



METRO
DE SANTIAGO

EMPRESA DE TRANSPORTE DE PASAJEROS
METRO S.A.
DIVISIÓN PROYECTOS

LICITACIÓN PÚBLICA

ESPECIFICACIÓN FUNCIONAL Y TÉCNICA

SUMINISTRO DE 15 TRANSFORMADORES PARA SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE METRO S.A.

ESPECIFICACIÓN FUNCIONAL Y TÉCNICA

			Subgerencia de Ingeniería de Trenes y Sistemas
0	04-12-2023	LICITACIÓN	ARN/ECG/MPC
REV N°	FECHA	EMITIDO PARA	ELABORADO / REVISADO / APROBADO POR
SGITS-OPE-010-IB-EN-EFT-0014			Página 1 de 64
			0

1	TABLA DE CONTENIDO	
2	INTRODUCCIÓN	7
3	OBJETIVO	8
4	ALCANCE DEL PROVEEDOR	8
5	REFERENCIAS	8
6	NORMATIVAS	9
7	CONDICIONES DE SERVICIO	11
7.1	condiciones ambientales.....	11
8	COMPORTAMIENTO SÍSMICO	11
8.1	Condiciones de servicio.....	12
9	CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO DE LOS TRANSFORMADORES DE TRACCIÓN	12
9.1	Características generales.....	13
9.2	Requerimientos Constructivos	15
9.2.1	Aptitud para soportar cortocircuitos	15
9.2.2	Líquido aislante	16
9.2.3	Espesor de las planchas	16
9.2.4	Base	16
9.2.5	Ganchos de izado.....	17
9.2.6	Ganchos de arrastre	17
9.2.7	Núcleos, Bobinas y Aislación.....	17
9.2.8	Terminales.....	18
9.2.9	Pintura	21
9.2.10	Ruido	21
9.2.11	Ventilación.....	21
9.2.12	Toma de muestras.....	21
9.2.13	Ruedas	22

9.2.14	Placa de Datos e Identificación	23
9.2.15	Dimensiones máximas del transformador.....	24
9.3	Características Eléctricas	24
9.3.1	Tipo.....	24
9.3.2	Capacidad de Sobrecarga	24
9.3.3	Calentamiento	24
9.3.4	Nivel de cortocircuito	25
9.3.5	Nivel básico de la aislación (BIL).....	25
9.3.6	Enrollados.....	25
9.3.7	Taps	25
9.3.8	Relación de Fases	26
9.3.9	Impedancia	27
9.3.10	Puesta a Tierra.....	27
9.3.11	Pérdidas.....	27
9.3.12	Protecciones	27
9.3.13	Sistema de control.....	28
9.4	Ensayos.....	30
9.4.1	Ensayos de tipo	30
9.4.2	Ensayos de rutina	31
9.4.3	Ensayos especiales.....	32
10	TRANSFORMADORES AUXILIARES 40 KVA	32
10.1	Características generales.....	32
10.2	Requerimientos Constructivos	34
10.2.1	Líquido aislante	34
10.2.2	Espesor de las planchas.....	34
10.2.3	Base.....	34
10.2.4	Ganchos de izado	34
10.2.5	Ganchos de arrastre.....	35
10.2.6	Núcleos, Bobinas y Aislación	35
10.2.7	Terminales	35
10.2.8	Pintura.....	36
10.2.9	Ruido	36
10.2.10	Ventilación.....	36

10.2.11	Toma de muestras.....	36
10.2.12	Placa de Datos e Identificación	36
10.2.13	Dimensiones máximas del transformador.....	36
10.3	Características Eléctricas	37
10.3.1	General.....	37
10.3.2	Tipo	37
10.3.3	Calentamiento.....	37
10.3.4	Nivel de cortocircuito.....	37
10.3.5	Nivel básico de la aislación (BIL)	37
10.3.6	Enrollados.....	38
10.3.7	Taps.....	38
10.3.8	Relación de Fases.....	38
10.3.9	Impedancia.....	38
10.3.10	Puesta a Tierra.....	38
10.3.11	Pérdidas.....	38
10.3.12	Protecciones	38
10.4	Ensayos.....	39
10.4.1	Ensayos de tipo	39
10.4.2	Ensayos de rutina.....	39
10.4.3	Ensayos especiales	40
11	INSTALACIÓN	40
11.1.1	Condiciones de instalación	40
12	EXCEPCIONES Y DESVIACIONES	41
12.1	Aceptación y entrega.....	41
12.2	Requerimiento de calidad	41
12.3	Inspección técnica.....	41
12.4	Documentos técnicos	42
12.5	Formularios técnicos.....	44
12.6	Transporte y embalaje.....	44

12.7	Garantía	44
12.8	Recepción.....	45
12.8.1	Fábrica.....	45
12.8.2	Filtraciones de la cuba	45
12.8.3	Filtraciones de las uniones a instrumentos.....	45
12.8.4	Dimensionamiento de los radiadores.....	45
13	LÍMITES DEL PROVEEDOR	46
14	CONDICIONES DE ENTREGA	46
14.1	Listado de entregables	46
14.2	Plazos	47
14.3	Forma de Pago	47
15	ANEXO I– TRANSFORMADORES SER EN OPERACIÓN	52
16	ANEXO II– FICHA TÉCNICA DEL TRANSFORMADOR TIPO I 4,5MVA YD1	54
17	ANEXO III– FICHA TÉCNICA DEL TRANSFORMADOR TIPO II 4,5 MVA DD0	59
18	ANEXO IV– FICHA TÉCNICA DEL TRANSFORMADOR TIPO III 40 KVA YZ11	64
19	ANEXO V– LISTADO DE ALARMAS GABINETE CONTROL TIPO I Y TIPO II	67
20	ANEXO VI– LISTADO DE ENTREGABLES E INFORMACIÓN REQUERIDA PARA LA OFERTA Y ADJUDICACIÓN	68

Glosario de términos y abreviaturas

Tabla 1: Glosario

Termino	Descripción
SAF	Subestación de Alumbrado y Fuerza
SER	Subestaciones de Rectificación
PCB	Bifenilos Policlorados, con varios nombres comerciales tales como askarel, piranol, etc.
ITM	Interruptor de Tensión Media, ubicado aguas arriba en 20 kV del transformador de tracción 4,5 MVA
KNAN	Circulación del aceite en forma natural y enfriamiento por aire en forma natural
ONAF	Circulación de líquido aislante en forma natural y enfriamiento por aire forzado
KNAF	Circulación de líquido aislante con punto de ignición superior a 300 °C, en forma natural y enfriamiento por aire forzado
KNAN	Circulación de líquido aislante con punto de ignición superior a 300°C en forma natural y enfriamiento por aire en forma natural
m.s.n.m.	Metros sobre nivel del mar
Monogruppo	Subestación de rectificación con un transformador y un rectificador que entrega energía en continua a la vía. Puede ser de tipo T o S
Bigruppo	Subestación de rectificación con dos transformadores y dos rectificadores, o bien dos transformadores y un único transformador. Puede ser de tipo T o tipo S.
Proveedor	Proveedor que suministra los transformadores nuevos.
Interfaz o interfaz	Se entiende por interfaz una conexión técnica física y/o funcional que requiere para su solución el traspaso de información entre dos sistemas o subsistemas. Lo anterior, con el objetivo final de que el diseño, y la implementación de los sistemas de cada uno de los Proveedor aseguren las funcionalidades esperadas.
SAM	Seccionador de aislamiento manual
IA	Interruptor alimentación tracción
IAS	Interruptor alimentación tracción en seccionalización
SAIA	Seccionador de aislamiento IA
SAIAS	Seccionador de aislamiento IAS
SAA	Seccionador de aislamiento automático

2 INTRODUCCIÓN

En cumplimiento de normativas medioambientales y compromisos contraídos como país en el Convenio de Estocolmo en mayo del año 2001 y ratificado por el Congreso el año 2004, es necesario reemplazar y dar disposición final a 47 transformadores eléctricos de poder que contienen en su interior PCB, los cuales deben dejar de operar el año 2025, de acuerdo con lo establecido en la resolución exenta N° 610 de la SEC de la época. En tal circunstancia, se desarrolla este proyecto que contempla la adquisición de 13 transformadores de 4.500 kVA y 2 transformadores auxiliares de 40 kVA, ubicados actualmente en algunas subestaciones rectificadoras de los tramos más antiguos de las líneas 1 y 2, con el objeto de que dichas instalaciones puedan seguir operando en concordancia con la normativa ambiental.

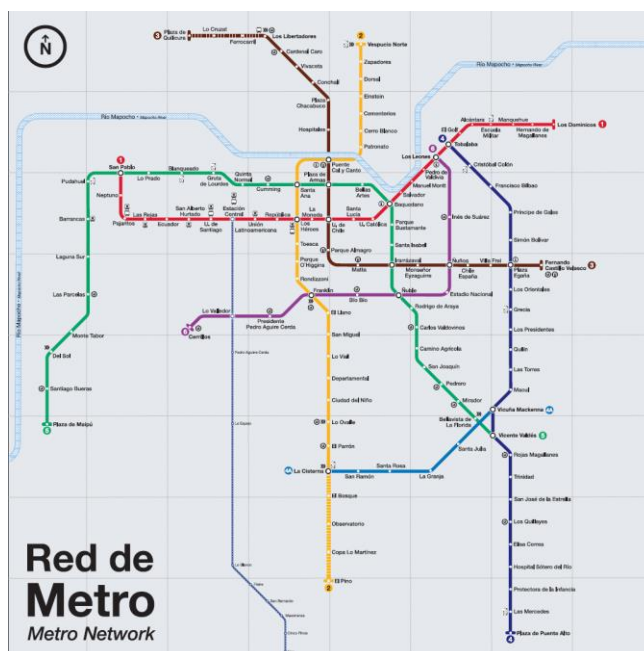


Ilustración 1: Plano de red Metro

3 OBJETIVO

La presente especificación técnica describe los requerimientos funcionales y técnicos necesarios para la ingeniería, el suministro y las pruebas en fábrica, de quince (15) transformadores en líquido dieléctrico libre de PCB o cualquier otro elemento tóxico según normas medioambientales chilenas.

4 ALCANCE DEL PROVEEDOR

REQ-1

El alcance del Proveedor del Sistema Eléctrico comprende la ingeniería, el suministro, fabricación, pruebas de los transformadores nuevos que son:

- Ocho (8) transformadores de 4,5 MVA, 20kV/599V, Yd1 de doble secundario, bobinado en cobre en MT y BT.
- Cinco (5) transformadores de 4,5 MVA, 20kV/599V, Dd0 de doble secundario, bobinado en cobre en MT y BT.
- Dos (2) transformadores de 40 kVA, 20kV/400 V, Yz11, bobinado en cobre en MT y BT.

Otras características se indican más adelante en la presente especificación y en las fichas técnicas en Anexos.

