



Anexo Técnico

"ADQUISICION DE SUBESTACIONES ELECTRICAS RECTIFICADORAS" (REQUISICIONES 2025)

Fecha de corte: 17 de junio de 2025

Fecha de liberación: 29 de agosto de 2025

Part. N.º	Código/ Part. Presp.	Descripción	Unidad	Cantidad	Req.-Part.
1	3401213 5661	SUBESTACION ELECTRICA RECTIFICADORA Adquisición, diseño, suministro, instalación, configuración, pruebas y puesta en servicio. De acuerdo con lo establecido en la Especificación Técnica No. SIN-GMI-3401213 .	Pieza	2	313/1

Requerimientos de Pruebas y Documentación para Valoración Técnica

- El Participante deberá desarrollar en su propuesta técnica los alcances del bien ofertado, con lo cual compruebe el cumplimiento, sin omisión alguna, de lo solicitado en la Especificación Técnica No. **SIN-GMI-3401213**.
- El Participante deberá presentar currículum de su empresa, mediante el cual acredite, que cuenta con la experiencia, infraestructura, equipo y personal técnico debidamente capacitado, para el diseño, suministro, instalación, configuración, pruebas, capacitación y puesta en servicio de Subestaciones Rectificadoras o equivalentes, conforme a lo solicitado en la Especificación Técnica No. **SIN-GMI-3401213**, debiendo integrar los siguientes documentos:
 - Descripción de trabajos previos y archivo fotográfico del diseño, suministro, instalación, configuración, pruebas, capacitación y puesta en servicio de Subestaciones Rectificadoras o equivalentes.
 - Listado del personal propuesto para el diseño, suministro, instalación, configuración, pruebas, capacitación y puesta en servicio de Subestaciones Rectificadoras o equivalentes y currículum de cada uno de ellos mediante el cual demuestre que el personal se encuentra capacitado para la correcta ejecución.
 - Original y Copia para cotejo o Copia certificada de un **contrato** cuyo objeto corresponda con el diseño, suministro, instalación, configuración, pruebas, capacitación y puesta en servicio de Subestaciones Rectificadoras o equivalentes con una antigüedad no mayor a 5 años, así como carta de satisfacción del cliente del contrato correspondiente.
- El Participante deberá presentar escrito en papel membretado de su empresa, debidamente firmado por su Representante Legal, la relación de los equipos necesarios para las Subestaciones Rectificadoras, debiendo indicar la marca, modelos, cantidades, número de parte y/o referencia, características y aplicación de los equipos ofertados. Adicionalmente, deberá presentar de forma impresa, la información técnica emitida por el fabricante de los equipos, mediante la cual, demuestre que los bienes cumplen con las características de principio y funcionalidad, conforme a lo establecido en la Especificación Técnica No. **SIN-GMI-3401213**, considerando lo siguiente:
 - La información técnica (catálogos y/o fichas técnicas) deberá presentarse en original y/o copia y deberá ser emitida por el fabricante del producto ofertado.
 - La transcripción simple de la información contenida en el presente Anexo Técnico no será considerada como Información Técnica para valoración.
 - La información referida deberá ser legible y presentarse en idioma español. Cuando la información se encuentre en un idioma diferente al español esta deberá estar acompañada de la traducción simple.
- El Participante deberá presentar escrito en papel membretado de su empresa, debidamente firmado por su Representante Legal, mediante el cual manifieste bajo protesta de decir verdad que:
 - Conoce y acepta el cumplimiento de la garantía solicitada en el punto 2.9 de la Especificación Técnica No. **SIN-GMI-3401213**.
 - Conoce y acepta que será el único responsable de la entrega de las Subestaciones rectificadoras por medio de vehículos propios y con personal capacitado, así como de los accesorios en su empaque original.



Anexo Técnico

"ADQUISICION DE SUBESTACIONES ELECTRICAS RECTIFICADORAS" (REQUISICIONES 2025)

Fecha de corte: 17 de junio de 2025

Fecha de liberación: 29 de agosto de 2025

- c) Conoce y acepta que asociado al suministro e instalación de las 2 Subestaciones rectificadoras, deberá entregar 2 vehículos para el mantenimiento de las subestaciones de acuerdo con las características indicadas en el numeral **2.4 Accesorios**, de la Especificación Técnica No. **SIN-GMI-3401213**.

Requerimientos de Pruebas y Documentación para Valoración Técnica (continuación)

5. La omisión o discrepancia de cualquiera de los requerimientos solicitados en cada uno de los puntos anteriores, así como los establecidos en la especificación técnica No. **SIN-GMI-3401213** será motivo de incumplimiento técnico.

Elaboró

Carmin Parra A.

Ing. María del Carmen Parra
Alvarez

Subgerencia de Ingeniería

Revisó

[Firma]

Ing. Eduardo Rafael Mujica
Contreras

Subgerente de Ingeniería

Aprobó

[Firma]

Juan David Montaña Cárdenas

Gerente de Ingeniería y
Tecnología

Aprobó

[Firma]

Mtro. Marco Antonio Morales
García

Subgerente de Mantenimiento a
Subestaciones y Despacho de
Carga

Aprobó

[Firma]

Ing. Alberto Prom Y Arteaga

Gerente de Mantenimiento a
Instalaciones de Suministro y
Distribución de Energía



Ciudad de México, a 29 de agosto de 2025

GERENCIA DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

SUBGERENCIA DE INGENIERÍA

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA NÚMERO

SIN-GMI-3401213

"ADQUISICIÓN DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS RECTIFICADORAS"

Elaboró

Carmin Parra A.

Ing. María del Carmen Parra
Alvarez

Subgerencia de Ingeniería

Revisó

[Firma]

Ing. Eduardo Rafael Mujica
Contreras

Subgerente de Ingeniería

Aprobó

[Firma]

Juan David Montaña Cárdenas

Gerente de Ingeniería y
Tecnología

Aprobó

[Firma]

Mtro. Marco Antonio Morales
García

Subgerente de Mantenimiento a
Subestaciones y Despacho de
Carga

Aprobó

[Firma]

Ing. Alberto Prom Y Arteaga

Gerente de Mantenimiento a
Instalaciones de Suministro y
Distribución de Energía



Ciudad de México, a 29 de agosto de 2025

Glosario de Términos

A: Amperes. Es la unidad de intensidad de corriente eléctrica (flujo de electrones a través de un material conductor).

A/H: Ampere / Hora, cantidad de corriente eléctrica que circula por cada hora. Se utilizan para precisar la capacidad de una batería o cualquier dispositivo de almacenamiento de energía.

ADIF: Administrador de Infraestructura Ferroviaria. Es una entidad pública empresarial española dependiente del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana que tiene como objetivo la construcción de líneas de ferrocarril y la gestión de su explotación.

ANSI: American National Standards Institute. Instituto Nacional Estadounidense de Estándares, tiene por objetivo crear uniformidad para las mercancías y los procesos de la industria.

AWG: American Wire Gauge. Sistema estadounidense estandarizado, diseñado para medir diámetros o áreas de secciones transversales de alambre.

AZL: Apartarrayos de línea con entrehierro en aire. Equipo de protección contra sobre tensiones procedente de descargas atmosféricas, comúnmente utilizado en sistemas de subtransmisión o distribución eléctrica.

BIL: Basic Insulation Level, Nivel Básico de Aislamiento al Impulso, es una medida de la capacidad de un material aislante para soportar un nivel de voltaje determinado sin sufrir una falla eléctrica.

CFE: Comisión Federal de Electricidad. Es una empresa pública de carácter social que provee energía eléctrica, telecomunicaciones e internet. Es una empresa productiva del Estado, propiedad exclusiva del gobierno federal con personalidad jurídica y patrimonio propio.

EPR: Etileno Propileno, polímero que se utiliza como aislante de conductores eléctricos.

Hz: Hertz, unidad de medida para la frecuencia eléctrica.

IEC: International Electrotechnical Commission. La comisión Electrotécnica Internacional es la organización de normalización líder en el mundo que desarrolla y publica estándares internacionales para todas las tecnologías eléctricas, electrónicas y relacionadas.

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers. Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, es la sociedad técnico-profesional más grande y prestigiosa del mundo, dedicada a promover y divulgar los avances científicos en las áreas de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Energética, Informática y afines.

kA: Unidad de intensidad de eléctrica correspondiente a mil amperios. 1 kA equivale a 1×10^3 amperes.

kV: Unidad de medida de la tensión eléctrica equivalente a mil volts. 1 kV equivale a 1×10^3 volts.

kVA: Unidad de medida de potencia aparente equivalente a mil volt-ampere. 1 kVA equivale a 1×10^3 volt-ampere.

kW: Se refiere a la cantidad de energía que un dispositivo eléctrico consume en un momento dado, representa la rapidez con que se consume la energía. Se mide en kilowatts, 1 kW equivale a 1×10^3 watts.

L.DTP: Cuchilla desconectadora de operación con carga. Es un elemento que sirve para desconectar físicamente un circuito eléctrico, estas se operan sin carga, pero con algunos aditamentos se pueden operar con carga. Proporcionan un elemento de seguridad imprescindible para las instalaciones.

MOV: Varistor de Óxido Metálico. Dispositivo semiconductor pasivo de dos terminales que se utiliza para proteger circuitos eléctricos y electrónicos contra sobretensiones, para aplicaciones de CC como de CA.

µs: microsegundo, es la millonésima parte de un segundo. 1 µs equivale a 1×10^{-6} segundos.

MVA: Unidad de medida de potencia aparente. 1 MVA equivale a 1×10^6 volt-amperes.

NEMA: National Electrical Manufacturers Association. Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA), es la asociación de fabricantes estadounidenses de equipos eléctricos que define el principal conjunto de normas de construcción para Estados Unidos y Canadá.

NOM: Norma Oficial Mexicana; son regulaciones técnicas de observancia obligatoria expedidas por las dependencias competentes, que tienen como finalidad establecer las características que deben reunir los



Ciudad de México, a 29 de agosto de 2025

procesos o servicios cuando estos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana; así como aquellas relativas a terminologías y las que se refieren a su cumplimiento y aplicación.

PCC: Puesto Central de Control. Centro de monitoreo donde se coordina la operación de las líneas de trolebuses, así como la línea de tren ligero.

PLC: Programmable Logic Controller. Controlador Lógico Programable. Son dispositivos electrónicos muy utilizados en automatización industrial, un PLC controla la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, procesan y reciben señales analógicas y digitales y pueden aplicar estrategias de control.

RTU: Remote Terminal Unit. Mediante un dispositivo RTU es posible controlar y automatizar distintas instalaciones. Se pueden gestionar equipos físicos a distancia y comunicarlos con sistemas de control e integración como SCADA.

SCR: Rectificador controlado de silicio ("Silicon Controlled Rectifier"). Dispositivo semiconductor de control de corriente, formado por 4 capas y tres terminales, se utiliza principalmente para controlar altas potencias y convertir corrientes de CA en corrientes de CC.

SER: Subestación Eléctrica Rectificadora. Convierte la energía de corriente alterna a energía de corriente directa.

SF6: Hexafluoruro de azufre; es un gas inodoro, incoloro, ininflamable y no tóxico que, debido a sus cualidades dieléctricas, es el principal fluido que se incorpora en los aparatos electrotécnicos.

STE: Servicio de Transportes eléctricos. Es un organismo público descentralizado que se encarga de operar la línea de tren ligero y las líneas del trolebús y Cablebús de la Ciudad de México.

TC: Transformador de corriente. Son aquellos en los cuales la intensidad en el secundario es, en las condiciones normales de operación, directamente proporcional a la intensidad en el primario y desfasada con relación a la misma un ángulo próximo a cero, para un sentido apropiado de la polaridad de las conexiones.

