corriente circulante o corriente de arranque en bobina de operación, con una corriente igual a tres (3) veces la nominal en la bobina antagónica.
- Operación de la señal óptica
- Operación de alarma
- Operación del Interruptor

c) **Relés de Distancia y/o direccionales**

Se aplicará al relé los valores nominales de tensión y corriente según sea el tipo de polarización y se determinará:

- Verificación de los parámetros de impedancia de acuerdo a los rangos de calibración del equipo.
- Ángulo de máximo par o equivalente Electrónico.
- Tiempo de funcionamiento a máximo par o equivalente Electrónico.

- Estabilidad del relé con sólo la tensión o corriente de polarización aplicada.
- Verificación y operación de la señalización óptica del equipo.
- Operación de alarmas
- Operación y accionamiento del Interruptor que es comandado por el equipo.

### **3.5.4.3 Calibración de equipos de medición**

Consistirá en realizar la inyección de corriente y/o tensión secundaria a los circuitos de medición para determinar por medio de equipos patrones, el error de los diferentes instrumentos de medición a valores variados de carga.

La inyección de corriente se hará desde la bornera del tablero de medición la llegada de los cables provenientes de los transformadores de corriente, en la forma de subsistir éstos por la alimentación de corriente de la carga actual artificial, para de esta forma verificar las conexiones de los equipos de medición.

La tensión puede ser inyectada de la misma forma que como los circuitos de intensidad, desde la bornera, o como método alternativo se podrá utilizar la tensión de barras pero determinando la diferencia angular entre ésta y el equipo de carga artificial.

El error de los amperímetros será determinado a cargas de 25, 50, 75 y 100% de su valor nominal.

El error de los voltímetros será determinado a cargas de 80, 90, 100, 110% de su valor nominal.

El error de los equipos indicadores o registradores de potencia en todas sus formas, será determinado para cargas de 25, 50, 75 y 100% de su valor nominal. El factor de potencia no podrá ser menor a 0,5 para equipos de potencia activa ni mayor a ese mismo valor para equipos de potencia reactiva.

El error de equipos contadores de energía será determinado a valores aproximados de cargas iguales a 25, 50, 75 y 100%, el valor nominal y a factores de potencia iguales a 1,0 y 0,8 inductivo. Si el resultado de las pruebas anteriores lo amerita, se podrán efectuar pruebas a otros factores de potencia tanto inductivos como capacitivos.

#### **3.5.4.4 Sobre pruebas de inyección de corriente primaria**

Consiste en la inyección de corriente a través de los circuitos primarios de todos los transformadores de corriente con el fin de verificar la relación de transformación y la correcta conexión de los circuitos secundarios de corriente.

La inyección primaria se realizará primero sobre un transformador de corriente solamente, tomando medida de corriente secundaria, corriente primaria y corriente de retorno, se elevará la corriente a valores iguales a 25, 50, 75 y 100% del nominal.

Después se inyectará el transformador probado y cada uno de los otros dos transformadores con corrientes de 190° desfasadas y se elevará la corriente a los valores anteriores. En este caso y asumiendo que los transformadores son conectados correctamente no debe haber lectura en el amperímetro conectado en el retorno de los circuitos.

Cuando se realiza la inyección primaria a valor nominal de corriente, se tomarán lecturas de la tensión en los bornes secundarios del transformador para calcular la carga aplicada sobre éste, en cada transformador por separado.

#### **3.5.4.5 Sobre terminales y cables de potencia**

Se regirán por las normas especiales preparadas al respecto.

#### **3.5.4.6 Sobre baterías y cargadores de baterías**

Una vez que las baterías hayan sido montadas completamente y sometidas a un proceso de carga plena, se desconectarán sus bornes principales y se tomarán las siguientes lecturas:

- Tensión de cada celda
- Densidad de cada celda
- Tensión total
- Tensión de polo positivo a tierra
- Tensión de polo negativo a tierra

#### **3.5.4.7 Sobre iluminación externa e interna**

Mediante el uso de un luxómetro con célula fotoeléctrica de selenio y cuya sensibilidad espectral esté corregida a la del ojo humano, se

tomarán de noche medidas de iluminación en “lux” al nivel del piso y corregidas a 20 °C.

La célula fotoeléctrica deberá estar apoyada sobre el piso en forma horizontal.

El área de la subestación se dividirá en cuadrados de 100 m<sup>2</sup> y sobre el centro de cada cuadrado, evitando las sombras de obstáculos directos, se tomará una medida.

Todas las luces indirectas, distintas a las colocadas por el Contratista, deben ser apagadas o cubiertas.

En las medidas de iluminación interna el área sobre la cual se harán las mediciones, será reducida a 4 m<sup>2</sup>.

El valor del nivel de iluminación será el que resulte como promedio de las medidas realizadas para cada área.

En aquellas Subestaciones equipadas con alumbrado de emergencia se hará pruebas separadas con sólo el alumbrado de emergencia conectado.

### **3.6 Operación experimental**

Una vez concluido satisfactoriamente el proceso de Inspección y pruebas de Aceptación de la subestación y suscrita el Acta respectiva, empezará a correr el tiempo para la operación experimental del sistema, de acuerdo a lo estipulado en las Prescripciones Generales del Contrato.

Antes de terminada la operación experimental, el Contratista tiene que haber entregado todos los repuestos, materiales y equipos sobrantes del proyecto en los Almacenes que el Propietario designará para ello. Así como la documentación técnica del proyecto debidamente actualizada.