5 REFERENCIAS

Se muestran las referencias utilizadas en el documento en la Tabla 2: Planos de referencia

Tabla 2: Planos de referencia

Ref. [N°]	Ref. [ID]	Nombre
[P1]	30163-02-001	Puesto de rectificación Cofre mando grupo Esquema eléctrico
[P2]	30169-01-002	Puesto de rectificación Grupo Transformador rectificador 4000 kW – 750 V
[P3]	9030-C-13	Subestación de rectificación tipo CD, CI y la Moneda Detalle de insertos para sistema de fijación de equipos.
[P4]	9030-C-14	Subestación de rectificación tipo CD, CI, y La Moneda Det. Losa Nivel +- 0,00

6 NORMATIVAS

REQ-2

Los transformadores y sus accesorios deberán ser diseñado y sus equipos fabricados y probados en conformidad a los institutos y normativas nacionales e internacionales vigentes indicadas en Tabla 3: Normativa vigente

Tabla 3: Normativa vigente

N°	Título	Código del Documento
Institutos		
[N1]	IEC	International electrotechnical commission.
[N2]	ANSI	American national standards institute.
[N3]	IEEE	Institute of electrical and electronic engineer.
[N4]	NEMA	National electrical manufacturer's association.
[N5]	NEC	North american national electric code.
Sismo		
[N6]	ETG A.0.20	Especificaciones técnicas generales. Especificaciones de diseño sísmico de instalaciones eléctricas de alta tensión, Transelec. (basada en ETG 1.0.20 ENDESA)
[N7]	NCh2369	Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales
Transformadores		
[N10]	IEEE Std C57.18.10	IEEE Standard Practices and Requirements for Semiconductor Power Rectifier Transformers
[N11]	EN 50329	Railway applications - Fixed installations - Traction transformers
[N12]	IEC 60076-1	Power transformers – part 1: general.
[N13]	IEC 60076-2	Power Transformers – Temperature rise.

N°	Título	Código del Documento
[N14]	IEC 60076-3	Power Transformers – Insulations levels Dielectric tests and external clearances in air
[N15]	IEC 60076-5	Power Transformers. Ability to withstand short-circuit.
[N16]	IEC 60076-8	Power transformers – Application guide
[N17]	IEC 60076-10	Power transformers Part 10: Determination of sound levels
[N18]	IEC 60146-1-3	Semiconductor Convertors. General requirements and line commutated convertors – Part 1-3 – Transformers & reactors
[N19]	IEEE C57.12.00	IEEE Standard General Requirements for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers
[N20]	EN ISO 3744	Acoustics - Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure - Engineering methods for an essentially free field over a reflecting plane
[N21]	EN 50121	Railway applications – electromagnetic compatibility.
[N22]	EN 60529	Degree of Protection provided by Enclosures (IP codes)

REQ-3

En los casos que entre las normas indicadas en la Tabla 3: Normativa vigente” se presenten diferencias de grado o de procedimiento, que no sean resolubles mediante análisis, se deberá aplicar la norma más exigente.

7 CONDICIONES DE SERVICIO

7.1 Condiciones ambientales

Todos los transformadores serán instalados al interior y deben estar diseñados para las siguientes condiciones ambientales:

Tabla 4: Condiciones de servicio de los transformadores de 4,5 MVA y 40 kVA

Condición	Parámetro
Altura	600 m.s.n.m.
Temperatura mínima del recinto	-5°C
Temperatura media del recinto	+30°C
Temperatura máxima del recinto	+45°C
Humedad promedio máxima	90 %
Humedad promedio mínima	50 %
Ambiente	Con polvo en suspensión

REQ-4

Los equipos y el material deben estar concebidos para disminuir el riesgo de incendio. En particular, los equipos y materiales serán de materiales no propagadores de fuego.

REQ-5

Todos los equipos de potencia (transformadores de 4,5MVA, transformadores 40 kVA) que cumplan la misma función deben ser intercambiables entre sí.

REQ-6

El grado IP de todos los transformadores de 4,5 MVA y 40 kVA y accesorios serán de IP31.

8 COMPORTAMIENTO SÍSMICO

REQ-7

Los transformadores deben ser diseñados para cumplir con los criterios antisísmicos definidos en los siguientes documentos:

- NCh2369 Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales.
- ETG A.020 Especificaciones técnicas generales. Especificaciones de diseño sísmico de instalaciones eléctricas de alta tensión.

En caso de presentarse discrepancia entre las normas mencionadas, se considerará la más estricta.

8.1 Condiciones de servicio

REQ-8

El transformador y sus accesorios deberán tener en consideración las condiciones con respecto al ambiente de trabajo de la Tabla 4: Condiciones de servicio de los transformadores de 4,5 MVA y 40 kVA.

El diseño de los transformadores debe cumplir con lo indicado en las normas IEC 60076 y EN 50329. En caso de que existan diferencias en algunos puntos entre estas normas prevalecerá la más exigente.

REQ-9

Los transformadores de 4,5 MVA y 40 kVA deben ser diseñados para un funcionamiento continuo (365 días al año durante 24 horas al día).

9 CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO DE LOS TRANSFORMADORES DE TRACCIÓN



Ilustración 2: Típica instalación de la SER. Transformador 4,5 MVA

9.1 Características generales

REQ-10

Los transformadores suministrados deberán contener las siguientes características generales según Tabla 5: Características del sistema eléctrico existente

Tabla 5: Características del sistema eléctrico existente para transformadores de 4,5 MVA

Media Tensión (enrollado primario)	
Clase de Aislación	24 kV
Tensión de Servicio	20 kV
Nivel de aislamiento (resistencia dieléctrica 1 minuto)	60 kV
Resistencia al impulso 1.2 /50 μ s	150 kV
Frecuencia	50 Hz
Número de Fases	3P
Régimen de Neutro	sin neutro en alta en delta (Dd0), flotante en alta en estrella (Yd1)
Puesta a tierra	Aislado completamente del nivel de piso terminado. Aterrizado al sistema de tierra a través de un relé de tierra.
Baja Tensión (enrollado secundario doble)	
Clase de Aislación	3,6 kV
Tensión de Servicio	599 V
Nivel de aislamiento (resistencia dieléctrica 1 minuto)	10 kV
Resistencia al impulso 1.2/50 μ s	45 kV
Número de Fases	3P, doble secundario
Régimen de Neutro	sin neutro.
Puesta a tierra	Aislado completamente del nivel de piso terminado. Aterrizado al sistema de tierra a través de un relé de tierra.

REQ-11

Los transformadores de tracción ofertados deben ser intercambiables entre sí. Se entiende que esta acción solo se podrá dar en equipos del mismo tipo:

- tipo I (4,5 MVA Yd1)
- tipo II (4,5 MVA Dd0)
- tipo III (40 KVA Yz11)

Pueden ser instalados en cualquier SER compatible con su tipo. Ver **Anexo I- transformadores ser en operación** donde se observa claramente cuales subestaciones son del mismo grupo de conexión.

El Proveedor puede ofertar hasta dos marcas de transformadores con el fin de optimizar los plazos de fabricación y así poder cumplir con el plazo de ejecución del proyecto. En el caso que oferte dos marcas distintas de transformadores, los debe agrupar de la siguiente manera:

Marca 1: Los ocho (08) transformadores del Tipo I

Marca 2: Los cinco (05) transformadores del Tipo II y los dos (02) transformadores del Tipo III

REQ-12

Los transformadores deben estar provistos de un dispositivo de regulación de tensión en vacío que permita variar la relación de transformación de forma que sea posible regular la tensión a flujo constante (RFC). Dicho dispositivo debe situarse en el arrollamiento de mayor tensión. Las diferentes tomas deben conectarse mediante puentes móviles o desmontables. No se admitirán cables de conexión para seleccionar la toma.

REQ-13

Los conmutadores (cambiador de taps) deben ser particularmente resistentes a las sobrecargas y cortocircuitos, es decir estarán diseñados para resistirlas sin pérdida de vida útil. Además, el dispositivo de manipulación de cambio de taps, debe estar accesible para el operador de mantenimiento.

REQ-14

Las características principales de los transformadores serán:

Tabla 6: Características principales de los transformadores 4,5 MVA

Característica	Parámetro
Tensión primaria de servicio	20 kV
Tensiones secundarias de servicio	599 V
Relación de Fases	<ul style="list-style-type: none">Transformador tipo I: Yd1Transformador tipo II: Dd0
Potencia nominal	4500 kVA
Sistema de refrigeración	KNAN

Sobrecargas admisibles	<ul style="list-style-type: none">▪ 150% durante 2 horas ($1,5 \times I_n$)▪ 300% durante 1 minuto ($3 \times I_n$)
Uso	Uso interior
Frecuencia	50Hz +- 5%
Primario	simple
Secundario	Doble secundario
Dieléctrico	Líquido dieléctrico con punto de ignición superior a 300°C

9.2 Requerimientos Constructivos

REQ-15

Todos los elementos del transformador deberán ser nuevos, esto incluye protecciones, gabinetes, radiadores, bushing de alta, terminales de baja, conductores de cobre.

REQ-16

Todos los elementos del transformador ofertados deberán de idénticas características técnicas e intercambiables entre ellos: aplicando para bushing de alta, terminales de baja, relés de sobrepresión, termómetro (relé) de imagen térmica, nivel magnético de líquido dieléctrico, gabinete de control y sus elementos internos, conectores macho y hembra de control, llaves de muestreo de líquido, cambiador de taps y cualquier otro elemento no mencionado debe ser idéntico los transformadores tipo I y II de 4,5 MVA, con excepción de la placa de características y los adaptadores hacia los puntos de conexión por el lado de alta y baja.

9.2.1 Aptitud para soportar cortocircuitos

REQ-17

Los transformadores, junto con su equipamiento y accesorios, se proyectarán y construirán para soportar sin daño los efectos térmicos y mecánicos de los cortocircuitos que eventualmente puedan producirse en el servicio de tracción.

9.2.2 Líquido aislante

REQ-18

El líquido al interior de la cuba estará libre de compuestos clorados, será de alta rigidez dieléctrica y no tóxico. Se utilizarán las normas más estrictas medioambientales vigentes nacionales e internacionales por proveedor para la elección del componente aislador líquido.

REQ-19

El líquido aislante deberá tener un punto de ignición superior a los 300°C según IEEE C57.12.00. capítulo 5.1 Cooling classes of Transformers, página 8, año 2000 que se refiera a su vez a IEC 60076-2 capítulo 4.1 Identification symbols página 9 año 2011.

9.2.3 Espesor de las planchas

REQ-20

Las planchas de acero serán de un espesor según proveedor y se le aplicará a la cuba una Prueba de hermeticidad con aplicación de gas nitrógeno para comprobar microfiltraciones y filtraciones.

9.2.4 Base

REQ-21

El transformador tendrá una base de acero estructural para montaje sobre una fundación de concreto con dos huecos de 400 mm x1900 mm aprox. en la base que permiten la inyección de aire externo de un túnel de viento de un mega ventilador existente, o de ventiladores externos al transformador existentes.

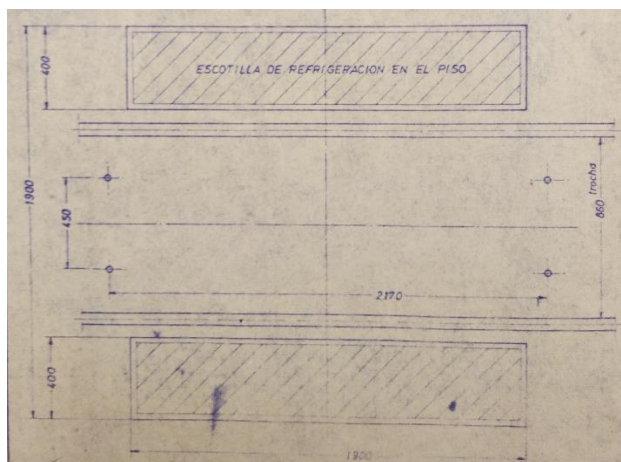


Ilustración 3: Escotillas de refrigeración en el piso del transformador

REQ-22

El Proveedor deberá, dar las holguras necesarias a las ruedas para que se desplacen bien en los rieles existentes y definir los pernos de anclaje, para poder anclar el transformador al piso existente que consta de un espacio inferior libre para ventilación y con solo dos vigas de apoyo.