TCC: Tablero de corriente Continua. Tablero para acceso al equipo perteneciente al circuito de corriente continua, como pueden ser interruptores, terminales para equipo de control, apartarrayos, relevadores, entre otros elementos.

TK: Telecontrol. Señales de mando generadas por el controlador lógico programable de manera remota que permite la adquisición de información referente al estado operativo de la subestación.

TM: Telemida. Sistema que permite establecer una comunicación a distancia con un medidor para fines de tomar la información registrada del mismo.

TP: Transformador de potencial. Son aquellos en los cuales la tensión en el secundario es, en las condiciones normales de operación, directamente proporcional a la tensión en primaria y desfasada con relación a la misma un ángulo próximo a cero, para un sentido apropiado de la polaridad de las conexiones.

USG: U.S. Gauge, escala de medición de grosor de láminas metálicas.

VCA: Tensión eléctrica de Corriente Alterna. Cambia de sentido con una frecuencia determinada produciendo un campo magnético variable, en sistemas de generación y distribución de potencia se utilizan 60 Hz, según la aplicación

VCC: Tensión eléctrica de Corriente Directa. Fluye de forma constante en una dirección y genera un campo magnético constante.



Ciudad de México, a 29 de agosto de 2025

Normatividad

El diseño del sistema eléctrico deberá realizarse con base en los estándares y normativas aplicables nacionales e internacionales vigentes para el sistema de energía y tracción. En los casos de que no exista claridad o la inexistencia de alguna normativa local, se ha recurrido a normas internacionales y se tomará la prevalencia de la aplicación conforme al siguiente orden:

1. Normativa oficial mexicana.
2. Normativas internacionales.

Normas mexicanas:

- NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (Utilización).
- NOM-001-STPS-2008, Edificios, Locales, Instalaciones y Áreas en los Centros de Trabajo – Condiciones de Seguridad e Higiene.
- NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.
- NMX-J-534-ANCE-2013, Tubos metálicos rígidos de acero tipo pesados y sus accesorios para la protección de conductores.
- NMX-J-549-ANCE-2005, Sistemas de protección contra tormentas eléctricas – especificaciones, materiales y métodos de medición.
- NOM-007-ENER-2014, Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.
- NOM-008-SCFI-2002, Sistema general de unidades de medida.
- NMX-J-010-ANCE-2018, Conductores con aislamiento termoplástico a base de policloruro de vinilo para instalaciones hasta 600 V.
- NMX Serie J, Motores de inducción, transformadores, productos eléctricos, conductores, técnicas de prueba.
- NRF-011-CFE-2004, Sistema de Tierra para Plantas y Subestaciones Eléctricas.

Normas Internacionales:

- EN 60529 "Degree of Protection provided by Enclosures (IP codes)
- IEC 62271 High-voltage switchgear and controlgear
- IEC 60694 Common specifications for high-voltage switchgear and controlgear standards
- IEC 60071 Insulation co-ordination
- IEC 60076 Power Transformers.
- IEC 61869 Instrument Transformers
- IEC 62271-200 High Voltage Switchgear and Controlgear. Part 200: AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV.
- IEC 60502 Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV (um = 1,2 kV) up to 30 kV (um = 36 kV) – part 1: cables for rated voltages of 1 kV ((um = 1,2 kV) and 3 kV (um = 3,6 kV
- IEC 60146-1-2 Semiconductor Convertors. General requirements and line commutated convertors – Part 1 2 – Application guide.
- EN 50327 Railway Applications - Fixed Installations. Harmonisation of the rated values for Converter Groups and Tests on Converters Groups
- EN 50123 Railway Applications - Fixed Installations. D.C. Switchgear.



Ciudad de México, a 29 de agosto de 2025

- EN60439-1 LV Switchgear & Controlgear assemblies; Part 1: type tests and partially type tested assemblies.
- IEC 62443 Seguridad de sistemas de control industrial y de automatización.
- EN 50119 Instalaciones fijas, Líneas Aéreas de contacto para tracción eléctrica.
- EN 50122 Aplicaciones ferroviarias. Instalaciones fijas. Seguridad eléctrica, puesta a tierra y circuito de retorno.
- NFPA 70, National Electrical Code (NEC).
- ANSI C2, National electric safety code.
- ANSI/ NEMA MG1, Motors and Generators.
- ANSI C57, Transmission, Distribution, Power and Instrument Transformers.
- IEEE std.80, Guide for Safety in Substation Grounding.
- IESNA, Illuminating Society of North America.
- IES, Illuminating Engineering Society.
- NFC-17102, Protección de estructuras y áreas abiertas contra el rayo por el dispositivo de puntas de inicio del rayo.

✓



Ciudad de México, a 29 de agosto de 2025

1. OBJETIVO

Establecer los alcances y especificaciones técnicas para la adquisición, diseño, suministro, instalación, configuración, energización, pruebas y puesta en servicio de **2 Subestaciones Eléctricas Rectificadoras (SER)** para transformar una tensión de **23 kV** en corriente alterna a **600 V** en corriente directa, a fin de proporcionar el suministro eléctrico de tracción a la Línea Aérea de Contacto (Catenaria o Línea Elevada) de la Red de Trolebuses, con una potencia final de cada Subestación Eléctrica Rectificadora de 2000 kW, incluyendo los trámites, gestión y costos de la contratación del suministro eléctrico correspondiente.

2. ALCANCES

Toda tarea u operación descrita y desarrollada en la documentación derivada de esta Especificación Técnica, deberá realizarse conforme a lo establecido en la normatividad nacional e internacional vigente aplicable, cumpliendo además con el desarrollo de la información respectiva (Memorias de Cálculo, Memorias Descriptivas, Especificaciones Técnico – Particulares, Planos de proyecto y As built, etc.), en la cual se establecen e indican los requerimientos mínimos e indispensables con los que debe contar cada **SER**.

2.1. Descripción de la Operación

Cada **SER** deberá quedar energizada por una fuente de alimentación eléctrica de **23 kV, 3 fases, 4 hilos, 60 Hz.** provenientes de la Red de Distribución Eléctrica de la **CFE**, con una variación admisible de **±10%**, debiendo considerar la contratación de la acometida eléctrica correspondiente como parte del suministro de las Subestaciones solicitadas.

La alimentación normal de las **subestaciones** deberá considerarse a través de un bus que asegure el correcto funcionamiento de éstas en el proceso de transformación de la tensión de **23 kV en corriente alterna a 600 V en corriente directa**, proporcionando el suministro eléctrico de tracción a la Línea Aérea de Contacto a través de 5 interruptores extra rápidos. La potencia final de cada **SER** será de **2000 kW** en régimen permanente con una capacidad de **sobrecarga de 150%** durante **dos horas** y de **200%** durante **un minuto**, aún después de la sobrecarga de 150% durante dos horas ningún componente de la subestación deberá presentar daño alguno.

2.2. Características de los equipos (aparamenta eléctrica)

Cada una de las **SER** deberán ser consideradas del tipo compacta de conversión móviles, integradas por una estructura de dos contenedores marítimos metálicos, cada uno de 12.1 metros de largo x 2.4 m de ancho x 3.2 metros de altura para el alojamiento de todos sus elementos, distribuidos de tal forma que permitan su ágil y óptima instalación, así como garantizar que los procesos medición, protección, transformación y distribución de energía eléctrica para servicios en Línea Aérea de Contacto o para servicios propios de las **SER** se realicen de manera segura y eficiente. Asimismo, se deberá considerar la integración de una junta elastomérica ubicada en el perímetro del contenedor, entre la plancha y la estructura de este, a efecto de garantizar la estanqueidad hacia la trinchera.

Para la instalación de las Subestaciones debe considerarse un arreglo de dos contenedores, distribuidos de acuerdo al arreglo eléctrico del fabricante en cabinas de **media tensión, transformador de potencia, rectificador, transformador de servicios auxiliares, tableros de CC, tablero de distribución de baja tensión, sistema de automatización y control, cargador de batería y otros dispositivos auxiliares**, todo de manera modular construido en fábrica y sometidos a pruebas según lo previsto por IEC, para lo cual se deberá presentar marco normativo aplicable. Los contenedores que integren las **SER** deben ser instalados en los



Ciudad de México, a 29 de agosto de 2025

sitios destinados para tal efecto que se encontrarán a lo largo de **La Línea**, considerando como referencia un espacio de un ancho de 4 metros y una longitud de 30 metros, pero además pudiendo utilizar los claros que de acuerdo con el diseño de la subestación se consideren necesarios, verificando la optimización de los espacios conforme a la propuesta de distribución de los equipos asociado al tamaño de los contenedores. El proveedor será el responsable de llevar a cabo todas las modificaciones y adaptaciones de proyecto donde se implementará la infraestructura electromecánica en los inmuebles que alojarán los contenedores, control, comunicaciones y/o fuerza, etc.

El equipo deberá integrarse en compartimientos que cumpla con los requerimientos de espacio mínimo y fácil acceso para efectos de la aplicación del mantenimiento correspondiente, respetando la normatividad nacional e internacional vigente aplicable, así como todas las recomendaciones normativas de seguridad para instalaciones eléctricas. Las posiciones de los compartimientos deberán posicionarse en una secuencia lógica de operación para optimizar el arreglo de cada **SER**. Asimismo, se deberá disponer de accesos interiores para dar servicio de mantenimiento e inspección a los componentes.

Cada **SER** deberá estar conformada por los siguientes equipos principales:

- a. Gabinete de media tensión 23 kV (GMT)
- b. Transformador de Potencia de 2225 kVA
- c. Transformador de Servicios Auxiliares de mínimo 30 kVA de capacidad
- d. Rectificador de capacidad 2000 kW
- e. Seccionadores Positivo y Negativo
- f. Interruptor Principal Ultra Rápido UR-54 para corriente directa
- g. Cinco (5) Interruptores Extra-Rápidos de Línea para corriente directa
- h. Tablero de Corriente Continua (TCC), para 5 Interruptores derivados
- i. Un cargador y banco de baterías de 120 A/H
- j. Un Gabinete de Control y Señalización (GCS)
- k. Relevadores de Protección y Coordinación de Protecciones
- l. Otros componentes
- m. Una Interfaz de **comunicación** para el telecontrol de la **SER**

Los componentes ya ensamblados para operación no deben tener aberturas que permitan la entrada accidental de objetos. El arco eléctrico producido en operaciones normales y de extinción de falla debe controlarse de tal forma que no ponga en peligro al personal, equipos, estructura y acabados de la **SER**.

Todas las superficies de lámina y estructurales de acero no inoxidable, deberán estar pintadas. Las superficies de todos los equipos deben ser tratadas con inhibidor de corrosión, una cubierta fosfatada y la aplicación de dos capas de pintura gris clara semivitrificada color ANSI 61. Cada tablero será totalmente ensamblado, alambrado y probado en fábrica (**pruebas FAT**), **por lo tanto, deberá de presentarse protocolo de pruebas aplicables a cada sistema**. Todos los aparatos como tableros, fusibles, etc., deberá contar con placa de identificación en idioma español, de acero inoxidable con superficie mate y letras negras, fijadas con remache pop.

Se deberá considerar la integración de dispositivos de protección eléctrica para enclavamiento entre las puertas del rectificador y los interruptores de circuitos de alimentación de CA y CC, a fin de que los interruptores se disparen cuando las puertas se abran y evitar un accionamiento de cierre con las puertas abiertas.

Los gabinetes deberán contar con orejas de maniobra removibles en la parte superior para efectos de maniobra, traslado y montaje.



Ciudad de México, a 29 de agosto de 2025

2.2.1. Gabinete de mediana tensión (GMT)

Los equipos que forman el mecanismo de desconexión de CA deberán estar alineados al frente en gabinetes de forma independiente, el ensamble del interruptor será del tipo de cubierta metálica blindada (metal clad), 200 A, 23 kV, 60 Hz. Tendrá interruptores de circuito al vacío que se sacarán horizontalmente. Tanto el mecanismo de desconexión como el interruptor de circuito de media tensión tendrán un nivel básico de aislamiento al impulso (BIL) mínimo de **95 kV** ya sea individualmente o como una unidad según la normatividad nacional e internacional vigente.