9.2.5 Ganchos de izado**REQ-23**

El transformador tendrá al menos cuatro (4) ganchos de izado cada una cercana (distancia libre por proveedor) a cada vértice superior. Sujeto a aprobación de Metro durante la revisión de la ingeniería de detalles del equipo.

9.2.6 Ganchos de arrastre**REQ-24**

El transformador tendrá al menos cuatro (4) ganchos de arrastre una en cada cara del equipo. Sujeto a aprobación de Metro durante la revisión de la ingeniería de detalles del equipo.

9.2.7 Núcleos, Bobinas y Aislación**REQ-25**

Los transformadores deben ser capaces de alimentar un rectificador existente por lo que estarán provistos de un devanado primario, un devanado secundario doble con el fin de hacer sencilla y rápida la instalación.

REQ-26

Los núcleos serán fabricados de fierro silicoso laminado de grano orientado de alta permeabilidad magnética, con bajas pérdidas de histéresis y pérdidas por corrientes parásitas.

REQ-27

Las densidades del máximo flujo magnético estarán muy por debajo del punto de saturación. El núcleo del transformador permitirá una operación eficiente a un 10% sobre el voltaje nominal, en cualquiera de los taps seleccionados.

REQ-28

Los bobinados están robustamente fijados para poder resistir eficazmente los esfuerzos electro-mecánicos provocados por eventuales cortocircuitos.
Los aislamientos de los bobinados serán de clase 105 (clase A) según norma IEC 60085.

REQ-29

Todos los conductores para las bobinas y puentes serán de cobre, con aislamiento de papel u otro material superior.

REQ-30

Todos los componentes metálicos serán protegidos contra la corrosión.

REQ-31

La conexión de los enrollados en delta y estrella sea este Yd1 o Dd0 será hecha en el interior del transformador.

Los aislamientos del circuito magnético serán de clase 130 (clase B), según norma IEC 60085.

9.2.8 Terminales**REQ-32**

Los terminales de alta tensión y baja tensión serán horizontales.

REQ-33

La capacidad de corriente de los terminales será para transportar un 150% de la corriente nominal permanente por dos horas y de 300% la corriente nominal durante un minuto. Y deberá ser capaz de soportar las sobrecargas especificadas en Tabla 6: Características principales de los transformadores 4,5 MVA en REQ-14

REQ-34

Los terminales del lado primario serán de cobre o bronce tipo paleta de un perno y secundario serán de cobre o bronce tipo paleta con cuatro perforaciones, según norma IEC o NEMA.

9.2.8.1 Terminales de alta**REQ-35**

Los terminales de alta serán tres en total y deberán ser de tipo bushing con aislador cerámico o polimérico. El bushing en su punta estará mecánicamente preparado para poder conectar una trenza de cobre flexible hasta el cable de alta o bien hasta la barra de cobre con aisladores proyectados.



Ilustración 4: Terminales de alta tensión situación típica

9.2.8.2 Terminales de baja.

REQ-36

Los terminales de baja del transformador serán seis en total de tipo paleta con aislador cerámico o polimérico. Cada terminal tendrá dos paletas cada una para anclar cuatro pernos. De estos saldrán dos barras de cobre trenzado proyectado hasta la barra existente del rectificador.



Ilustración 5: Terminales de baja tensión. Situación típica.

9.2.8.3 Orden de los terminales (secuencia de fases)

REQ-37

La secuencia de fases será para un observador al frente de los terminales: de izquierda a derecha A,B,C en el lado de alta y en el lado de baja de izquierda a derecha c'-c-b'-b-a'-a. Este orden de terminales no debe ser cambiado ya que de lo contrario pueden dañar el rectificador existente. En Ilustración 6: Terminales del transformador secuencia de fases y orden de terminales, se muestra lo indicado.

REQ-38

La distancia entre terminales de baja tensión a su centro deberá ser 300 mm. Y de 150 mm desde el centro a cada terminal central b, y de 150 mm desde el centro hasta el terminal central b' (be prima). Análogamente para los terminales de las fases a y c.

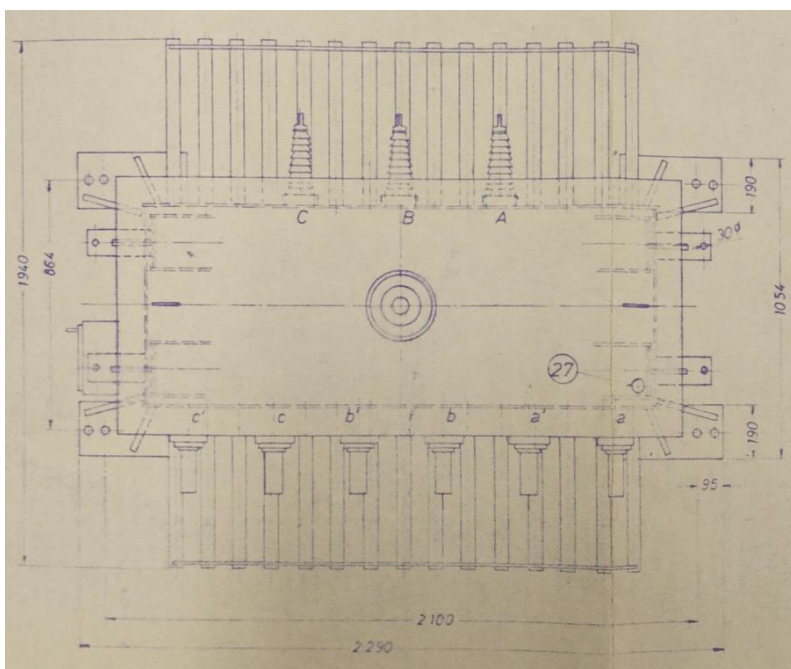


Ilustración 6: Terminales del transformador secuencia de fases y orden de terminales

REQ-39

Los terminales de baja tensión tendrán una distancia entre ellos en torno a los 350 mm.

9.2.9 Pintura

REQ-40

El acabado del esmalte o pintura final deberá ser semi-brillante, sin considerar terminaciones brillante, corrugada o martillada. La pintura de terminación deberá ser con dos manos de pintura epóxica de color gris, RAL 9001.

REQ-41

Todas las superficies, externas e internas, serán arenadas hasta obtener metal blanco e, interiormente, serán prolijamente limpiadas para evitar contaminación.

REQ-42

Las superficies exteriores serán limpiadas y fosfatizadas antes de la aplicación de pintura, éstas serán preparadas con dos (2) capas de pintura epóxica y terminadas con otras dos (2) capas adecuadas para ambientes agresivos.

REQ-43

El interior del estanque se tratará para evitar una reacción química con el líquido aislante del transformador. Estos procedimientos se deben realizar de acuerdo con las normas ISO de calidad.

9.2.10 Ruido

REQ-44

El nivel acústico en vacío a voltaje nominal será menor a 65 dBA a un (1) metro de distancia.

9.2.11 Ventilación

REQ-45

El transformador deberá tener ventilación natural KNAN, con una estructura metálica que canalice y confine el aire emitido por los radiadores hacia el extremo inferior de estos, donde se encuentra un sistema de inyección y circulación de aire externo al equipo en el túnel de viento en piso técnico inferior.

9.2.12 Toma de muestras

REQ-46

La llave de toma de muestras del líquido dieléctrico estará diseñada para tal fin.

9.2.13 Ruedas

Los rieles existentes son de dimensiones variables y de dimensión interior promedio de 878 mm (ver Ilustración 7: Rieles y ruedas) entre las partes interiores que tocan el riel y con una desviación de ± 20 mm. El Proveedor deberá verificar las medidas, pues es variable en cm entre las trece (13) SER y considerar las holguras suficientes en las ruedas, para que los equipos puedan ser intercambiables



Ilustración 7: Rieles y ruedas

REQ-47

Las ruedas serán desmontables y tendrán un ancho aproximado de 140 mm. Ver Ilustración 8: Dimensiones de ruedas transformador 4,5 MVA tipo II Dd0 existente.

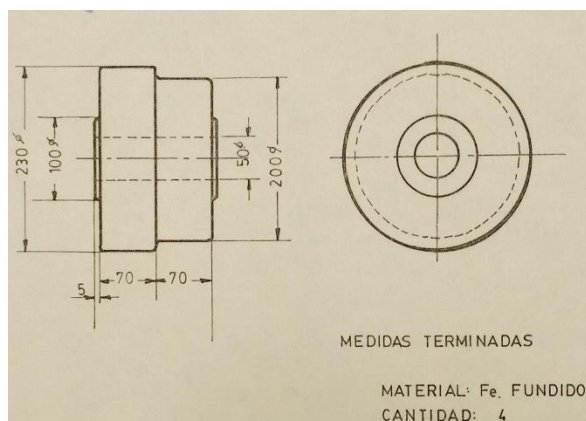


Ilustración 8: Dimensiones de ruedas transformador 4,5 MVA tipo II Dd0 existente

REQ-48

Ruedas serán orientables en 90° como en 180° con sistema de bloqueo de ruedas o ruedas desmontables durante el montaje. Con sistema para aislarlas eléctricamente del piso terminado. Además, contarán con un sistema de anclaje al nivel de piso terminado con el fin de cumplir las condiciones sísmicas

9.2.14 Placa de Datos e Identificación

REQ-49

El transformador poseerá una (1) placa de identificación en idioma español que tendrá impreso los datos del transformador de acuerdo con la Norma IEC 60076-21 y EN 50329 deberá incluir la siguiente información:

- a) Nombre del fabricante
- b) Tipo del transformador y forma: Transformador convertidor de tracción
- c) Clase de ventilación o método de enfriamiento
- d) número de serie
- e) Mes y año de manufactura
- f) Numero de fases
- g) Potencia nominal kVA
- h) corriente nominal
- j) Voltaje nominal
- k) Voltaje del alta y baja y/o razón de transformación
- m) Frecuencia nominal
- n) BIL (kV)
- o) Peso sin la cuba
- p) Peso total
- q) Tipo del fluido aislante y clase del material aislante
- r) Volumen del fluido aislante
- s) Material del conductor
- t) Promedio de elevación de temperatura en grados Celsius (°C)
- u) Diagramas de conexión de las bobinas internas
- v) Referencias de operación e instalación
- z) impedancia de cortocircuito
- aa) Número del estándar EN 50329
- ac) Nivel de aislación del bobinado según Anexo B de EN 50329

REQ-50

La placa será de material metálico anticorrosivo, con fondo negro y letras blancas bajo relieve, de aspecto opaco, que no reflejare la luz ni los objetos. Una muestra física de la placa deberá entregarse a Metro para ser aprobada o rechazada por Mantenimiento, previa a la fabricación de las restantes.