Todo el mecanismo de desconexión, incluyendo los interruptores de circuito al vacío, medidores, elevadores, etc., deberán ser probados en fábrica y los interruptores de la misma capacidad deberán ser **100%** intercambiables. Los interruptores de circuito y barras serán de **200 A** con función interruptiva y capacidad dieléctrica de acuerdo con la ANSI C37.20 y C37.06 (ratings) o equivalente. El **GMT** deberá ser ensamblado para formar una estructura rígida, auto soportada, en lámina calibre 12 USG, con cubiertas y separaciones metálicas de lámina de acero calibre 14 USG entre las unidades de interrupción. Los compartimientos que lo integran serán los siguientes:

- a. **Celda de cuchilla sin carga (de paso):** Destinada para alojar una cuchilla de operación sin carga, primer medio de seccionamiento, la cual va instalada en la parte superior de la celda, compartiendo conexión y espacio con la celda del seccionador para reducir las dimensiones generales del arreglo a las mínimas requeridas. La celda de cuchilla de paso tiene como función principal aislar la sección con carga (alimentación) del resto de las celdas una vez que se ha abierto el seccionador de operación con carga (**LDTP**), dando la facilidad de poder hacer mantenimiento en todos los equipos conectados en la misma línea, incluso en el seccionador principal de operación con carga. Asimismo, deberá contar con seccionador de puesta a tierra, el cual accionará coordinadamente con lógica inversa a la cuchilla de operación sin carga.
- b. **Celda de seccionador con apartarrayos, Transición y Transformadores de Instrumento TP's y TC's:** Celda de conexión del segundo medio de seccionamiento, contempla protección con tres apartarrayos del tipo distribución uso rudo, tecnología **MOV** igual o equivalente al varistor tipo **AZL** de McGraw-Edison, según normas ANSI/IEEE C62-11/86 e IEC-99-1/70. Celda que cuenta con una cuchilla desconectadora de operación con carga, la cual está diseñada para instalarse lateralmente disponiendo los mecanismos de apertura rápidos para una operación directa desde la parte frontal de la subestación, evitando el uso de transmisiones u otros mecanismos de operación que eventualmente presenten problemas de desajuste. Deberá disponer de fusibles limitadores de capacidad 80 A, 23 kVca, extraídos lateralmente con un diseño de bases de sujeción (clips) en ángulo de 60°. Asimismo, se encuentra la conexión de los **TP** por fase relación de transformación de 14,400/120 VCA, aislamiento clase H, 25 kV, 60 Hz, precisión de 0.3 a 1%, BIL 95 kV; TC's por fase relación de transformación 100:5 aislamiento clase H, 15 kV, 60 Hz, precisión de 0.3%, BIL 95 kV, esto para la señalización del control de la **SER**.
- c. **Celda de Interruptor de circuito de CA:** Destinada para alojar el interruptor de distribución que energiza el circuito que conecta al **TP** de 2225 kVA, que deberá ser al vacío o en **SF6** clase 25 KV, 60 Hz, 200 A, capacidad interruptiva mínima de 50 kA simétricos, clase 23 kV, 500 MVA, BIL: 95 kV. El interruptor de circuito deberá operar por medio de un mecanismo de energía almacenada, el cual se cargará normalmente con un motor universal, pero también deberá poder cargarse con una palanca manual para cierre de emergencia o de prueba. El mecanismo deberá estar arreglado de tal forma que la velocidad de cierre y apertura de contactos sea independiente, tanto del voltaje de control como del operador manual. El interruptor de circuito debe ser trifásico y equiparse con contactos



Ciudad de México, a 29 de agosto de 2025

secundarios desconectadores, los que se conecten automáticamente en las posiciones de operación y prueba para completar el circuito. El interruptor de circuito tendrá medios para desplazarse hacia dentro y fuera del compartimiento, así como posiciones intermedias; deberá proveerse con un bastidor estructural retráctil, integrado al arreglo de cada una de las celdas superiores con la finalidad de facilitar las maniobras de montaje. Debe proveerse con una protección que haga imposible que desplace un interruptor de circuito cerrado o desde cualquier posición, deberá contar además con una protección que asegure la descarga automática de los resortes de cierre cuando el interruptor entre o salga del compartimiento. El voltaje de control del interruptor de circuito debe ser de 110 VCC. Por ningún motivo, el circuito de alta tensión podrá quedar cerrado y conectado, cuando el interruptor se encuentre en las posiciones de abierto, prueba o desconectado

- d. **Celda de seccionador:** Destinada para alojar una cuchilla desconectadora de operación con carga tipo LDTP para la conexión y desconexión del **Transformador de servicios auxiliares**, diseñada para instalarse lateralmente disponiendo los mecanismos de apertura rápidos para una operación directa desde la parte frontal de la subestación, evitando el uso de transmisiones u otros mecanismos de operación que eventualmente presentan problemas de desajuste. Deberá disponer de fusibles limitadores de capacidad de 4 A, que serán extraídos lateralmente con un diseño de bases de sujeción (clips) en ángulo de 60°. La estructura deberá soportar sin daño los esfuerzos mecánicos producidos por una corriente de corto circuito de hasta 50 kA simétricos. Debiendo contemplar las siguientes consideraciones:
- e. **Conexión eléctrica cableado a barras:** Cuando se disponga de cableado aislado para mediana tensión, tanto de llegadas, como de salidas del tablero, los cables se conectan por medio de terminales (conos de alivio) y zapatas aplicadas sobre el conductor a compresión para su conexión a los buses de cada fase.
- f. **Disposición de Compartimiento:** Serán fabricados en perfiles de lámina de acero rolada en frío, diseñado para lograr una alta resistencia mecánica, estará separado y aislado por barreras metálicas de placa de acero pintadas calibre 12 USG. Este compartimiento constará de secciones con acceso por la parte posterior del tablero y cubiertas por placas de acero atornilladas y desmontables.
- g. **Puertas y panel interiores:** Los relevadores, medidores, instrumentos, interruptores de control, etc., deberán estar dispuestos en un panel con bisagras para cubrir el frente. El compartimiento de cables tendrá un panel desmontable. Todas las superficies deberán ser fosfatadas y pintadas al horno con esmalte epóxico gris claro, ANSI 61.
- h. **Alambrado de control:** El calibre del alambrado del mecanismo de desconexión debe ser 14 AWG, 600 V, excepto donde se requiera un calibre mayor. El mecanismo de desconexión deberá estar provisto con tablillas de terminales para las conexiones de control de salida. Todo el alambrado tendrá terminales tipo anillo, solamente se aceptará un solo cable y terminal por borne de conexión.
- i. **Mecanismos de enclavamiento y accionamiento:** Los accesos de las puertas de cada celda deberán de contar con sistemas de bloqueo (enclavamiento) de protección, asimismo en caso de requerir accionamientos mecánicos, se deberán de suministrar dos juegos de las palancas de accionamiento. Cada celda dispondrá de cerrojo de apertura mismos que deberán ser entregados por duplicado para cada celda.
- j. **Acabado:** Todas las partes de la estructura deberán ser fosfatadas y pintadas con esmalte epóxico, resistente a la corrosión, horneado, color ANSI 61, gris claro.



Ciudad de México, a 29 de agosto de 2025

- k. **Barras y conexiones:** Tanto las barras principales como las derivadas, deberán ser fabricadas en cobre electrolítico de alta conductividad con capacidad de 200 A, 23kV dimensionadas de acuerdo con ANSI C.37-20, a fin de soportar la conducción de la corriente indicada de manera continua, con una elevación de temperatura máxima de 68°C sobre una temperatura ambiente de 48°C. Las conexiones y uniones de barras y derivadas deberán ser plateadas y fijadas con tornillos. Las barras deberán estar aisladas por medio de resina epóxica y barniz rojo de alta adherencia, resistente al impacto, retardante a la flama y de baja emisión de humos. Las barras principales deberán estar soportadas por aisladores de porcelana o resina epóxica, con nivel de aislamiento y resistencia mecánica de corto circuito de hasta 23,000 amperes simétricos y 23 kV. Se debe considerar un arreglo de fases de las barras principales A, B y C desde el frente hacia la parte posterior, de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha, viendo el tablero desde el frente. Se deberá proveer una barra para conexión a tierra de cobre electrolítico de alta conductividad a todo lo largo del tablero. Los bastidores, puertas, paneles, cubiertas, etc. deberán conectarse a esta barra mediante cable trenzado flexible, de cobre estañado y calibre adecuado.
- l. **Relevadores de protección:** Los relevadores de protección deberán ser de estado sólido montados en las puertas del cubículo de protecciones, semiembutidos, conectados por la parte posterior y deberán ser del tipo desmontable para ajuste o calibración, disponiendo de interruptores de prueba integrales y caja a prueba de polvo y de alto impacto, con perillas de ajuste manual y unidades de sello. Deben ser accesibles y ajustables desde el frente del relevador. Todos los relevadores deben estar de acuerdo con las secciones aplicables de ANSI C37.1 Y C37.90 o equivalentes.
- m. **Instrumentos y medidores:** Los instrumentos y medidores deberán disponerse de acuerdo con ANSI C39.1. Los amperímetros y voltímetros deben ser de tipo conmutador con escala de 250°, las cajas deben ser a prueba de polvo y cubierta con ventanillas no reflejantes. Deberán ser del tipo semiembutidos, conectados por la parte posterior, con caja acabada en color negro mate y carátula blanca con números negros. Los instrumentos serán adecuados para operar con transformadores de corriente y de potencial de 5A y 120 Vca en el secundario respectivamente. Asimismo, deberán instalarse wathorímetros con indicación de demanda máxima e interfase analógica digital, con generación de pulsos integrada para transmisión de datos al PCC. Los Transformadores de instrumento deberán cumplir con la Norma IEC 60044.
- n. **Conmutadores de control:** Todos los mandos de control deben ser de tipo rotatorio, adecuados para operaciones de conmutación, con una placa que muestre las posiciones del conmutador. Cada contacto del conmutador será del tipo autolimpiable, fácilmente sustituible y tendrá una adecuada superficie de contacto y aislamiento.

2.2.2. Transformador de CA (potencia)

La SER deberá contar con un transformador de potencia de capacidad de 2,225 kVA, 60 Hz, del tipo seco con enfriamiento natural (AA) o forzado (FA), 3 fases, 23,000 Vca, con cuatro derivaciones de 2.5% cada una, 2 arriba y 2 abajo del voltaje nominal, conexión delta en el primario y delta - estrella en el secundario que será doble devanado, diseñado para operar a una altitud de 2,240 metros sobre el nivel del mar con una sobre elevación de temperatura de 65°C sobre un ambiente medio de 35°C y una máxima de 48°C. La clase de servicio será de acuerdo con ANSI C34-2 para tracción ligera, ciclo de carga mayor a 100% continuo, 150% por dos horas después del 100% anterior y 200% por un minuto inmediatamente después de la sobrecarga de 150% anterior.



Ciudad de México, a 29 de agosto de 2025

El transformador antes descrito y sus características principales corresponde a un grupo de rectificación de 6 o 12 pulsos del tipo encapsulado en resina epóxica. Los equipos deberán de considerar la descripción de las especificaciones técnicas ADIF (**Especificación Técnica 03.359.121.5**).

Así mismo, deberán de considerar los niveles de voltaje establecidos en la Norma IEC 60850, así como lo indicado en las Normas IEC 60076 o IEC 60726, para el caso aplicable al tipo de transformador seleccionado.

2.2.3. Transformador para servicios auxiliares

El transformador para distribución de energía a los circuitos de los servicios auxiliares deberá ser del tipo seco y contar con las siguientes características:

- Potencia: **30 kVA**
- Tensión primaria nominal: **23,000 Vca**
- Tensiones secundarias nominales: **120/240 Vca**
- Número de fases: **3 fases**
- Frecuencia: **60 Hz.**
- Identificación de terminales Alta tensión H1, H2 y H3. Baja tensión X0, X1, X2 Y X3.
- Enfriamiento Natural clase AN
- Dieléctrico Barniz aislante seco cristalizado
- Clase de aislamiento Primario: **25 kV**
- Secundario: **1.2 kV**
- Clase H
- Nivel básico de aislamiento al impulso BIL Mínimo 95 kV
- Primario: **23 kV**
- Secundario: **220/127 V**

Las pruebas aplicables al transformador serán de acuerdo con la tabla No. 7 de ANSI/IEEE C57.12.01-1979.

El transformador de servicios auxiliares será alimentado por medio de un seccionador de operación bajo carga, manual, con fusibles.

2.2.4. Rectificador de capacidad 2000 kW

La **SER** deberá contar con un banco rectificador, contenido en un gabinete metálico auto soportado. Deberá estar completo, con sus auxiliares, controles, ductos para cable, herrajes necesarios, cableado y dispositivos de protección, diseñada de acuerdo con ANSI C57.12, ANSI C57.18 y ANSI C34.2 coordinadamente con el transformador correspondiente. Todas las partes de la unidad del rectificador, así como sus conexiones, terminales y barras deberán diseñarse para soportar las fallas máximas de corto circuito sin que se dañe, por el periodo de tiempo para que el interruptor de circuito abra y elimine la falla.

El rectificador deberá enfriarse por convección natural, adecuado para servicio interior y para el ciclo de trabajo indicado, cada unidad del rectificador deberá ser una unidad completa auto contenida, incluyendo todas las conexiones de las barras y herrajes desde la brida de salida del transformador a la brida de conexión de las barras al interruptor de CC. El rectificador deberá ser un ensamble operativo consistente



Ciudad de México, a 29 de agosto de 2025

en diodos de silicio, fusibles de protección y todos los accesorios necesarios para su operación. Deberán suministrarse conexiones de brida adecuadas, incluyendo empaques para evitar la entrada de humedad. Debe proveerse de compartimientos separados para aislar los circuitos de control y auxiliares de las funciones de las barras de 600 Vcc y diodos. Todas las lecturas, controles u observaciones, deberá ser posible realizarlas sin exponerse a partes energizadas. Los materiales se seleccionarán para evitar la posibilidad de corrosión o acción galvánica que interfiera con la operación correcta o con la apariencia, durante la vida útil del equipo.

Los materiales usados para las cajas de los diodos, pernos y disipadores de calor deben ser similares y completamente compatibles. El grupo rectificador será de 2000 kW en las terminales de salida. Se diseñará para soportar sobrecarga de 150% durante dos horas y de 200% durante un minuto (aún después de la sobrecarga de 150% durante dos horas) sin que sufra daño ningún componente de la subestación. El Proveedor deberá presentar un estudio y análisis técnico económico respecto a la utilización de un grupo transformador – rectificador de 6 o 12 pulsos. La propuesta básica se hará con el grupo de 6 pulsos y como alternativa deberá ofrecerse el grupo de 12 pulsos aclarando suficientemente las diferencias técnico-económicas.

2.2.4.1. Capacidades

El rectificador deberá contar con una capacidad nominal de 2000 kW y debe diseñarse para el ciclo de trabajo indicado en ANSI C34.2 para tracción ligera. La eficiencia total del grupo transformador-rectificador deberá ser 97.5% o mayor a su capacidad nominal en régimen continuo. El factor de potencia del grupo transformador – rectificador deberá ser de 0.95 o mayor a plena carga y voltaje de CA nominal.

2.2.4.2. Protección de impulso

La unidad de rectificación debe equiparse con supresores de voltaje de impulso para limitar el voltaje inverso a través de los diodos dentro de los límites del voltaje de pico inverso, independientemente de que el pico de voltaje transitorio aparezca en el lado de corriente alterna o de corriente continua. Los supresores de voltaje de impulso consistirán en una red capacitor-resistor y se conectarán convenientemente para reducir la magnitud del voltaje de impulso de la línea.

2.2.4.3. Diodos

Los diodos de silicio serán del tipo sellados herméticamente, tendrán una capacidad de acuerdo con NEMA SK-60 o equivalente y estarán dispuestos de forma práctica para ayudar a balancear las características eléctricas normales y de impulso de cada fase. Para todo el arreglo deberá usarse un solo tipo de diodo. El rectificador deberá ser capaz de soportar las sobrecargas especificadas y las cargas de cortocircuito aun con un diodo en paralelo, fallado o removido de cada fase sin que se exceda la temperatura de junta límite en los diodos activos. Cada diodo será capaz de soportar un voltaje de pico inverso repetitivo de 1,000 V a su máxima temperatura de operación durante los periodos de bloqueo sin que haya cambio permanente en las características del diodo. El rectificador deberá diseñarse para mantener el balance de corriente entre los diodos conectados en paralelo en cada fase. Este esquema de balance de corriente mantendrá la corriente individual de cada diodo dentro de su capacidad, bajo todas las condiciones de carga y sobrecarga. El balance de corriente no se realizará por el uso de diodos seleccionados iguales, sino usando un reactor o elementos semiconductores apropiados. Cada diodo deberá protegerse con un fusible limitador de corriente, el fusible desconectará al diodo en caso de falla y protegerá los otros componentes del rectificador. Los fusibles serán de tal capacidad que podrán soportar una falla de CC externa en las condiciones de



Ciudad de México, a 29 de agosto de 2025

carga especificada, los valores típicos nominales de estos fusibles son de 600 A, 1000 Vcc, mismos que deberán confirmarse por el proveedor mediante memoria de cálculo.

2.2.4.4. Barras y conexiones de barras

Las barras del rectificador deberán ser de cobre electrolítico, alta conductividad eléctrica y alta calidad, adecuadamente soportadas entre sí y al gabinete con aisladores de porcelana o resina epóxica con nivel de aislamiento y resistencia mecánica capaz de soportar en forma segura las corrientes de corto circuito sin que se dañen o afecte al gabinete. Las conexiones de las barras deberán ser atornilladas. Todas las conexiones y uniones de cobre deberán tener un baño de plata. Las conexiones de las barras en las terminales del equipo deberán ser plateadas de fábrica. Las terminales negativas de CC de cada sección del rectificador deberán conectarse al seccionador de desconexión negativa.

Las terminales positivas del rectificador de CC deberán conectarse al seccionador de desconexión positivo antes del interruptor correspondiente.

2.2.4.5. Gabinete del rectificador

El gabinete deberá estar formado por una estructura de acero rígida, auto soportada, de lámina calibre 12 USG, con todos los elementos principales unidos por soldadura. Las tapas y puertas deberán ser construidas en lámina calibre 14 USG y tener aberturas protegidas para proporcionar adecuada ventilación a los componentes. Todas las superficies deberán recibir un tratamiento de desengrase alcalino, enjuague, fosfato de zinc, sellador crómico y aplicación de dos capas de pintura epóxica color gris claro ANSI 61. Debe disponerse de acceso conveniente para mantenimiento normal e inspección. Deben suministrarse ventanillas en las puertas de acceso para facilitar la inspección visual de todos los componentes. Deben proveerse dispositivos de protección eléctrica para enclavamiento entre las puertas de los rectificadores, para que los interruptores se disparen cuando las puertas se abran y evitar que cierren cuando las puertas estén abiertas.

2.2.4.6. Aparatos de protección y medición

Todas las protecciones deberán estar coordinadas para evitar falsos disparos o mala operación. Los relevadores y aparatos deberán suministrarse para montaje semiembutido y serán del tipo deslizante. Los relevadores y aparatos sujetos a 1000 Vcc deben montarse en una base aislada. Los relevadores auxiliares que no sean adecuados para el montaje descrito y que no estén sujetos a 1000 Vcc deberán montarse en la superficie interior, provistos de protección adecuada. Todas las bases de los aparatos estarán aisladas eléctricamente entre sí.

Cada rectificador deberá suministrarse con aparatos para proteger todo el equipo y asegurar la continuidad de la operación. Los aparatos suministrados deben evitar dañar a otras partes individuales del equipo debido a corto circuito pérdida de potencia, condiciones de voltaje transitorio y/o sobrecargas.

2.2.4.7. Carga inactiva

Se requiere evitar el excesivo alto voltaje al tenerse una condición de cero cargas, por lo que debe proveerse de una resistencia inactiva de fuga que se conectará como carga, en ausencia de ésta.



Ciudad de México, a 29 de agosto de 2025

2.2.4.8. Marco Normativo

Los equipos rectificadores deberán de considerar la descripción aplicable de la especificación técnica **ADIF, ET 03.359.106.6** Especificación Técnica, Rectificadores de Potencia para Subestaciones de Tracción de 1.5 KV de Corriente Continua. Así como el marco normativo indicado en:

- ANSI C34.2** - American National Standards Institute: Practices and Requirements for Semiconductor Power Rectifier
- NEMA RI-9**- National Electrical Manufacturers Association: Silicon Rectifier Units for Transportation Power Supplies
- ISO** - International Standards Organization
- IEC** - Standard 146

2.2.5. Seccionadores Manuales (89N y 89P)

Seccionadores de lámina, tienen la función de aislar la energía de los buses positivo y negativo del puente rectificador con el interruptor ultra rápido UR-54, capacidad de operación para 1000 Vcc, 6000 A.

2.2.6. Interruptor Ultra rápido UR-54

La función principal del interruptor ultra rápido es abrir el circuito eléctrico con carga nominal, en condiciones de sobrecarga y/o corto circuito. El interruptor **UR-54** permite proteger a los alimentadores de sección en forma agrupada, es decir, en caso de que un interruptor de línea no opere, el interruptor **UR-54** operará de forma inmediata para proteger al equipo rectificador y el transformador de potencia de sobreesfuerzos electromecánicos. Deberá contar con la función de desconectar los circuitos eléctricos en cualquiera de las condiciones siguientes: con carga, en vacío y en condiciones de falla. Deberán ser de operación extra rápida y de 1000 Vcc nominales, 6,000 A. El interruptor de circuito principal se protegerá para que cierre eléctricamente solamente cuando el aparato este en la posición conectado, con los contactos de desconexión primaria y secundaria con contacto total y la puerta del compartimiento totalmente cerrada con pasador.

2.2.6.1. Protección de tierra del tablero de Rectificador

El tablero de rectificación deberá situarse en un área confinada. Necesariamente se deberá disponer de acceso alrededor de los mismos, sin conexiones a la malla subterránea de tierras a fin de garantizar el total aislamiento de estos componentes para lograr la condición de "**Negativo Flotante**". El diseño de estos equipos deberá ser compacto. De acuerdo con el diseño, el **Proveedor deberá entregar un sistema de tierra de baja resistencia para proteger al personal y al equipo en caso de que un gabinete se energice debido a una falla.**

2.2.6.2. Marco Normativo

Deberá de la misma forma cumplir con la Especificación técnica **ADIF, ET 03.359.100.9** Especificación Técnica, Disyuntores Extra rápidos para Subestaciones de Tracción de Corriente Continua.