9.2.15 Dimensiones máximas del transformador

REQ-51

El transformador en sus dimensiones máximas no podrá exceder las dimensiones de la Tabla 7: Dimensiones y pesos de los transformadores

Tabla 7: Dimensiones y pesos de los transformadores

	Peso total máximo [kg]	Ancho de frente máximo [mm]	Profundidad máxima [mm]	Altura máxima [mm]
Transformador 4,5MVA tipo I y II	13500	2000	2300	2600

9.3 Características Eléctricas

9.3.1 Tipo

REQ-52

La relación de transformación del equipo debe respetar la norma IEC 60076, con respecto de la variación en % del valor de la teoría ($<0,5\%$)

9.3.2 Capacidad de Sobrecarga

REQ-53

Las capacidades de sobrecarga del transformador serán las siguientes:

1. Potencia base = 4.500 kVA
2. Sobrecarga 50% x 2h= 6.750 kVA
3. Sobrecarga 300% x 1 min= 13.500 kVA

Cumpliendo el ciclo de trabajo para clase VI de la norma EN50329.

9.3.3 Calentamiento

REQ-54

Bajo las condiciones ambientales especificadas, las siguientes elevaciones de temperatura no deberán excederse al trabajar el transformador en régimen permanente a las potencias nominales:

- a. Elevación de temperatura del aceite en la parte superior del estanque principal: 60 K
- b. Durante las pruebas de recepción y en régimen permanente de potencia nominal, la temperatura exterior de las paredes, tapa y fondo del estanque no deberá exceder: 90°C.

9.3.4 Nivel de cortocircuito

REQ-55

Para efectos de cotización se considerará que el nivel de cortocircuito trifásico en 20 KV es de 15 [kA] de peak en régimen transitorio y 10 [kA] RMS en régimen permanente como mínimo. Estos valores se confirmarán en ingeniería de detalles por Metro.

9.3.5 Nivel básico de la aislación (BIL)

REQ-56

El nivel básico de aislación para el primario será 150 kV. Y el nivel básico de aislación para el secundario será 45 kV.

9.3.6 Enrollados

REQ-57

El material de los enrollados será de cobre electrolítico, de pureza 99,9 % y una conductividad mayor a 100 % a 20°C.

9.3.7 Taps

REQ-58

Los transformadores deben estar provistos de un dispositivo de regulación de tensión en vacío que permita variar la relación de transformación de forma que sea posible regular la tensión a flujo constante fácilmente y sin herramientas. Dicho dispositivo (único para las 3 fases) debe situarse en el arrollamiento de mayor tensión y cada "taps" debe ser identificado.

REQ-59

Las diferentes tomas deben conectarse mediante puentes móviles o desmontables. No se admitirán cables de conexión para seleccionar la toma.

REQ-60

Los conmutadores deben ser particularmente resistentes a las sobrecargas de la Tabla 6: Características principales de los transformadores 4,5 MVA y sobreintensidades de cortocircuito a definir en la ingeniería de detalles.

REQ-61

Cada transformador será provisto de siete (7) taps de derivaciones de $0, \pm 2,5 \%, \pm 5 \%, \pm 7,5 \%$. El cambiador de taps actuará en el devanado primario de alta. La corriente demandada en baja a suministrar por el rectificador será de aprox. 4351 [A] alternos en cualquier tap.

La corriente en alta será 130 [A] aprox en el tap central de alta para un factor de potencia de 0,93.

Tabla 8: Taps transformador 4,5 MVA existente. Referencial.

Conexiones				
Devanado	Volts	AMPS 4500 kVA	Cambiador de tomas	
			Tipo de cambio RFV	
			POS	CONECTA
	629	4351	1	2 CON 8
	614	4351	2	2 CON 7
Baja tensión Delta	599 N	4351	3	2 CON 6
	584	4351	4	2 CON 5
	569	4351	5	2 CON 4
	554	4351	6	2 CON 3
Alta Tensión	20000 N	129,9 N		

9.3.8 Relación de Fases

REQ-62

Para el transformador de tracción 4,5MVA tipo I, el desplazamiento angular entre las fases de alta tensión y las de baja tensión será de treinta grados (30°) con el lado de bajo voltaje en adelante (Yd1)

REQ-63

Para el transformador de tracción 4,5MVA tipo II, el desplazamiento angular entre las fases de alta tensión y las de baja tensión será de cero grados (0°) (Dd0)

9.3.9 Impedancia

REQ-64

La impedancia del transformador será menor al 12%. El valor de la impedancia será del valor indicado en Ficha de Datos. El valor medido en pruebas de laboratorio deberá ser indicado en la placa de características correspondiente.

9.3.10 Puesta a Tierra

REQ-65

Los transformadores contarán con al menos dos tomas de tierra adecuada para conectar a tierra el chasis a través de cable de 70 mm², estas estarán en dos puntos diagonales opuestos de la cuba.

REQ-66

El chasis del transformador estará aislado de la tierra para permitir detectar una corriente de fuga a través de masa. Se debe considerar que las ruedas deben estar aisladas del transformador y que el equipo debe tener una bornera de masa, a la cual se conectarán todas las partes metálicas no activas y externas del equipo.

9.3.11 Pérdidas

REQ-67

Las pérdidas en vacío serán de un máximo del 10 %, las pérdidas en carga serán de un máximo del 10 %, y las pérdidas totales serán de un 7% como máximo.

9.3.12 Protecciones

REQ-68

El transformador tendrá al menos los siguientes equipos de protección y medida:

1. Termómetro de imagen térmica de los enrollados
2. Temperatura del líquido aislante
3. Nivel (magnético) del líquido aislante
4. Válvula de sobrepresión
5. Llave de toma de muestras de líquido aislante.

REQ-69

Los transformadores contarán de un sistema de protección térmica mediante un relé de imagen térmica para los enrollados y un equipo de control que sea capaz de interpretar la señal ofrecida.

A una de las fases de alta del transformador se debe asociar un sensor de medición de corriente que ira conectada al instrumento medición de temperatura de imagen térmica, además del sensor de temperatura del aceite refrigerante.

9.3.13 Sistema de control**REQ-70**

El gabinete de control del transformador recibirá las siguientes señales de los respectivos equipos:

1. Imagen térmica de los enrollados.
2. Temperatura del líquido aislante.
3. Nivel (magnético) del dieléctrico.
4. Válvula de sobrepresión.

9.3.13.1.1 Gabinete de Control**REQ-71**

El gabinete de control deberá ser de material metálico, con el mismo tratamiento anticorrosivo de la cuba y pintado.

REQ-72

El Proveedor deberá preliminarmente utilizar los contactos normalmente abiertos (NC en casos especiales) para las alarmas de los equipos del transformador según **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

REQ-73

La energía auxiliar provista desde el Sistema Metro será existente en 220V desde el conector hembra y macho a reemplazar por el Proveedor. La energía auxiliar alimentará los siguientes equipos del transformador:

- Termómetro de imagen térmica de los enrollados y núcleo (RT)
- Temperatura del líquido aislante (T)
- Nivel (magnético) del dieléctrico (N)
- Válvula de sobrepresión (SP)

REQ-74

El gabinete de control recibirá desde las respectivas protecciones del transformador los contactos normalmente abiertos de las alarmas y las convertirá en seis terminales según: Tabla 9: Relación entre los equipos de protección, el gabinete de control, conector control y SCADA. y las ilustraciones: **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** e **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Tabla 9: Relación entre los equipos de protección, el gabinete de control, conector control y SCADA.

Terminales Del conector macho	Equipo del transformador	Alarma	Avería vista por SCADA Energía en PCD
1	Termómetro imagen térmica	Temperatura alarma 1er umbral	Sin información
2	Termómetro imagen térmica	Temperatura alarma 2do umbral	Avería ligera
3	Termómetro imagen térmica	Temperatura alarma 3er umbral	Avería grupo
4	Temperatura del dieléctrico	Temperatura alarma dieléctrico	Avería ligera
5	Nivel magnético del dieléctrico	Nivel del dieléctrico	Avería ligera
6	Válvula de sobrepresión del dieléctrico	Sobrepresión del transformador	Avería de grupo

NOTA: Para efectos informativos se muestran las señales de alarma que llegan al SCADA energía como alarmas de grupo (transformador más rectificador) o alarmas de transformador en Ilustración 9: Averías del transformador típicas en SCADA Energía en PCD. e Ilustración 10: Averías del grupo: transformador y rectificador

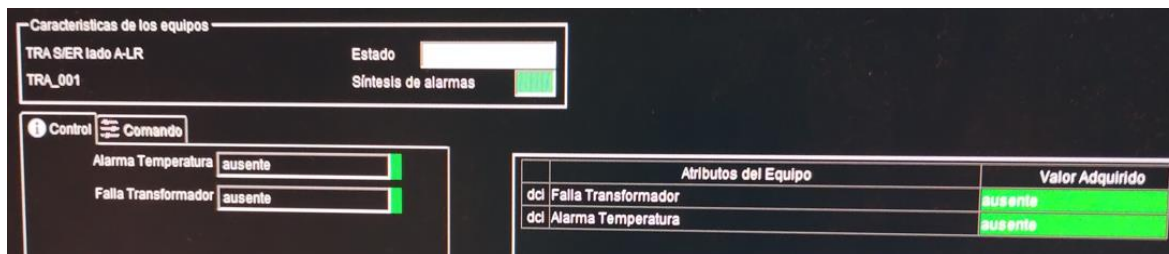


Ilustración 9: Averías del transformador típicas en SCADA Energía en PCD.

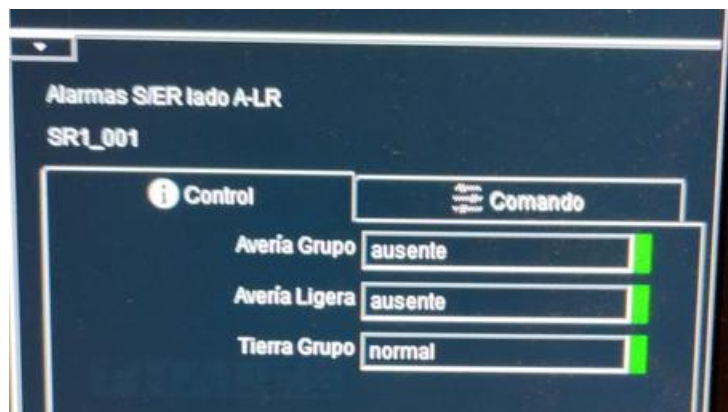


Ilustración 10: Averías del grupo: transformador y rectificador

9.3.13.1.2 Energía auxiliar 220V

REQ-75

Los transformadores deben estar aptos para operar con energía monofásica en 220 Vac.

9.4 Ensayos

9.4.1 Ensayos de tipo

REQ-76

Se deberán presentar los certificados de todos los ensayos tipos definidos en la norma IEC 60076-11 realizados sobre transformadores idénticos a los que pretende suministrar. En caso de no contar con estos certificados, el Proveedor deberá realizar a su costo los siguientes ensayos, además de los indicados en la norma IEC 60076 y IEC 50329:

- Ensayo de calentamiento para todos los regímenes de carga y sobrecargas.

- Ensayo de impulso tipo rayo.
- Medida del nivel de ruido.

Se exigirán los cuadernos de prueba y certificado de los resultados de los ensayos de tipo.

Salvo indicación en contra, los ensayos tipo se llevarán a efecto en los laboratorios del fabricante, notificando por escrito con al menos 40 días corridos de antelación la disponibilidad de los aparatos para las pruebas, a las cuales Metro S.A. podrá participar.

9.4.2 Ensayos de rutina

REQ-77

Salvo indicación contraria, los ensayos de recepción se llevarán a efecto en los laboratorios del fabricante, notificando por escrito al menos con 40 días corridos de antelación la disponibilidad de los aparatos para su recepción. El Proveedor debe realizar a su costo los siguientes ensayos, además de los indicados en la norma IEC 60076 y IEC 50329:

- Comprobación de las dimensiones, de las conexiones y de los accesorios con arreglo a los planos aprobados.
- Verificación de la existencia de los sistemas de protección.
- Verificación de los bornes de tierra.
- Medida de la impedancia de cortocircuito y de las pérdidas debidas a la carga.
- Medida de las descargas parciales
- Ensayo de calentamiento
- Medida de la resistencia de los arrollamientos.
- Medida de la relación de transformación y verificación del acoplamiento.
- Relación vectorial y grupo de conexión
- Medida de las pérdidas y de la corriente en vacío.
 - pérdidas en el fierro y magnetización
 - Pérdidas en el cobre e impedancia
- Aislación y pruebas dieléctricas:
 - Ensayo de tensión aplicada lado AT y lado BT
 - Ensayo de tensión inducida.
 - Resistencias de aislación AT a BT, AT a masa, BT a masa
 - Factor de potencia de la aislación ($\text{tg } \Phi$) AT a BT + masa; BT a AT + masa; AT + BT a masa
 - Rigidez dieléctrica del líquido refrigerante

Se exigirá un certificado de los resultados de los ensayos e inspecciones individuales, los que deberá aprobar el equipo de ingeniería de Metro.

9.4.3 Ensayos especiales

REQ-78

Los ensayos especiales con carácter general sólo se realizarán si no se entregan certificados de un laboratorio reconocido en el que conste la realización de los ensayos indicados más adelante, para un transformador de una potencia asignada igual, o superior, a los suministrados.

Los ensayos por considerar son:

- Aptitud térmica para soportar cortocircuitos.
- Aptitud para soportar los efectos dinámicos de cortocircuito.
- Ensayo de aptitud ante el fuego (ver capítulo Aptitud ante el fuego, humedad relativa, temperatura servicio)
- Ensayo de aptitud a las clases ambientales (Ver Capítulo Aptitud ante el fuego, humedad relativa, temperatura servicio)
- Prueba de hermeticidad con aplicación de gas nitrógeno.

10 TRANSFORMADORES AUXILIARES 40 KVA



Ilustración 11: Típica instalación de la SER, interior gabinete izq. Transformador auxiliar 40 kVA der referencial.

10.1 Características generales

REQ-79

Los transformadores serán instalados en un sistema eléctrico, con distribución en media y baja tensión según Tabla 10: Características del sistema eléctrico existente para transformadores de 40 kVA

Tabla 10: Características del sistema eléctrico existente para transformadores de 40 kVA

Media Tensión (enrollado primario)	
Clase de Aislación	24 kV
Tensión de Servicio	20 kV
Nivel de aislamiento (resistencia dieléctrica 1 min-50 Hz, 1 minuto)	60 kV
Resistencia al impulso 1.2 /50 μ s	150 kV
Frecuencia	50 Hz
Número de Fases	3P
Régimen de Neutro	Sin neutro
Puesta a tierra	Aislado completamente del nivel de piso terminado. Aterrizado al sistema de tierra
Baja Tensión (enrollado secundario doble)	
Clase de Aislación	3,6 kV
Tensión de Servicio	400 V/231
Nivel de aislamiento resistencia dieléctrica 1 minuto)	8 kV
Resistencia al impulso 1.2 /50 μ s	40 KV
Número de Fases	3P
Régimen de Neutro	con neutro
Puesta a tierra	Aterrizado al sistema de tierra del cubículo existente

REQ-80

Las características principales de los transformadores serán según Tabla 11: Características principales de los transformadores 40 KVA:

Tabla 11: Características principales de los transformadores 40 KVA

Característica	Parámetro
Unidades	Dos (2)
Tensión primaria de servicio	20 kV
Tensiones secundarias de servicio	400 V/231 V
Relación de Fases	Transformador tipo III: Yz11

Potencia nominal	40 kVA
Sobrecargas admisibles	No requerido

10.2 Requerimientos Constructivos

REQ-81

Todos los elementos del transformador deberán ser nuevos, esto incluye bushing de alta, terminales de baja, cambiador de taps.

REQ-82

Todos los elementos del transformador deberán ser de la misma marca e intercambiables entre ellos: aplicando para bushing de alta y terminales de baja

10.2.1 Líquido aislante

Las características serán las mismas que el capítulo 9.2.2.

10.2.2 Espesor de las planchas

Las características serán las mismas que el capítulo 9.2.3.

10.2.3 Base

REQ-83

La base será sin ruedas de acero estructural para montaje sobre fundación de concreto

10.2.4 Ganchos de izado

REQ-84

El transformador tendrá al menos dos (2) ganchos de izado.

10.2.5 Ganchos de arrastre

REQ-85

El transformador tendrá al menos dos (2) ganchos de arrastre

10.2.6 Núcleos, Bobinas y Aislación

Las características serán las mismas que el capítulo 9.2.7.

10.2.7 Terminales

REQ-86

Los terminales de alta serán tipo bushing y los terminales de baja tipo paleta con una (1) perforación para perno.

10.2.7.1 Orden de los terminales (secuencia de fases)

REQ-87

La secuencia de fases será para un observador al frente de los terminales: de izquierda a derecha A, B, C en el lado de alta y en el lado de baja de izquierda a derecha n, c, b, a. Este orden de terminales no debe ser cambiado. En Ilustración 12: Transformador existente 40 kVA. Referenciales muestra lo indicado



Ilustración 12: Transformador existente 40 kVA. Referencial

10.2.8 Pintura

Las características serán las mismas del capítulo 9.2.9.

10.2.9 Ruido

REQ-88

El nivel acústico en vacío a voltaje nominal será menor a 48 dBA a un (1) metro de distancia.

10.2.10 Ventilación

REQ-89

El transformador deberá tener ventilación natural KNAN y podrá contar con radiadores.

10.2.11 Toma de muestras

La toma de muestras será libre por proveedor

10.2.12 Placa de Datos e Identificación

Las características serán las mismas del capítulo 9.2.4.

10.2.13 Dimensiones máximas del transformador

REQ-90

El transformador en sus dimensiones máximas no podrá exceder las dimensiones de la Tabla 12: Dimensiones y pesos de los transformadores

Tabla 12: Dimensiones y pesos de los transformadores

	Peso total máximo [kg]	Ancho de frente máximo [mm]	Profundidad máxima [mm]	Altura máxima [mm]
Transformador 40 kVA	564	610	750	970

10.3 Características Eléctricas

10.3.1 General

REQ-91

Los transformadores deben suministrar una potencia de 40 kVA, en las condiciones de servicio indicadas de la presente especificación técnica.

10.3.2 Tipo

REQ-92

El transformador será trifásico, 20kV/400 V, 50 Hz +/- 5%, de 40 kVA de potencia, para uso interior, refrigeración KNAN y utilizará aceite como aislante eléctrico. Además, debe incluir bornes, protección y todos los accesorios necesarios para su correcto funcionamiento.

La conexión del transformador será del tipo III Yz11

REQ-93

La relación de transformación del equipo debe respetar la norma IEC 60076, con respecto de la variación en % del valor de la teoría (<0,5%)

10.3.3 Calentamiento

REQ-94

Las características serán las mismas que las indicadas en el capítulo 9.3.3.

10.3.4 Nivel de cortocircuito

REQ-95

Para efectos de cotización se considerará que el nivel de cortocircuito trifásico en 20 KV es de 15 [kA] de peak en régimen transitorio y 10 [kA] RMS en régimen permanente como mínimo. Estos valores se confirmarán en ingeniería de detalles por Metro.

10.3.5 Nivel básico de la aislación (BIL)

REQ-96

El nivel básico de aislación para el primario será 24 kV. Y el nivel básico de aislación para el secundario será 3,6 kV.

10.3.6 Enrollados

Las características serán las mismas del capítulo 9.3.6.

10.3.7 Taps

Las características serán las mismas del capítulo 9.3.7.

REQ-97

Cada transformador será provisto de tres (3) taps de derivaciones de $0, \pm 2,5 \%$ El cambiador de taps actuará en el devanado primario de alta.

10.3.8 Relación de Fases

REQ-98

Para el transformador de Yz11, el desplazamiento angular entre las fases de alta tensión y las de baja tensión será de más treinta grados ($+30^\circ$)

10.3.9 Impedancia

REQ-99

La impedancia del transformador será menor al 3%. El valor de la impedancia será del valor indicado en Ficha de Datos. El valor medido en pruebas de laboratorio deberá ser indicado en la placa de características correspondiente.

10.3.10 Puesta a Tierra

Las características serán las mismas que las indicadas en el capítulo 9.3.10.

10.3.11 Pérdidas

Las características serán las mismas de las indicadas en el capítulo 9.3.11.

10.3.12 Protecciones

REQ-100

Solo se requiere una válvula de sobrepresión de diseño libre por proveedor adecuada para transformador 40 kVA.

10.4 Ensayos

10.4.1 Ensayos de tipo

REQ-101

Se deberán presentar los certificados de todos los ensayos tipos definidos en la norma IEC 60076 realizados sobre transformadores idénticos a los que pretende suministrar. En caso de no contar con estos certificados, el Proveedor deberá realizar a su costo los siguientes ensayos, además de los indicados en la norma IEC 60076:

- Ensayo de calentamiento para todos los regímenes de carga
- Ensayo de impulso tipo rayo.
- Medida del nivel de ruido.

Se exigirán los cuadernos de prueba y certificado de los resultados de los ensayos de tipo.

Salvo indicación en contra, los ensayos tipo se llevarán a efecto en los laboratorios del fabricante, notificando por escrito con a lo menos 40 días corridos de antelación la disponibilidad de los aparatos para las pruebas, a las cuales Metro S.A. podrá participar.

10.4.2 Ensayos de rutina

REQ-102

Salvo indicación contraria, los ensayos de recepción se llevarán a efecto en los laboratorios del fabricante, notificando por escrito al menos con 40 días corridos de antelación la disponibilidad de los aparatos para su recepción. El Proveedor debe realizar a su costo los siguientes ensayos, además de los indicados en la norma IEC 60076:

- Comprobación de las dimensiones, de las conexiones y de los accesorios con arreglo a los planos aprobados.
- Verificación de la existencia de los sistemas de protección.
- Verificación de los bornes de tierra.
- Medida de la resistencia de los arrollamientos.
- Medida de la relación de transformación y verificación del acoplamiento.
- Medida de las pérdidas y de la corriente en vacío.
- Medida de la impedancia de cortocircuito y de las pérdidas debidas a la carga.
- Medida de las descargas parciales
- Ensayo de tensión aplicada
- Ensayo de tensión inducida.

Se exigirá un certificado de los resultados de los ensayos e inspecciones individuales.