2.2.7. Interruptores Ultra rápidos de Línea

La **SER** debe estar aislada de los cables de alimentación positiva por medio de los interruptores de circuito, los cuales deberán ser de tipo removible, arreglados para moverse físicamente entre las



Ciudad de México, a 29 de agosto de 2025

posiciones conectado, prueba y desconectado, provistos de ruedas aislantes clase 3 kVcc, carriles y manijas de maniobra. Las características mínimas que deberán cumplir los interruptores de CC son:

- a. Deberán ser de operación ultrarrápida y de 1000 Vcc nominales, 2,000 A.
- b. Cada interruptor de circuito deberá tener un sistema para amortiguamiento, dirección y extinción de arco eléctrico, consistente de cámaras de arqueo diseñadas para encajonar los contactos principales y dirigir la apertura del arco hasta su extinción.
- c. Las superficies de contacto de los miembros móviles y fijos deberán ser de una aleación de plata no soldable o equivalente, que combine alta conductividad y resistencia al arco.
- d. Los elementos removibles del mismo tipo y capacidad deben ser física y eléctricamente intercambiables.
- e. Cada interruptor de circuito deberá tener un aparato de disparo por medio de shunt, con el equipo de control auxiliar necesario. Los interruptores deben ser operados eléctricamente a distancia, con disparo libre eléctrico y mecánico sin rearmado, de cierre y apertura rápida, con mecanismos que aseguren la presión de contacto completa hasta el tiempo de apertura. Los mecanismos de cierre tipo solenoide deben conectarse de tal forma que después de un cierto tiempo se elimine el voltaje de control a las bobinas de cierre. Si sucede que el interruptor no cierra o el circuito de control no se abre, se inicia una secuencia de disparo que abre el circuito de control de cierre y restablece todos los relevadores de secuencia a su posición normal. La fuerza de control a los interruptores debe estar de acuerdo con la norma ANSI C37.15. Los mecanismos motorizados de operación deberán abrir y cerrar correctamente el interruptor en el rango de voltaje y corriente especificados.
- f. En cada interruptor de circuito deberá proveerse de un interruptor de control para que, estando el interruptor de circuito en la posición de prueba, se pueda cerrar y disparar eléctricamente, sin embargo, el circuito de cierre (1,000 Vcc) debe quedar desconectado en las posiciones de prueba y desconectado.
- g. Cada interruptor de circuito deberá proveerse con medios mecánicos para dispararlo manualmente cuando esté en las posiciones prueba o conectado. Esta función debe efectuarse con la puerta cerrada, señalizándose cuando el interruptor de circuito este en la posición abierto o cerrado.
- h. Cada interruptor de circuito deberá proveerse con un contador de cuatro dígitos, no reajutable, para registrar las operaciones de disparo.
- i. Se deberá considerar que cada interruptor se pueda mover a las posiciones conectado, prueba y desconectado. En la posición conectado los elementos de desconexión primaria (fuerza) y secundaria (control), estarán haciendo contacto total y el interruptor estará en la posición de operación normal. En la posición de prueba los elementos de desconexión primaria (contactos de dedos cortos) deberán estar abiertos y separados a una distancia segura, los elementos del circuito de control (contactos de dedos largos) o de desconexión secundaria deberán hacer contacto total. En la posición desconectada, ambos elementos de desconexión primaria y secundaria estarán abiertos y separados a una distancia segura.
- j. Debe proveerse una protección mecánica para evitar que el interruptor de circuito entre o salga de la posición conectado cuando los contactos móviles del interruptor estén en la posición cerrada.



Ciudad de México, a 29 de agosto de 2025

- k. Debe proveerse de un indicador que muestra la localización de las posiciones conectado, prueba y desconectado.

Cada compartimiento del interruptor de circuito debe ser provisto con protección mecánica, a fin de evitar que el interruptor de circuito cierre manualmente a menos que el interruptor este en posición de prueba o desconectado. El interruptor de circuito deberá estar provisto para que cierre eléctricamente solamente cuando el aparato este en la posición conectado, con los contactos de desconexión primaria y secundaria con contacto total y la puerta del compartimiento totalmente cerrada con pasador. Lo anterior se cumplirá para la posición de prueba, solamente que los contactos de desconexión primaria estén desconectados. Para el arreglo grupal deberá de considerar:

2.2.7.1. Barras y conexiones de barras

Las barras alimentadoras de los interruptores deben ser de cobre rígido, de alta conductividad eléctrica, deberán soportar las sobrecargas que se especifican sin exceder la elevación de temperatura permisible indicada en las normas ANSI e IEC, asimismo, deben ser de la longitud total del ensamble del tablero y sus conexiones deben ser suficientemente fuertes para soportar todos los esfuerzos térmicos y mecánicos asociados con las corrientes máximas de corto circuito. El arreglo de barras debe interconectar cada gabinete de interruptor mediante una conexión atornillada y terminará en ambos extremos en un block dispuesto para conectarse al suministro de energía en 1,000 Vcc proveniente de los rectificadores. Las barras de CC deben ser desnudas excepto donde los claros sean dos pulgadas (5 cm) o menores, donde llevará aislamiento. Las barras colectoras se deberán montar con aislamiento tipo barrera y/o aisladores tipo poste suficientemente fuertes para soportar sin daño o distorsión permanente todos los esfuerzos producidos por la corriente de corto circuito máxima posible. Todas las conexiones de las barras incluyendo las terminales de las barras y contactores o interruptor de circuito, deben realizarse con pernos cobrizados y cadmizados.

Las juntas de las barras deberán tratarse para evitar la corrosión. Cada junta debe tener una conductividad por lo menos igual a la de las barras colectoras y cada junta debe asegurar que no ocurra pérdida de conductividad durante la vida útil del tablero. Siempre que se hagan juntas de cobre con aluminio, deberán usarse conectores diseñados específicamente o recomendados para este servicio. Todas las conexiones a las barras deben ser atornilladas, los pernos deben ser de acero inoxidable. Las juntas llevarán roldanas planas estriadas (auto frenadas), de presión y tuercas de acero inoxidable.

2.2.7.2. Conexiones de cables alimentadores positivos

Los cables de alimentación deberán instalarse en la parte inferior del interruptor. Se debe considerar suficiente espacio y superficie de contacto para jalar y terminar los cables de alimentación que salen del tablero de CC. Deben proveerse conectores de compresión de cobre estañado para dichos cables. Deberán considerarse, por interruptor, las preparaciones para instalar dos cables unipolares de aluminio de alta conductividad, calibre 1000 KCM, aislamiento clase 1 kV para positivos y negativos, tipo **EPR**, 90°C, con cubierta de hypalon azul para positivos, negra para negativos.

2.2.7.3. Dispositivos de protección y medición

Se deben proporcionar los medidores, instrumentos y circuitos de relevación, alambrados y conectados. Los componentes adicionales tales como relevadores auxiliares, diodos aisladores y dispositivos similares no descritos, pero que se requieren para una instalación completa, deben proveerse conforme a lo siguiente:



Ciudad de México, a 29 de agosto de 2025

- a. **Arreglo y montaje.** Los aparatos deberán estar arreglados para que sean accesibles conveniente y fácilmente visibles. El grupo será claramente modular con las funciones relacionadas muy próximas. Los aparatos deben estar a plomo y en cuadratura con las líneas del gabinete y montados como recomienda su fabricante. Se tendrá cuidado de evitar congestionamiento de alambrado. Todos los dispositivos auxiliares deberán ajustarse a la apariencia general de la **SER**. Todos los dispositivos en la cara del tablero deberán montarse semiembutidos en las puertas y/o paneles.
- b. **Dispositivos de protección contra corriente inversa No. 32.** Cada interruptor de CC deberá estar provisto con un dispositivo de actuación directa No. 32, el cual dispare al interruptor al presentarse cualquier corriente sustancial que fluya en sentido inverso y que pudiera dañar al rectificador.
- c. **Dispositivos de protección contra sobre corriente No. 76.** Cada interruptor en el circuito de alimentación de CC deberá proveerse con un relevador de cuatro funciones:
 - Disparo por sobre corriente instantánea de acción directa;
 - Unidad de disparo por sobrecorriente de tiempo corto;
 - Unidad de disparo por sobrecorriente de tiempo largo, y
 - Unidad de disparo por sobrecorriente por rapidez de elevación di/dt , la cual deberá discriminar entre corrientes de corto circuito remotos y la corriente de arranque de los trolebuses.

2.2.7.4. Medición de carga

- a) La **SER** debe contar con la medición automática de la situación de la carga de la línea para proteger contra el cierre de un interruptor en una línea con falla;
- b) Cada circuito de medición de carga y mando de cierre debe controlar separada e independientemente a su respectivo interruptor;
- c) En caso de que un interruptor en operación normal se dispare, enviará señal indicadora de alarma, y si permanece abierto aun con la operación del circuito de cierre, el circuito de control bloqueará al interruptor y deberá requerirse restablecimiento local o remoto.
- d) Se deben implementar los enclavamientos después del cierre automático en los cinco interruptores, sujetos al control de medición de carga de cada interruptor en forma independiente.

2.2.7.5. Protección de tierra del tablero de CC

El tablero de CC deberá situarse en un área confinada. Necesariamente se dispondrá de acceso alrededor de los mismos. No habrá conexiones a la malla subterránea de tierras, garantizando el total aislamiento de estos componentes para lograr la condición de "**Negativo Flotante**". El diseño de estos equipos deberá ser compacto. De acuerdo con el diseño el proveedor entregará, un sistema de tierra



Ciudad de México, a 29 de agosto de 2025

de baja resistencia para proteger al personal y al equipo en caso de que un gabinete se energice debido a una falla.

2.2.7.6. Medición

Se deberá considerar la implementación de un sistema de transductores que permitan, en cualquier momento, obtener los valores de voltaje y corriente entregados por cada interruptor de salida en CC, mostrándose las lecturas en el display del relevador, de la RTU y en el mando remoto ubicado en el PCC, con intervalos máximos de un segundo entre lecturas.

2.2.8. Tablero de corriente continua TCC, para 5 Interruptores derivados

El TCC deberá integrarse con cinco gabinetes independientes para servicio interior, alineados, con puertas al frente y cubierta metálica. El TCC debe incluir una celda para dos acometidas por la parte superior y posterior y cinco interruptores de circuito de CC de un solo polo, un bus ducto conteniendo las barras positivas de alimentación desde cada rectificador, las terminales para conectar los cables de alimentación a la Línea Elevada (catenaria), apartarrayos y sus conexiones, las tablillas de terminales para circuitos de control y protección, los relevadores de protección y auxiliares, los circuitos de control, el cableado y todos los aparatos necesarios para tener el ensamble completo y operable. El interruptor deberá cumplir con lo señalado en las normas ANSI C37.14, ANSI C37.20, ANSI C37.16 y NEMA SG3 según aplique. Su función principal deberá ser el control y protección del equipo y la distribución de energía de CC a los Trolebuses.

2.2.8.1. Gabinete del tablero

Cada gabinete deberá ser de una estructura de acero rígida auto soportada y auto contenida de acuerdo con la norma ANSI C37.20, según se aplique y a los requerimientos indicados. El gabinete del interruptor deberá ser adecuado para acomodar los interruptores de CC, las superficies del gabinete expuestas a arcos o gases ionizados deben protegerse con un material aislante, resistente a la flama. Para acceso frontal a los interruptores de circuito, instrumentos y tablillas, terminales deben suministrarse puertas con bisagras, de lámina metálica calibre 12 USG y reforzarse adecuadamente contra deformaciones. Las bisagras deben ser de uso pesado. Todas las puertas se deben fijar en posición cerrada con un mínimo de dos pasadores metálicos que se abran coordinadamente con un enclavamiento metálico que se libera exclusivamente cuando el interruptor se encuentra en la posición desconectado. Las puertas deben contar con topes para mantenerlas en forma segura en la posición abierta.