10.4.3 Ensayos especiales

REQ-103

Los ensayos especiales con carácter general sólo se realizarán si no se entregan certificados de un laboratorio reconocido en el que conste la realización de los ensayos indicados más adelante, para un transformador de una potencia asignada igual, o superior, a los suministrados.

Los ensayos por considerar son:

- Aptitud térmica para soportar cortocircuitos.
- Aptitud para soportar los efectos dinámicos de cortocircuito.
- Ensayo de aptitud ante el fuego (ver Capítulo Aptitud ante el fuego, humedad relativa, temperatura servicio)
- Ensayo de choque térmico (Ver Capítulo Aptitud ante el fuego, humedad relativa, temperatura servicio)
- Ensayo de aptitud a las clases ambientales (Ver Capítulo Aptitud ante el fuego, humedad relativa, temperatura servicio)
- Prueba de hermeticidad con aplicación de gas nitrógeno

11 INSTALACIÓN

REQ-104

Una vez adjudicado el Proveedor deberá entregar manuales completos con las instrucciones necesarias para efectuar el montaje, la instalación y el mantenimiento de los equipos descritos en esta especificación técnica.

REQ-105

Se proveerá junto con los equipos todas las herramientas especiales que demanden el montaje y posterior mantenimiento de los equipos descritos en esta especificación técnica.

REQ-106

Todas las herramientas y/o equipamientos especiales necesarios para la instalación y desinstalación, calibración, mantenimiento y/o operación del transformador y sus accesorios servicio de los instrumentos, deberán ser incluidos como parte del suministro.

11.1.1 Condiciones de instalación

REQ-107

Los transformadores se instalarán en el interior de una celda cerrada con estructura con ventilación natural.

12 EXCEPCIONES Y DESVIACIONES

12.1 Aceptación y entrega

La aceptación de los transformadores en fábrica y en bodega por parte de Metro, no liberará al Proveedor de la responsabilidad por el suministro del equipamiento de acuerdo con todos los requerimientos de la del contrato de suministro, ni invalidará los reclamos que el Cliente pueda realizar por elementos defectuosos o insatisfactorios.

Si el comportamiento del equipamiento suministrado, una vez instalado, no satisface los requerimientos especificados, será responsabilidad del Proveedor tomar todas las medidas para corregir dichas deficiencias, sin demora y sin costo adicional para Metro S.A.

En el caso de que posterior a aprobada y emitida el contrato de suministro se detecte alguna diferencia entre lo solicitado y lo suministrado, será responsabilidad a costo del proveedor corregirla de manera tal de cumplir cabalmente con lo solicitado en esta especificación y hojas de datos adjuntas, sin que ello quite el derecho a Metro S.A de tomar todas las acciones legales por incumplimiento de contrato en caso de ser necesarias.

12.2 Requerimiento de calidad

REQ-108

Se rechazarán equipos reciclados o refaccionados con diferentes piezas de transformadores usados.

REQ-109

El proveedor deberá demostrar que tiene implementado y funcionando en su fábrica un sistema de Garantía de Calidad con programas y procedimientos documentados en manuales, cumpliendo la siguiente norma: ISO 9001: Sistemas de calidad - Modelo de garantía de calidad en diseño, producción, instalación y servicio.

12.3 Inspección técnica

REQ-110

Se deberá permitir el libre acceso a la fábrica, de los Inspectores (o representantes autorizados) de Metro S.A., con el propósito de inspeccionar y probar los equipos, o cualquiera de sus partes, y obtener información sobre el estado de avance de los trabajos.

REQ-111

Las pruebas de rutina deberán ser efectuadas en cada equipo del suministro y estarán incluidas en el costo del equipo.

REQ-112

Los resultados serán entregados con el correspondiente protocolo de pruebas.

REQ-113

El Proveedor realizará una convocatoria a inspección en fábrica tres (3) meses antes de la fecha prevista para el inicio de las pruebas del primer equipo del suministro.

REQ-114

La convocatoria incluirá la siguiente información adjuntando los antecedentes correspondientes:

- Nombre del Proyecto, equipo a inspeccionar y persona encargada en fábrica (señalando teléfono, fax y correo electrónico, para coordinación de los ensayos).
- Fecha de inicio y duración de la inspección.
- Lugar en que se efectuarán las pruebas de rutina (laboratorio, dirección, ciudad).

REQ-115

El Plan de inspección para pruebas de rutina, deberá contener como mínimo la siguiente información:

- Pruebas que se efectuarán.
- Lista de todos los planos finales aprobados del equipo a inspeccionar, indicando última versión.
- Especificación Técnica aplicable al equipo.
- Normas Internacionales aplicables al diseño, fabricación y pruebas del equipo.
- Detalle de todas las pruebas a realizar.
- Cronograma del desarrollo de las pruebas (incluyendo la reunión en fábrica para aclaración y alcance de los ensayos).

12.4 Documentos técnicos

REQ-116

El Proveedor deberá suministrar ejemplares en formato digital. En particular, se suministrarán las siguientes informaciones, mínimas una vez adjudicado al Proveedor de Energía:

- Una (1) especificación técnica del proyecto
- Una (1) especificación técnica del transformador rectificador 4,5 MVA tipo I y II
- Una (1) especificación técnica del transformador auxiliar 40 kVA

- Dos (2) planos de la disposición general mostrando las principales dimensiones del equipamiento suministrado para transformadores de 4,5 MVA. Planta de donde se reemplaza el equipo y corte general del contexto donde se reemplaza. (Por lo tanto, serán 30 planos para las 15 distintas plantas y cortes)
- Dos (2) planos de la disposición general mostrando las principales dimensiones del equipamiento suministrado Para transformadores de 40 kVA. Planta de donde se reemplaza el equipo y corte general del contexto donde se reemplaza (Por lo tanto, serán 4 planos para los dos distintas plantas y cortes)
- Un (1) Diagrama esquemático del alambrado de control para Transformador 4,5 MVA tipo I (En total serán ocho)
- Un (1) Diagrama esquemático del alambrado de control para Transformador 4,5 MVA tipo II (En total serán cinco)
- Un (1) Diagrama esquemático del alambrado de control para Transformador 40 kVA tipo III (En total serán dos)
- Una (1) memorias de cálculo donde se demuestre que los equipos resisten las combinaciones de cargas producidas durante un sismo (tirón, viento y sismo), y que los pernos de anclaje y fundaciones resisten el nuevo transformador antes, durante y después del sismo (para las quince situaciones). Aplica para los tres tipos de transformadores.
- Un (1) planos mostrando los anclajes del equipamiento, señalando las cargas estáticas y dinámicas sobre la estructura de soporte. (en total serán quince más dos). Aplica para los tres tipos de transformadores.
- Un (1) documento de interferencias, extraídas del levantamiento a realizar por el Proveedor de Energía. Aplica para los quince casos.
- Catálogos originales, planos de dimensiones del transformador mostrando sus elementos en varias vistas o cortes, características completas
- Instrucciones para el transporte, manejo, izado, montaje, puesta en servicio, operación, reparación y mantenimiento del equipamiento.
- Manual de montaje de los equipos con indicación de los torques de apriete de todos los pernos y tuercas que se instalan en la obra.
- Un (1) procedimiento de instalación de los transformadores suministrados.
- Metodologías (incluyendo las características de los equipos que se utilizarán, esquemas de disposición, circuitos utilizados, etc.).
- Proposición de los criterios de aceptación para cada una de las pruebas empleadas por el departamento de calidad de la fábrica para los equipos.
- Manual y plan de mantenimiento.

REQ-117

Las eventuales re-inspecciones debido a que el equipo fue presentado incompleto, o por fallas del equipo probado, o por cualquier otra razón que no sea de responsabilidad del Metro, serán de costo y cargo del Proveedor.

REQ-118

El Proveedor deberá informar por escrito a Metro S.A. y con la debida anticipación, seis (6) semanas, el inicio del período de pruebas para que estas se realicen en presencia de personal designado por el Proveedor de Energía y Metro S.A.

REQ-119

La entrega del equipo en fábrica y en sitio, una vez finalizada en forma satisfactoria, no liberará al Proveedor ni a su proveedor de la responsabilidad de entregar un producto terminado, integrado en la red Metro funcionado correctamente y puesto en marcha.

12.5 Formularios técnicos

REQ-120

El Proveedor deberá entregar, junto con su oferta para el equipamiento específico, toda la información que considere necesaria, información de datos técnicos garantizados, Discrepancias con la especificación.

12.6 Transporte y embalaje

REQ-121

Los equipos y componentes del suministro serán entregados como unidades completas, listas para montar considerando que deberán soportar los esfuerzos del transporte.

REQ-122

Cada componente del equipo deberá ser cubierto y protegido con implementos impermeables y además incorporar en el embalaje un desecante adecuado para absorber la humedad.

12.7 Garantía

REQ-123

El proveedor debe considerar una garantía técnica para cada equipo por un periodo total de 24 meses contados desde la recepción provisional de estos.

REQ-124

Dicha garantía aplicará contra cualquier defecto o falla del sistema por desperfecto de fabricación, uso y operación del suministro

12.8 Recepción

12.8.1 Fábrica

REQ-125

La empresa fabricante del equipo podrá ser nacional (Chile) o internacional. Se rechazará en la oferta técnica o en la recepción del equipo si se demostrara que el fabricante usa materiales reciclados o refaccionados, no nuevos para construir el transformador.

REQ-126

El fabricante deberá demostrar que sus equipos han estado en funcionamiento por al menos diez (10) años para equipos de potencias igual o superior a 4,5 MVA.

12.8.2 Filtraciones de la cuba

REQ-127

Las microfiltraciones de la cuba serán inaceptables, el Proveedor deberá fabricar un equipo 100% nuevo en el caso de encontrarse filtraciones de la plancha de acero durante la recepción del equipo será rechazado y la cuba fabricada nuevamente reemplazando la totalidad de la cara dañada. Para evitar esta situación el fabricante realizará pruebas de presión señaladas en el capítulo respectivo.

12.8.3 Filtraciones de las uniones a instrumentos

REQ-128

En el caso que la filtración de líquido sea en las uniones hacia los instrumentos, la llave de muestreo del refrigerante líquido, entonces el transformador podrá ser reparado y llenado nuevamente con aislante con las mismas condiciones de fabricación anteriores, liberando al aislante de agua y secando el transformador en núcleo y bobinas

12.8.4 Dimensionamiento de los radiadores

REQ-129

Si el sistema de enfriamiento es a través de radiadores, estos no deberán entorpecer la disposición final y los elementos de la SER.

13 LÍMITES DEL PROVEEDOR

Este capítulo define los límites de acción del Proveedor y los trabajos incluidos.

REQ-130

Los siguientes documentos mínimos deben ser entregados en la ingeniería del Proveedor una vez adjudicado:

- Ingeniería de detalles según 12.4 Documentos técnicos
- Documentos a entregar con la oferta especificados en la segunda columna "Con la cotización, Requerido" según 20 Anexo VI– Listado de Entregables e Información Requerida
- Documentos a entregar una vez adjudicado el Proveedor de Energía al proyecto según la tercera columna "Certificados, Adjudicado" según 20 Anexo VI– Listado de Entregables e Información Requerida
- Recepción, descarga y almacenaje de equipo.
- Incluir adaptadores como barras de cobre y aisladores adicionales y toda su ferretería para poder hacer coincidir los cables con las nuevas ubicaciones de los terminales, según las condiciones de la presente especificación.
- Pruebas de los transformadores en fábrica.