2.2.8.2. Cargador y banco de baterías de 120 A/H

El sistema de baterías de cada subestación debe incluir los acumuladores, el cargador de batería, interruptor desconectador de fusibles, estructura de montaje, accesorios y todas las conexiones necesarias para que el sistema sea operable. Deberá ser conforme a las normas NEMA y NOM aplicables a acumuladores y cargadores de batería o equivalentes. El banco de baterías deberá instalarse en un área confinada, independiente del resto del equipo para lograr el control de emanación de gases. El cargador se instalará por la parte exterior del muro que confina la batería, en la sala de equipos. Las baterías deberán contar con las siguientes características:

2.2.8.2.1. Banco de Baterías



Ciudad de México, a 29 de agosto de 2025

La batería debe ser del tipo y tamaño necesarios para ejecutar todas las funciones que aquí se describen y propia para la operación de la subestación, considerando que su tecnología sea de Níquel-cadmio. Deberá tener una vida mínima esperada de 10 años para el tipo y condiciones de servicio solicitados.

- a. **Capacidad.** La capacidad de la batería debe ser suficiente para sostener un régimen de descarga de 8 horas. Debe diseñarse para suministrar los valores más altos de descarga necesarios para cerrar y disparar todos los interruptores de la subestación después de que los valores de descarga son demandados en ausencia de alimentación de CA. El tamaño de la batería deberá basarse en lo siguiente:
 - Demanda de carga con la subestación en plena operación y alimentación de CA normal al cargador.
 - Demanda de carga en ausencia de alimentación de CA al cargador.
- b. **Placas de identificación.** Cada batería debe ser marcada permanente y legiblemente con los siguientes datos:
 - Nombre del fabricante
 - Tipo y modelo
 - Capacidad en amperes-horas a un minuto, una hora y 8 horas.
 - Régimen de descarga
 - Densidad a plena carga
- c. **Tipo.** Los acumuladores de la batería serán de Níquel-Cadmio, para dar servicio a circuitos electrónicos de control (microprocesadores) y protecciones, muy delicados.
- d. **Lavajojos.** Cada banco de batería deberá incluir un lavajojos portátil, en cada subestación rectificadora.

2.2.8.2.2. Cargador de baterías

El cargador de baterías debe fabricarse a base de **SCR** con regulación plena, del tipo de voltaje constante, seleccionado de acuerdo con el tamaño del batería conectado a él. Deberá ser capaz de recargar la batería completamente descargada en un tiempo máximo de 8 horas, alimentando además la carga demandada por la operación normal de la subestación. Operará a una tensión de 120/240 Vca, 60 Hz, monofásico.

El rango total de carga, además de cargar las baterías en flotación debe llevar la carga continua, mientras que la batería alimenta prácticamente lo más pesado durante los periodos de emergencia o mantenimiento. Cuando la **CA** al cargador es interrumpida, la batería deberá suministrar toda la potencia requerida. De la misma forma, el cargador deberá contar con un circuito para limitar la corriente de salida hasta un 10% sobre su corriente nominal. Para variaciones de la tensión de alimentación de $\pm 10\%$ y variaciones de carga de 0 a 100%, la variación de tensión de salida del cargador no deberá exceder $\pm 0.5\%$ de la tensión nominal.

Para falla en la red de alimentación, la tensión transitoria a la salida del cargador conectado a sus cargas no deberá exceder del 200% de la tensión nominal. Para la tensión nominal especificada, los valores de eficiencia mínimos son los indicados en la norma NMX-I-063-NYCE-2002 o equivalente en normas intencionales. El factor de potencia del cargador deberá ser de 0.90 o mayor. La tensión de rizo máximo no debe exceder de 1 mV. Se deben marcar claramente con



Ciudad de México, a 29 de agosto de 2025

símbolos y/o leyendas todas las terminales susceptibles de conexiones externas, con objeto de identificar sus funciones.

2.2.8.3. Gabinete de Control y Señalización (GCS)

La subestación rectificadora deberá contar con un gabinete de control que debe estar formado por una armazón de acero estructural calibre 12 USG, paneles y puertas del mismo calibre. El gabinete deberá limpiarse con chorro de arena o granalla de grado comercial, o tratar la superficie químicamente y banderizarla con fosfato de zinc. Aplicar en seco una capa de epóxico catalizado de 0.025 mm de espesor. Aplicar dos capas de 0.038 mm de espesor cada una de epóxico catalizado color gris ANSI 61. Debe ser auto soportado y con la parte posterior y costados diseñados para instalarse en un ensamble de conjunto. El gabinete deberá tener acceso por la parte frontal (puerta) y posterior (cubierta de lámina atornillada). Debe ser auto enfriado, esto es, diseñarse para tener enfriamiento por convección natural, para lo cual pueden estar provistos de ventilas en el frente y en la parte posterior, No se aceptan gabinetes con ventilación forzada.

Debe contar con medios para izaje y soportes adecuados. Se instalará un sistema de iluminación que se activará al abrir la puerta. La estructura del gabinete deberá estar sólidamente conectada a tierra en dos puntos diametralmente opuestos y se proveerá de un puente de cinta de cobre estañado y trenzado provista de terminales de ojillo para interconectarlo con la puerta.

En este gabinete se alojarán los siguientes equipos:

- a) Tablero mímico y display, los cuales se montarán a ras sobre la puerta.
- b) Controladores programables RTU primario y secundario (respaldo) en arreglo redundante.
- c) Relevadores auxiliares, tablillas de conexiones, alambrado de control, relevador no. 86 y botón rojo para disparo general de emergencia y bloqueo de la subestación, mismo que accionará una alarma audible que deberá silenciarse con un botón pulsador operado localmente.

2.2.8.3.1. Panel mímico y display para señalización y control

El panel mímico deberá mostrar un diagrama unifilar, el arreglo eléctrico de la subestación desde su alimentación hasta la conexión a la catenaria. Deberá conectarse al controlador mediante un multiplexor de entradas/salidas digitales, las cuales son controladas con botones pulsadores del panel. El panel deberá ser provisto de botones pulsadores de mando y tres lámparas indicadoras por dispositivo (en colores ámbar, rojo y verde) que operen y anuncien el estado que guardan los interruptores referidos, además de un botón para despliegue de lecturas de corriente y voltaje.

La lectura desplegada deberá permanecer en pantalla y actualizarse de forma automática mientras no se pulse el botón de restablecer o por prioridad se despliegue otra función. Deberá disponer de tres pulsadores adicionales, localizados al lado derecho del display, dos de ellos para recorrer hacia arriba o hacia abajo los eventos ocurridos y el tercero para silenciar la alarma audible. El display deberá instalarse en la parte superior del tablero mímico con un mínimo de 60 caracteres desplegados en dos líneas.

El display deberá ser auto contenido en una unidad multiplexada provista de una interfase simple para un sistema microprocesador para la visualización de eventos, estados y mediciones que se generen en la SER. Asimismo, deberá de indicar la nomenclatura de los eventos y datos calendario en el formato dd/mm/aa y horario hh:mm:ss.



Ciudad de México, a 29 de agosto de 2025

2.2.8.3.2. Configuración de los controladores programables

El control total de la subestación deberá contar con dos controladores programables en redundancia, alojados en la pared interna posterior del gabinete de control denominados controlador primario y controlador secundario. La función principal del controlador de la subestación es servir como interface de supervisión. El controlador deberá realizar las siguientes funciones como mínimo:

- a) Usando una interfase, operará el panel mímico interactivo.
- b) Anuncio de alarmas en el display.
- c) Proveer información de medición a través del display.
- d) Proporcionar un enclavamiento lógico para el funcionamiento de la subestación.
- e) Conectar la subestación al circuito preferente en caso de interrupción en el suministro de energía.
- f) Deberá tener capacidad para almacenar y desplegar la información de todos y cada uno de los eventos en la subestación.
- g) Deberá contar con una salida para comunicaciones.

De la misma forma el controlador de la subestación deberá estar integrado principalmente por los siguientes elementos y cumplir con la normatividad indicada:

- I. **Panel mímico interactivo:** El panel mímico deberá ser como mínimo 18" de ancho y 34" de altura y deberá fabricarse en plástico lamicoid de una sola pieza en color blanco marfil de fondo, los letreros y símbolos serán termo grabados en bajo relieve y pintados en color negro. En el diagrama unifilar del panel mímico se mostrarán los interruptores de entrada de 23 kV (preferente y emergente), interruptores de alimentación a los transformadores, transformadores, rectificadores, interruptores de salida en CC, seccionadores motorizados de alimentación y motorizados de enlace entre tramos de línea elevada o catenaria.
- II. **Controlador programable:** De fácil configuración.
- III. **Marco Normativo:** Especificación técnica ADIF Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, ET 03.359.109.0 (1/10) Especificaciones Técnicas, Sistema de Control Automatizado Mediante PLC's.
- IV. **Niveles de Voltaje señalización de control:** La operación de la lógica de control deberá de ser considerada en niveles de voltaje de 100 Vcc, asimismo, el GCS deberá de considerar una fuente de alimentación regulada entrada 110 Vcc salida 48 Vcc.

2.2.9. Relevadores de Protección y Coordinación de Protecciones

Se deberán considerar todos los aparatos de protección y señalización para una correcta operación de la SER, de acuerdo con el diseño de coordinación de protecciones, mismo que deberá estar integrado como parte de la documentación técnica final que el Proveedor entregue al STE. A partir de lo anterior deberán incluirse borneros de contacto en los aparatos de protección que permitan la indicación de una señal o alarma remota donde se requiera. Los relevadores de protección mínimos a considerar, de manera enunciativa más no limitativa serán:

- a) Relé de comprobación o de bloqueo (3).
- b) Relé de mínimo voltaje, es el que funciona al descender la tensión de un valor predeterminado (27).
- c) Relé direccional de potencia, es el que funciona sobre un valor deseado de potencia en una dirección dada o sobre la inversión de potencia como, por ejemplo, la resultante del retroceso del arco en los circuitos de ánodo o cátodo de un rectificador de potencia (32).



Ciudad de México, a 29 de agosto de 2025

- d) Relé instantáneo de sobre intensidad o de velocidad de aumento de intensidad, es el que funciona instantáneamente con un valor excesivo de velocidad de aumento de intensidad (50).
- e) Relé instantáneo de sobre intensidad o de velocidad de aumento de intensidad, es el que funciona instantáneamente con un valor excesivo de velocidad de aumento de intensidad a masa o tierra física (50G).
- f) Relé de sobre intensidad temporizado, es un relé con una característica de tiempo inverso o de tiempo fijo que funciona cuando la intensidad de un circuito de **CA** sobrepasa un valor dado (51).
- g) Interruptor de **CA** es el que se usa para cerrar e interrumpir un circuito de potencia de **CA** (52).
- h) Dispositivo de cortocircuito o de puesta a tierra, es el que funciona debido al fallo de uno o más de los ánodos del rectificador de potencia, o por el fallo de un diodo por no conducir o bloquear adecuadamente (57).
- i) Relé de fallo de rectificador de potencia, es el que funciona debido al fallo de uno o más de los ánodos del rectificador de potencia, o por el fallo de un diodo por no conducir o bloquear adecuadamente (58).
- j) Relé de sobretensión, es que funciona con un valor dado de sobretensión (59).
- k) Relé de sobretensión, es que funciona con un valor dado de sobretensión en negativo corriente directa (59N).
- l) Relé de sobretensión, es que funciona con un valor dado de sobretensión en positivo voltaje corriente directa (59P).
- m) Relé de equilibrio de tensión, es el que opera con una diferencia de tensión entre dos circuitos (60).
- n) Relé de parada o apertura temporizada, es el que se utiliza en unión con el dispositivo que inicia la parada total o la indicación de parada o apertura en una secuencia automática (61).
- o) Relé de presión de gas, líquido o vacío, es el que funciona con un valor dado de presión del líquido o gas, para una determinada velocidad de variación de la presión (63).
- p) Relé de protección de tierra, es el que funciona con el fallo a tierra del aislamiento de una máquina, transformador u otros aparatos, o por contorneamiento de arco tierra de una máquina de c.c. (64).
- q) Relé de bloqueo, es el que inicia una señal piloto para bloquear o disparar en faltas externas en una línea de transmisión o en otros aparatos bajo condiciones dadas, coopera con otros dispositivos a bloquear el disparo o a bloquear el reenganche con una condición de pérdida de sincronismo o en oscilaciones de potencia (68).
- r) Dispositivo de supervisión y control, es generalmente un interruptor auxiliar de dos posiciones accionado a mano, el cual permite una posición de cierre de un interruptor o la puesta en servicio de un equipo y en la otra posición impide el accionamiento del interruptor o del equipo (69).
- s) Interruptor de **CC** es el que se utiliza para cerrar o interrumpir el circuito de alimentación de **CC** bajo condiciones normales o para interrumpir este circuito bajo condiciones de emergencia (72).
- t) Relé de alarma, es cualquier otro relé diferente al anunciador comprendido bajo el dispositivo 30 que se utiliza para accionar u operar en unión de una alarma visible o audible (74).
- u) Mecanismo de cambio de posición, se utiliza para cambiar un interruptor desconectable en unidad entre las posiciones de conectado, desconectado y prueba (75).
- v) Relé de sobre intensidad de **CC** es el que funciona cuando la intensidad en un circuito de **CC** sobrepasa un valor dado (76).
- w) Relé de reenganche de c.a. es el que controla el reenganche enclavamiento de un interruptor de c.a. (79).
- x) Relé de reenganche de **CC** es el que controla el cierre y reenganche de un interruptor de **CC** generalmente respondiendo a las condiciones de la carga del circuito (82).
- y) Relé de bloqueo sostenido, se acciona eléctricamente y es de reposición eléctrica o manual, es un dispositivo que funciona para desconectar y mantener desconectado un equipo cualquiera después de producirse condiciones anormales (86).
- z) Relé diferencial, funciona bajo una diferencia porcentual o ángulo de fase, o de otra diferencia cuantitativa de dos corrientes o de otras magnitudes eléctricas (87).



Ciudad de México, a 29 de agosto de 2025

De acuerdo con la descripción de los números ANSI/IEEE. Asimismo, se deberá de considerar el cableado normativo para cada una de las señales de acuerdo con sus características.

2.2.10. Otros componentes

Los relevadores auxiliares de control deberán ser montados en paneles aislantes sobre las paredes internas del cubículo de control, de tal forma que esto permita un libre acceso a los puntos de prueba para facilitar la inspección y mantenimiento. Deberán suministrarse suficientes tablillas de conexión de terminales, las cuales contarán con una base que actuará como barrera aislante y de identificación, permitirán el fácil acceso a los tornillos de sujeción y deberán ser montadas directamente a las paredes del cubículo de control. El Proveedor deberá considerar como mínimo un 20% de terminales de reserva.

2.2.10.1. Telemando

Se debe considerar para el monitoreo de la Subestación y telemando operación a distancia una interfaz de comunicación de protocolo abierto que permita obtener las alarmas, estados (telecontroles), niveles de voltaje y corriente de la Subestación, y asimismo permitir el control a distancia desde un puesto remoto. Las señales mínimas que se deberán considerar de manera no limitativa son las siguientes:

NÚMERO	DESCRIPCIÓN
01	Disyuntor 23k Vac 52x Disparo
02	Disyuntor 600 Vcc 54x Disparo
03	Disyuntor de la línea 11154 Disparo
04	Disyuntor de la línea 12154 Disparo
05	Disyuntor de la línea 21154 Disparo
06	Disyuntor de la línea 22154 Disparo
07	Disyuntor de la línea 31154 Disparo
08	Reserva
09	Disyuntor 23K Vac 52x Enganche
10	Disyuntor 600Vcc 54x Enganche
11	Disyuntor de la línea 11154 Enganche
12	Disyuntor de la línea 12154 Enganche
13	Disyuntor de la línea 21154 Enganche
14	Disyuntor de la línea 22154 Enganche
15	Disyuntor de la línea 31154 Enganche
16	Ida grupo
17	Retomo grupo
18	Conmutador Local / Distancia 043L
19	Conmutador Local / Distancia 043D
20	Falta tensión 23kVac 27.1
21	Falta tensión 220Vca 1.R1
22	Falta tensión 110Vcc ± 16.2
23	Falla transformador Masa subestación 64x
24	Falla transformador Temperatura alarma 26x1 TR
25	Falla transformador Temperatura disparo 26x2 TR
26	Falla transformador Sobrecarga 1,5 In 2h 51x
27	Falla transformador Sobrecarga 2 In 60s 51x1



Ciudad de México, a 29 de agosto de 2025

28	Falla rectificador Calentamiento de diodos disparo 26Dx2
29	Falla estructura 64x1 rectificador
30	Bloqueo definitivo 52.86
31	Ida grupo
32	Ida retorno
33	Seccionador transformador auxiliar 600.11 Disparo
34	Seccionador transformador auxiliar 600.11 Enganche
35	Seccionador principal 89 Disparo
36	Seccionador principal 89 Enganche
37	Seccionador principal 89AC Disparo
38	Seccionador principal 89AC Enganche
39	Seccionador principal 89P Disparo
40	Seccionador principal 89P Enganche
41	Seccionador principal 89N Disparo
42	Seccionador principal 89N Enganche
43	Presencia tensión KT 11 154
44	Presencia tensión KT 12 154
45	Presencia tensión KT 21 154
46	Presencia tensión KT 22 154
47	Presencia tensión KT 31 154
48	Reserva
49	Reserva
50	Reserva
51	Reserva
52	Reserva
53	Reserva
54	Reserva
55	Reserva

2.2.10.2. Telecontrol

Se deben considerar los **TC's** (Telecontroles), que son señales de mando generadas a distancia que permitan accionar remotamente los Interruptores 52, 54, 11, 12, 21, 22, y 31, con lo cual se permitirá una correcta administración del suministro de energía hacia la red eléctrica de tracción del **STE**.

NÚMERO	DESCRIPCIÓN
01	Disyuntor 23 kVca 52 91D Disparo
02	Disyuntor 600Vcc 54 91D Disparo
03	Disyuntor de la línea 11 72 91 D Disparo
04	Disyuntor de la línea 12 72 91 D Disparo
05	Disyuntor de la línea 21 72 91 D Disparo



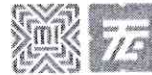
Ciudad de México, a 29 de agosto de 2025

06	Disyuntor de la línea 22 72 91 D Disparo
07	Disyuntor de la línea 31 72 91 D Disparo
08	Reserva
09	Disyuntor 23 Kv 52 90F Enganche
10	Disyuntor 600v 54 90F Enganche
11	Disyuntor de la línea 11 72 90F Enganche
12	Disyuntor de la línea 12 72 90F Enganche
13	Disyuntor de la línea 21 72 90F Enganche
14	Disyuntor de la línea 22 72 90F Enganche
15	Disyuntor de la línea 31 72 90F Enganche
16	Reserva
17	Reserva
18	Reserva
19	Reserva
20	Activación al arma sonora
21	Desbloqueo interruptor 11
22	Desbloqueo interruptor 12
23	Desbloqueo interruptor 21
24	Desbloqueo interruptor 22
25	Desbloqueo interruptor 31

2.2.10.3. Telemedidas

Se deberá considerar la preparación para el control de las Telemedidas (TM's), los cuales son los valores de voltaje y corriente provenientes del equipo rectificador, estos son preparados (pasan por un equipo transductor) para poder ser manipulados de forma remota desde el PCC.

NÚMERO	DESCRIPCIÓN
01	Medición de tensión Voltaje salida Vcc Disyuntor 11
02	Medición de tensión Voltaje salida Vcc Disyuntor 12
03	Medición de tensión Voltaje salida Vcc Disyuntor 21
04	Medición de tensión Voltaje salida Vcc Disyuntor 22
05	Medición de tensión Voltaje salida Vcc Disyuntor 31
06	Medición de tensión corriente salida Vcc Disyuntor 11
07	Medición de tensión corriente salida Vcc Disyuntor 12
08	Medición de tensión corriente salida Vcc Disyuntor 21
09	Medición de tensión corriente salida Vcc Disyuntor 22
10	Medición de tensión corriente salida Vcc Disyuntor 31
11	Medición de tensión Voltaje salida Vcc ER 54



Ciudad de México, a 29 de agosto de 2025

12	Medición de tensión corriente salida Vcc ER 54
13	Medición de voltaje de 23 KVac
14	Reserva
15	Reserva

2.3. Instalación de la SER

Se deberá considerar la instalación de las **SER** y de todo equipamiento electromecánico, de forma que se obtenga el correcto funcionamiento de la **SER**, previo Visto Bueno del **STE a través de la Gerencia de Mantenimiento a Instalaciones de Suministro y Distribución de Energía**. Por lo que deberá considerar lo siguiente:

- Contratación del suministro eléctrico en media tensión ante la Comisión Federal de Electricidad incluyendo las gestiones, pago de presupuestos de obra, cargos por ampliación, pago de equipos seccionadores requeridos por el proveedor de energía y permisos que se deriven para el otorgamiento del mismo y que una vez contratado el servicio, este quede a nombre del Servicio de Transportes Eléctricos de la Ciudad de México.
- Los acabados de pintura deberán de ser diseñados con la imagen institucional del **STE**.
- Las instalaciones (contenedores y trinchera) deberán de contar con iluminación interior y exterior, normal y de emergencia, esta última con un tiempo de respaldo de 2 horas como mínimo, cumpliendo con los valores de iluminación establecidos en la Norma Oficial Mexicana **NOM-025-STPS "Condiciones de iluminación en los centros de trabajo"**.
- El proveedor deberá considerar la instalación de tomas de corriente de 127/220 VCA al interior de los contenedores y en la trinchera, para realizar actividades de mantenimiento.
- El proveedor deberá instalar un sistema de CCTV para el monitoreo al interior y exterior de la **SER**.
- Se deberá considerar los requerimientos necesarios para la interconexión de la **SER** con la línea elevada del corredor de transporte.
- Las instalaciones deben de contar con la señalización de seguridad para áreas de riesgo eléctrico, de acuerdo con lo indicado por la Norma Oficial Mexicana **NOM-026-STPS "Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías"** y a la **NOM-001-SEDE "Instalaciones Eléctricas (utilización)"**.
- Deberá considerar contar con equipos de protección y extinción de arco eléctrico para los niveles de intensidad apropiados, así como el del tipo de fuente de ignición, tomando como referencia lo indicado en la Norma Oficial Mexicana **NOM-002-STPS "Condiciones de seguridad para la prevención y protección contra incendio en los centros de trabajo"**, tales como guantes de media tensión clase 3, kit de protección de arco eléctrico, casco con careta retardante a la flama, botas dieléctricas, tapete aislante, pértiga de rescate y pértiga loadbuster para 38 KV.
- Pruebas de puesta en marcha una vez sea conectado el servicio de energía eléctrica.

2.4. Accesorios

Deberán de ser suministrados e instalados todos los accesorios necesarios para la operación y puesta en marcha de los equipos que integran la **SER**, tales como: bloqueos de seguridad, claves electrónicas de acceso, llaves de arranque, palancas de accionamiento, terminal de mantenimiento con cables y gestión de diagnóstico precargado y todo aquel accesorio necesario para su correcto uso y explotación. Dentro del suministro se deberá considerar la entrega de 2 vehículos para mantenimiento de subestaciones con las siguientes características: camioneta compacta 4 puertas, transmisión manual, motor 1.4 lt, capacidad de carga de 750 kg, vol. De carga 1354 lt, color blanco.