14 CONDICIONES DE ENTREGA

REQ-131

El Proveedor debe hacer la entrega de los transformadores en las dependencias de Metro SA.

14.1 Listado de entregables

A continuación, se menciona un listado mínimo de los entregables que debe considerar el Proveedor.

- El Proveedor deberá suministrar dos (2) ejemplares en papel de la información general relacionada con el equipo. En particular, se suministrarán las siguientes informaciones:
- Catálogos originales, planos de dimensiones, características completas.
- Planos de la disposición general mostrando las principales dimensiones del equipamiento suministrado.

- Memorias de Cálculo donde se demuestre que los equipos resisten las combinaciones de cargas producidas durante un sismo.
- Planos mostrando los anclajes del equipamiento, señalando las cargas estáticas y dinámicas sobre la estructura de soporte.
- Instrucciones para el transporte, manejo, izado, montaje, puesta en servicio, operación, reparación y mantención del equipamiento.
- Manual de montaje de los equipos con indicación de los torques de apriete de todos los pernos y tuercas que se instalan en la obra.
- Manuales de Operación y Mantención, que incluirán:
 - Manuales de Partes.
 - Manual de Operador.
 - Manual de Instalación.
 - Manual de Servicio de Mantención completa.
- Además de las copias en papel requeridas, el Proveedor deberá enviar los documentos indicados en archivos digitales en memoria USB.
- Además, deberá establecer cualquier diferencia que pueda existir entre las características de los equipos ofrecidos, y lo que establece la presente especificación o las normas estipuladas.
- Para todo equipo, se proveerá junto con éstos, todas las herramientas especiales que demanden el montaje y posterior mantenimiento de los equipos. Planos As-Built

El proyecto obligatoriamente debe entregar tanto las especificaciones, las notas de cálculo y los planos en su versión como construido, según las modificaciones realizadas una vez terminada la obra. Toda esta documentación deberá ser entregada en formato digital (formato .docx .pdf y .dwg en versión 2022) según corresponda a cada información.

14.2 Plazos

El plazo de ejecución total del proyecto (ingeniería, fabricación, transporte) no puede superar los 10 meses.

14.3 Forma de Pago

El precio del Contrato se pagará por Hitos de Pago al Proveedor de acuerdo al detalle y porcentajes establecidos a continuación:

i. Estado de Pago Inicial (Anticipo)

Corresponderá al 15% del Valor Total del Contrato, y se cursará conforme se establece en el

Art. 32 de las presentes Bases de Licitación.

ii. Ítem Suministros

Corresponderá al 70% del Valor Total del Contrato, y se cursará conforme a lo definido a continuación.

a) Hito Suministro de dos (02) transformadores de 4,5 MVA, 20kV/599V, Yd1 de doble secundario, en MT y BT.

10% del valor del ítem.

Condición que define el Pago:

El pago se realizará una vez que los dos (02) transformadores de 4,5 MVA, 20kV/599V, Yd1 de doble secundario, en MT y BT se encuentren en el Taller de Metro definido para el almacenamiento de los transformadores en Chile previa inspección por parte de personal de Metro y/o Inspección técnica.

Requisitos del Estado de Pago:

El Estado de Pago se debe presentar acompañado por los correspondientes certificados de ingreso de los dos (02) transformadores de 4,5 MVA, 20kV/599V, Yd1 de doble secundario, en MT y BT, una vez se encuentren en el Taller de Metro definido para el almacenamiento de los transformadores en Chile previa inspección por parte de personal de Metro y/o Inspección técnica.

b) Hito Suministro de dos (02) transformadores de 4,5 MVA, 20kV/599V, Yd1 de doble secundario, en MT y BT.

10% del valor del ítem.

Condición que define el Pago:

El pago se realizará una vez que los dos (02) transformadores de 4,5 MVA, 20kV/599V, Yd1 de doble secundario, en MT y BT se encuentren en el Taller de Metro definido para el almacenamiento de los transformadores en Chile previa inspección por parte de personal de Metro y/o Inspección técnica.

Requisitos del Estado de Pago:

El Estado de Pago se debe presentar acompañado por los correspondientes certificados de ingreso de los dos (02) transformadores de 4,5 MVA, 20kV/599V, Yd1 de doble secundario, en MT y BT, una vez se encuentren en el Taller de Metro definido para el almacenamiento de los transformadores en Chile previa inspección por parte de personal de Metro y/o Inspección técnica.

c) Hito Suministro de dos (02) transformadores de 4,5 MVA, 20kV/599V, Yd1 de doble secundario, en MT y BT.

10% del valor del ítem.

Condición que define el Pago:

El pago se realizará una vez que los dos (02) transformadores de 4,5 MVA, 20kV/599V, Yd1 de doble secundario, en MT y BT se encuentren en el Taller de Metro definido para el almacenamiento de los transformadores en Chile previa inspección por parte de personal de Metro y/o Inspección técnica.

Requisitos del Estado de Pago:

El Estado de Pago se debe presentar acompañado por los correspondientes certificados de ingreso de los dos (02) transformadores de 4,5 MVA, 20kV/599V, Yd1 de doble secundario, en MT y BT, una vez se encuentren en el Taller de Metro definido para el almacenamiento de los transformadores en Chile previa inspección por parte de personal de Metro y/o Inspección técnica.

d) Hito Suministro de dos (02) transformadores de 4,5 MVA, 20kV/599V, Yd1 de doble secundario, en MT y BT.

10% del valor del ítem.

Condición que define el Pago:

El pago se realizará una vez que los dos (02) transformadores de 4,5 MVA, 20kV/599V, Yd1 de doble secundario, en MT y BT se encuentren en el Taller de Metro definido para el almacenamiento de los transformadores en Chile previa inspección por parte de personal de Metro y/o Inspección técnica.

Requisitos del Estado de Pago:

El Estado de Pago se debe presentar acompañado por los correspondientes certificados de ingreso de los dos (02) transformadores de 4,5 MVA, 20kV/599V, Yd1 de doble secundario, en MT y BT, una vez se encuentren en el Taller de Metro definido para el almacenamiento de los transformadores en Chile previa inspección por parte de personal de Metro y/o Inspección técnica.

- e) Hito Suministro de dos (02) transformadores de 4,5 MVA, 20kV/599V, Dd0 de doble secundario, en MT y BT.**

10% del valor del ítem.

Condición que define el Pago:

El pago se realizará una vez que los dos (02) transformadores de 4,5 MVA, 20kV/599V, Dd0 de doble secundario, en MT y BT se encuentren en el Taller de Metro definido para el almacenamiento de los transformadores en Chile previa inspección por parte de personal de Metro y/o Inspección técnica.

Requisitos del Estado de Pago:

El Estado de Pago se debe presentar acompañado por los correspondientes certificados de ingreso de los dos (02) transformadores de 4,5 MVA, 20kV/599V, Dd0 de doble secundario, en MT y BT, una vez se encuentren en el Taller de Metro definido para el almacenamiento de los transformadores en Chile previa inspección por parte de personal de Metro y/o Inspección técnica.

- f) Hito Suministro de dos (02) transformadores de 4,5 MVA, 20kV/599V, Dd0 de doble secundario, en MT y BT.**

10% del valor del ítem.

Condición que define el Pago:

El pago se realizará una vez que los dos (02) transformadores de 4,5 MVA, 20kV/599V, Dd0 de doble secundario, en MT y BT se encuentren en el Taller de Metro definido para el almacenamiento de los transformadores en Chile previa inspección por parte de personal de Metro y/o Inspección técnica.

Requisitos del Estado de Pago:

El Estado de Pago se debe presentar acompañado por los correspondientes certificados de ingreso de los dos (02) transformadores de 4,5 MVA, 20kV/599V, Dd0 de doble secundario, en MT y BT, una vez se encuentren en el Taller de Metro definido para el almacenamiento de los transformadores en Chile previa inspección por parte de personal de Metro y/o Inspección técnica.

g) Hito Suministro de un (01) transformador de 4,5 MVA, 20kV/599V, Dd0 de doble secundario, en MT y BT.

5% del valor del ítem.

Condición que define el Pago:

El pago se realizará una vez que un (01) transformador de 4,5 MVA, 20kV/599V, Dd0 de doble secundario, en MT y BT se encuentre en el Taller de Metro definido para el almacenamiento de los transformadores en Chile previa inspección por parte de personal de Metro y/o Inspección técnica.

Requisitos del Estado de Pago:

El Estado de Pago se debe presentar acompañado por los correspondientes certificados de ingreso de un (01) transformadores de 4,5 MVA, 20kV/599V, Dd0 de doble secundario, en MT y BT, una vez se encuentre en el Taller de Metro definido para el almacenamiento de los transformadores en Chile previa inspección por parte de personal de Metro y/o Inspección técnica.

h) Hito Suministro de dos (02) transformadores de 40 kVA, 20kV/400V, Yz11, en MT y BT.

5% del valor del ítem.

Condición que define el Pago:

El pago se realizará una vez que los dos (02) transformadores de 40 kVA, 20kV/400V, Yz11, en MT y BT se encuentren en el Taller de Metro definido para el almacenamiento de los transformadores en Chile previa inspección por parte de personal de Metro y/o Inspección técnica.

Requisitos del Estado de Pago:

El Estado de Pago se debe presentar acompañado por los correspondientes certificados de ingreso de los dos (02) transformadores de 40 kVA, 20kV/400V, Yz11, en MT y BT, una vez se encuentre en el Taller de Metro definido para el almacenamiento de los transformadores en Chile previa inspección por parte de personal de Metro y/o Inspección técnica.

iii. Hito Recepción Provisional

Corresponderá al 15% del Valor Total del Contrato, y se cursará conforme a lo definido a continuación.

Condición que define el hito de Pago:

El pago se realizará una vez se realice la fabricación, pruebas en fábrica, transporte desde fábrica hasta Taller de Metro y descarga en Taller de Metro definido para el almacenamiento de los 15 transformadores: ocho (08) transformadores de 4,5 MVA, 20kV/599V, Yd1 de doble secundario, en MT y BT, cinco (05) transformadores de 4,5 MVA, 20kV/599V, Dd0 de doble secundario, en MT y BT y dos (02) transformadores de 40 kVA, 20kV/400V, Yz11, en MT y BT y que Metro emita el Certificado de Recepción Provisional correspondiente.

Requisitos del Estado de Pago:

El Estado de Pago se debe presentar acompañado por los correspondientes Protocolos de pruebas en fábrica y certificado de recepción provisional emitido por Metro o I.T.

15 ANEXO I– TRANSFORMADORES SER EN OPERACIÓN

El Proveedor deberá suministrar todos los transformadores de esta lista.