Ciudad de México, a 29 de agosto de 2025

2.5. Documentación Entregable

La documentación que deberá de ser entregada previo al inicio de los trabajos de instalación de la **SER** y que deberá de ser autorizada y validada por parte del **STE a través de la Gerencia de Mantenimiento a Instalaciones de Suministro y Distribución de Energía**, será:

- Programa de trabajos de instalación.
- Programa de suministro de material, equipos accesorios que en su conjunto integren a la **SER**.
- Programa de instalación de infraestructura electromecánica de la **SER**, especificando equipos, componentes y diagramas de interconexión correspondientes.
- Catálogo y manuales de los equipos, materiales, accesorios, cableados y demás componentes que integran en su conjunto a las **SER**.
- Marco Normativo aplicable y referenciado.
- Especificar procesos de instalación y montaje de las **SER**.
- Especificar las pruebas eléctricas, electromecánicas y de puesta en servicio de las Subestaciones Eléctricas Rectificadoras.
- Proyecto de Electrificación en media tensión.

El Programa de instalación de infraestructura electromecánica de la **SER**, deberá especificar los tiempos de ejecución de cada actividad, el **STE** se reserva el derecho repetir y solicitar pruebas en equipos o componentes específicos, así como ampliar los periodos de prueba. Al concluir la instalación de las **SER** deberá de ser entregada a la **Gerencia de Mantenimiento a Instalaciones de Suministro y Distribución de Energía** la siguiente información técnica:

- Manuales del fabricante de todos los componentes que integran a la **SER**.
- Programas y guías técnicas de mantenimiento preventivo y correctivo de todos los componentes que integran las **SER**.
- Información técnica (diagramas de conexión e instalación, instructivos de operación, planos de instalación, montaje y cableado), de todos los componentes que integran a la **SER**.
- Planos Eléctricos y diagramas unifilares
- Guías Mecánicas de Instalación
- Protocolos para la interacción y control de las **SER**.
- Dictamen de Verificación de Instalaciones emitido por una UVIE certificada.
- Certificados de calidad de los componentes principales que integran a las **SER**, expedidos por los fabricantes, anexando protocolo de pruebas de fábrica.
- Protocolo de Puesta en marcha.
- Pruebas FAT de los equipos aplicables.
- Certificado de calibración de equipos de prueba.

Toda la información deberá de ser entregada en cuatro juegos impresos, firmada por el Proveedor y por personal de supervisión del **STE a través de la Gerencia de Mantenimiento a Instalaciones de Suministro y Distribución de Energía**, así como dos respaldos en archivo electrónico en unidades de disco duro portátil.

2.6. Transferencia Tecnológica

Durante el proceso de instalación, configuración, pruebas y puesta en operación las **SER**, el Proveedor deberá considerar la participación del personal técnico del **STE**, para llevar a cabo la transferencia tecnológica de operación y funcionamiento de las subestaciones, para lo cual, el Proveedor deberá



Ciudad de México, a 29 de agosto de 2025

entregar la documentación de manuales de operación y mantenimiento que correspondan, e impartición de los cursos de capacitación (funcionalidad y operación) correspondientes.

2.7. Recepción provisional

- 2.7.1. La recepción provisional de las **SER** se realizará una vez concluidas satisfactoriamente y a conformidad del **STE**, todas las actividades requeridas en la presente Especificación Técnica, como son la adquisición, diseño, suministro, instalación, electrificación, configuración, pruebas y puesta en servicio, y que el Proveedor en coordinación con el **STE** acuerden en que las **SER** se encuentran en condiciones de operación normal.
- 2.7.2. Para efecto de lo anterior el Proveedor elaborará un "**Acta de Recepción Provisional**", acompañada de la documentación solicitada en el punto 2.5 de la presente Especificación Técnica, lo cual será el respaldo para constar que las **SER** se encuentra en estado funcional, dicha acta deberá ser firmada por el **STE** y por el Proveedor.

2.8. Recepción definitiva

La recepción definitiva se realizará a través de un "**Acta de Recepción Definitiva**" al transcurrir el tiempo de garantía establecido en el punto 2.9 de la presente Especificación Técnica, dicha acta deberá incluir un archivo fotográfico, así como el reporte de funcionamiento durante el periodo de garantía, siempre y cuando no se presenten fallas sistemáticas ni vicios ocultos.

2.9. Garantía

- 2.9.1. La garantía amparará los trabajos efectuados durante la vigencia del contrato que para tal efecto se emita y por **12 meses** posteriores a la firma del "**Acta de Recepción Provisional**", sin perjuicio de las garantías otorgadas por el fabricante de los equipos instalados.
- 2.9.2. Durante el plazo de garantía normal indicado anteriormente, el Proveedor estará obligado a sustituir, reparar o arreglar a satisfacción del **STE**, los componentes que hayan sido dañados o instalados erróneamente, por una mala intervención. Estas operaciones las realizará el Proveedor por su cuenta, incluyéndose todos los gastos que generen dichas reparaciones.
- 2.9.3. En caso de avería o descompostura de algún equipo, o en el funcionamiento de los equipos e instalaciones, el Proveedor deberá entregar un informe al **STE**, indicando el motivo de la falla, así como los trabajos necesarios para realizar las reparaciones correspondientes.
- 2.9.4. En el caso de que repetitivamente aparezcan o se detecten defectos en equipos o componentes, serán clasificados como "**Fallas Sistemáticas**", por lo que el proveedor deberá realizar el reemplazo del equipo o componentes en cuestión, sin cargo alguno y a completa satisfacción del **STE**.
- 2.9.5. El análisis de las reparaciones y sustituciones correctivas de "**Fallas Sistemáticas**", deberá iniciarse en un plazo no mayor a 24 (veinticuatro) horas contadas a partir del momento que el **STE** realice el reporte de falla. El Proveedor estará obligado a reparar la falla, en un plazo máximo de 5 días hábiles.
- 2.9.6. Durante el plazo de garantía normal más las ampliaciones que se susciten, el proveedor estará obligado a asignar el personal necesario para proporcionar el adecuado servicio de post-venta y el apoyo para la corrección de los problemas que se pudieran suscitar y dar seguimiento a las garantías.



Ciudad de México, a 29 de agosto de 2025

2.9.7. A efectos de la garantía sobre los equipos o elementos individuales del mismo, el único responsable ante el **STE** será el Proveedor, sin que se mantengan otras relaciones con distintos proveedores o fabricantes. Se deberá respetar la Especificación Técnica de origen o de los fabricantes de los equipos, en orden a que estos puedan garantizar sus condiciones de seguridad, funcionamiento y demás características.

2.9.8. En caso de que, durante el periodo de "Garantía", se presente alguna falla sistemática que ponga fuera de servicio la **SER**, este tiempo se adicionará al establecido de 12 meses, por lo que la firma del "Acta de Recepción Definitiva" se realizará considerando la ampliación de tiempo.

3. SITIO DE INSTALACIÓN

Las **SER** deberán instalarse en los sitios siguientes:

- a. Av. del Imán s/n Col. Pedregal de Carrasco Alcaldía Coyoacán frente a Farmacias Similares, C.P. 04700, Ciudad de México
19.311723, -99.169399
- b. Cto. Estadio Azteca s/n Col. Santa Úrsula Coapa Alcaldía Coyoacán frente a Gasolinera G500, C.P. 04650, Ciudad de México
19.302923, -99.147323

NOTA: La ubicación final de las **SER** podrá ser modificada previa notificación emitida por la Dirección Ejecutiva de Mantenimiento del Servicio de Transportes de la Ciudad de México.

4. ANEXOS

4.1. Plano de Ubicación Subestación Eléctrica Rectificadora Chicomostoc

4.2. Plano de Ubicación Subestación Eléctrica Rectificadora Estadio Azteca

=====

✓

✓

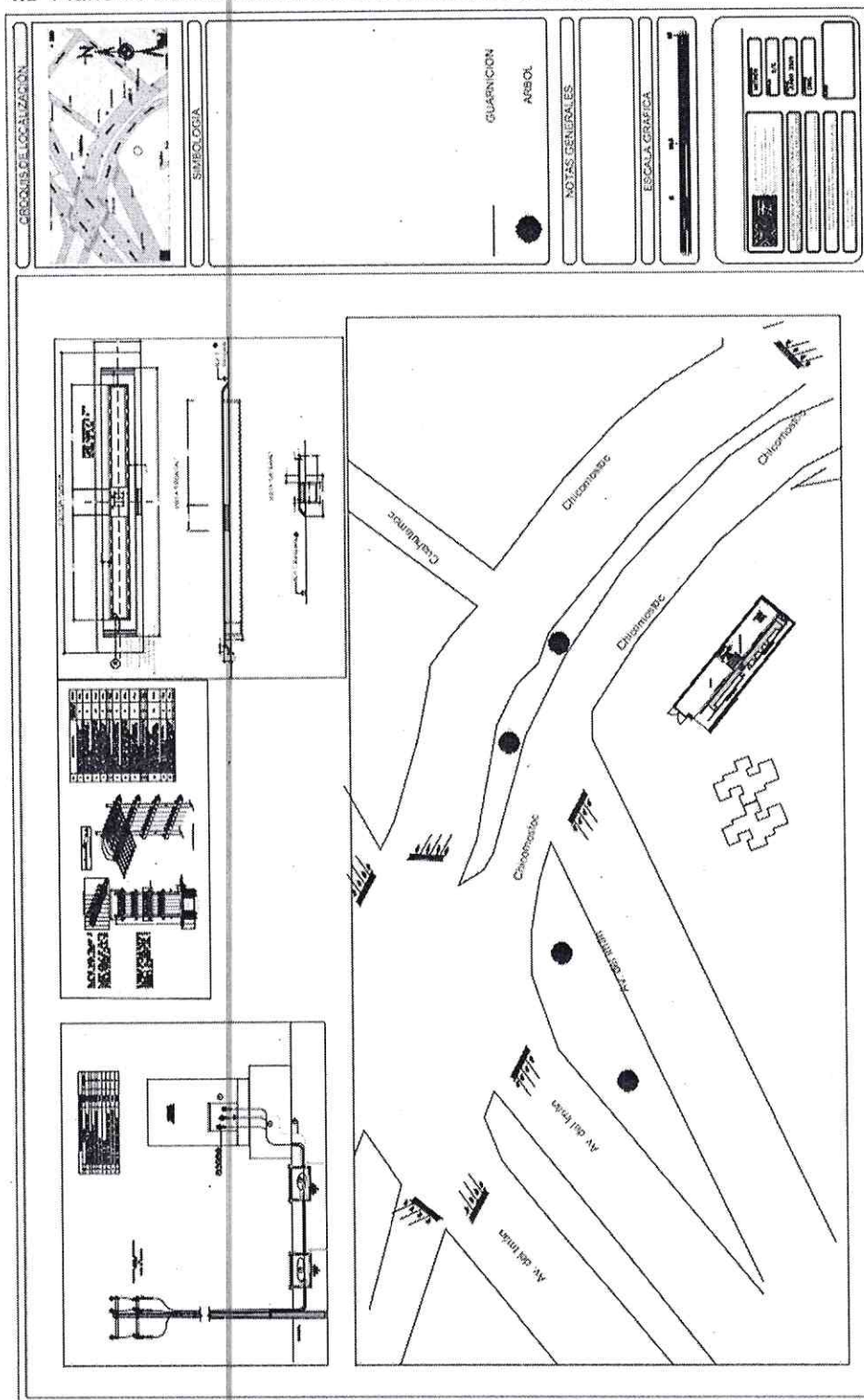
✓

✓



Ciudad de México, a 29 de agosto de 2025

4.1 Plano de Ubicación Subestación Eléctrica Rectificadora Chicomostoc





Ciudad de México, a 29 de agosto de 2025

4.2 Plano de Ubicación Subestación Eléctrica Rectificadora Estadio Azteca