ANEXO I: TRANSFORMADORES SER EN OPERACIÓN							
Ítem	Nombre SER	Nombre y ubicación	N° IDENTIFICACION METRO	Potencia [kVA]		Alta	Baja
					Grupo	[kV]	[V]
					Conexión		
1	SER L1	Transformador S/ER PP	T14	4500	Dd0	20	599
	Plataforma de pruebas						
	Neptuno						
2	SER L1	Transformador S/ER NP	T13	4500	Dd0	20	599
	Neptuno						
3	SER L1	Transformador S/ER LR	T1	4500	Yd1	20	599
	Las Rejas						
4	SER L1	Transformador S/ER EL	T7	4500	Yd1	20	599
	Estación Central						
5	SER L1		T3	4500	Yd1	20	599

	La Moneda	Transformador S/ER LM					
6	SER L1	Transformador S/ER UC	T9	4500	Yd1	20	599
	Universidad						
	Católica						
7	SER L1	Transformador S/ER HU	T5	4500	Yd1	20	599
	Huelen						
8	SER L1	Transformador S/ER PV	T8	4500	Yd1	20	599
	Pedro de Valdivia						
9	SER L1	Transformador S/ER GO	T12	4500	Yd1	20	599
	El Golf						
10	SER L1	Transformador S/ER EM	T2	4500	Yd1	20	599
	Escuela Militar						
11	SER L2	Transformador S/ER MP	T10	4500	Dd0	20	599
	Mapocho						
12	SER L2	Transformador S/ER PQ	T15	4500	Dd0	20	599
	Parque O'Higgins						
13	SER L2	Transformador S/ER LO	T11	4500	Dd0	20	599
	Lo Ovalle						
1	SER L1	Transformador auxiliar S/ER LR	T402	40	Yz11	20	400
	Las Rejas						
2	SER L1	Transformador auxiliar S/ER EL	T401	40	Yz11	20	400
	Estación Central						

16 ANEXO II- FICHA TÉCNICA DEL TRANSFORMADOR TIPO I 4,5MVA YD1

ANEXO II: FICHA TÉCNICA DEL TRANSFORMADOR TIPO I 4,5MVA Yd1				
Hoja de Datos				
Transformador de Tracción Tipo I Yd1				
Información Técnica Garantizada				
Ítem	Descripción	Unidad	Especificado	Ofrecido
Antecedentes Generales	Fabricante		Por proveedor	
	País		Por proveedor	
	Contacto		Por proveedor	
	Tipo		Por proveedor	
	Cantidad	un	Ocho (8)	
	Modelo		Por proveedor	
	Normas		IEC60076/ EN 50329	
Condiciones ambientales	Altitud	m.s.n.m.	< 1000	
	Tipo de instalación		Interior	
	Temperatura ambiente min / máx		-5°C/45°C	
	Condiciones sísmicas		Según 11.2 Comportamiento Sísmico en SGITS-OPE-010- IB-EN-EFT-0014	

Características Eléctricas				
1	Características Generales			
1.1	Dieléctrico	-	Líquido aislante con punto de ignición mayor a 300 °C	
1.1.1	Enfriamiento sin sobrecargas (4500 KVA)	-	KNAN	
1.1.2	Enfriamiento con sobrecargas	-	KNAN	
1.2	Frecuencia	Hz	50	
1.3	Clase ambiental/climática/fuego	-	Según SGITS-OPE-010-IB-EN-EFT-0014	
1.4	Clase del sistema de aislación	-	H/H	
1.5	Clase de sobrecarga	-	VI (IEC 60146)	
1.6	Grado de protección	IP	N/A	
1.7	Potencia	KVA	4500	
1.8	Sobrecarga admisible 1.5In durante 2 horas	-	Requerido	
1.9	Sobrecarga admisible 3In durante 1 minuto	-	Requerido	
1.10	Eficiencia energética		Por proveedor	
2	Dimensiones y pesos			
2.1	Peso total máximo	kg	<13500	
2.2	Ancho máximo (instrumentos)	mm	<2000	
2.3	Profundidad máxima (terminales)	mm	<2300	
2.4	Altura máxima	mm	<2600	
3	Enrollado primario			
3.1	Material enrollado primario		cobre	
3.2	Conexión	-	Yd1	
3.3	Tensión nominal de aislamiento	kV	24	

3.4	Tensión nominal de servicio (U1)	kV	20	
3.5	Inducción máxima a U1 en la toma central	T	Por proveedor	
3.6	Inducción máxima a 1.1XU1 en la toma central	T	Por proveedor	
3.7	Resistencia Dieléctrica 1 minuto 50Hz	kV	60	
3.8	Resistencia al impulso 1.2/50 μ s	kVcresta	150	
3.9	Toma de ajuste en vacío	%	-7.5/-5/-2.5-0-2.5/5/7.5	
3.10	Conectores AT horizontales	-	Requerido	
4	Enrollado secundario			
4.1	Material enrollado primario		cobre	
4.2	Conexión	-	Yd1	
4.3	Tensión nominal de aislamiento	kV	3.6	
4.4	Tensión nominal de servicio (U2n)	V	599	
4.5	Resistencia Dieléctrica 1 minuto 50Hz	kV	8	
4.6	Resistencia al impulso 1.2/50 μ s	kVcresta	60	
4.7	Tensión de corto-circuito@75°C entre el primario y los dos secundarios en la toma central	%	9% más tolerancias según IEC60076	
4.8	Conectores MT horizontales	-	Requerido	
5	Pérdidas			
5.1	Equipo de bajas perdidas (alta eficiencia energética)		Requerido	
5.2	Pérdidas Totales	W	Por proveedor	
5.3	Perdidas en vacío a U1	W	Por proveedor	
5.4	Perdidas de cobre a I2	W	Por proveedor	
5.5	Perdidas de cobre a 1.5xI2	W	Por proveedor	
5.6	Rendimiento a I2 igual o superior a	%	Igual o > 98.5	
6	Características varias			
6.1	Nivel de ruido acústico en vacío para U1n	dBA	<65	

6.2	Descargas parciales	pC	<10	
6.3	Factor de acoplamiento (factor K)		<0,2	
6.4	Impedancia		9% más tolerancia según IEC60076	
6.5	Cortocircuito a soportar			
6.5.1	Ikss	kArms	>10	
6.5.2	Icc peak	kA	>15	
7	Accesorios			
7.1	Termómetro imagen térmica (Equipo con visor análogo)	un	Uno(1) requerido	
7.2	Temperatura del dieléctrico (Equipo con visor análogo)	un	Uno(1) requerido	
7.3	Nivel magnético del dieléctrico (Equipo con visor análogo)	un	Uno(1) requerido	
7.4	válvula de sobrepresión del dieléctrico	un	Uno(1) requerido (tipo según proveedor)	
7.5	Sondas Pt 100 (uno por cada fase de cada enrollado + uno en el núcleo)	-	Requerido	
7.6	Ruedas desmontables	-	Requerido	
7.7	Anillos o Ganchos para levantar el Transformador	-	4 mínimo	
7.8	Anillos o Ganchos para arrastrar el Transformador	-	4 mínimo	
7.9	Soportes para las gatas	-	Requerido	
7.10	Placa señalética.	-	Requerido	
	Pruebas			
8	Pruebas de Serie doble secundario			
8.1	Medición de resistencia devanados(Yd1)	$\Omega/\Omega/\Omega$	Por proveedor	
8.2	Medición de la relación de transformación (Yd1)	KV/V/V	20/599/599	

8.3	Ensayo de resistencia a frecuencia industrial (Yd1)	KV/KV/KV	50/10/10	
8.4	Ensayo de descargas parciales	pC	<10	
9	Pruebas Tipo (Se podrán entregar certificados del Fabricante)			
9.1	Elevación de temperatura		85°C (según IEC146-1-3, Trafo. Clase H)	
9.2	Pruebas de impulso 1.2/50µs (Yd1)	KV/KV/KV (valores cresta)	150/45/45	
10	Listado de documentos a entregar			
10.1	Listado de Pruebas Tipo		Anexar Listado	
10.2	Protocolo de Pruebas Tipo Realizadas a Equipos Similares		Anexar Protocolos	
10.3	Lista de Pruebas de Rutina y Normas		Anexar Listado	
10.4	Planos de detalle del equipo, incluyendo ruedas, etc. y catálogos		Anexar	
10.5	Certificado de comportamiento ante temperatura, clima y fuego		Anexar	
10.6	Catálogos, folletos, manuales, planos, etc		Indicar	
10.7	Pruebas sísmicas		Anexar certificado	

17 ANEXO III– FICHA TÉCNICA DEL TRANSFORMADOR TIPO II 4,5 MVA DD0

ANEXO III: FICHA TÉCNICA DEL TRANSFORMADOR TIPO II 4,5MVA Dd0				
Hoja de Datos				
Transformador de Tracción Tipo II Dd0				
Información Técnica Garantizada				
Ítem	Descripción	Unidad	Especificado	Ofrecido
Antecedentes Generales	Fabricante		Por proveedor	
	País		Por proveedor	
	Contacto		Por proveedor	
	Tipo		Por proveedor	
	Cantidad	un	Cinco (5)	
	Modelo		Por proveedor	
	Normas		IEC60076/ EN 50329	
Condiciones ambientales	Altitud	m.s.n.m.	< 1000	
	Tipo de instalación		Interior	
	Temperatura ambiente mín / máx		-5°C/45°C	
	Condiciones sísmicas		Según 11.2 Comportamiento Sísmico en SGITS-OPE-010- IB-EN-EFT-0013	
Características Eléctricas				
1	Características Generales			

1.1	Dieléctrico	-	Líquido aislante con punto de ignición mayor a 300 °C	
1.1.2	Enfriamiento sin sobrecargas (4500 KVA)	-	KNAN	
1.1.3	Enfriamiento con sobrecargas	-	KNAN	
1.2	Frecuencia	Hz	50	
1.3	Clase ambiental/climática/fuego	-	Según SGITS-OPE-010-IB-EN-EFT-0014	
1.4	Clase del sistema de aislación	-	H/H	
1.5	Clase de sobrecarga	-	VI (IEC 60146)	
1.6	Grado de protección	IP	IP31	
1.7	Potencia	KVA	4500	
1.8	Sobrecarga admisible 1.5In durante 2 horas	-	Requerido	
1.9	Sobrecarga admisible 3In durante 1 minuto	-	Requerido	
1.10	Eficiencia energética		Por proveedor	
2	Dimensiones y pesos			
2.1	Peso total máximo	kg	<13500	
2.2	Ancho máximo	mm	<2000	
2.3	Profundidad máxima (terminales)	mm	<2300	
2.4	Altura máxima	mm	<2600	
3	Enrollado primario			
3.1	Material enrollado primario		cobre	
3.2	Conexión	-	Dd0	
3.3	Tensión nominal de aislamiento	kV	24	

3.4	Tensión nominal de servicio (U1n)	kV	20	
3.5	Inducción máxima a U1n en la toma central	T	Por proveedor	
3.6	Inducción máxima a 1.1XU1n en la toma central	T	Por proveedor	
3.7	Resistencia Dieléctrica 1minuto 50Hz	kV	60	
3.8	Resistencia al impulso 1.2/50 μ s	kVcresta	150	
3.9	Toma de ajuste en vacío	%	-7.5/-5/-2.5-0-2.5/5/7.5	
3.10	Conectores AT horizontales	-	Requerido	
4	Enrollado secundario			
4.1	Material enrollado primario		cobre	
4.2	Conexión	-	Dd0	
4.3	Tensión nominal de aislamiento	kV	3.6	
4.4	Tensión nominal de servicio	V	599	
4.5	Resistencia Dieléctrica 1 minuto 50Hz	kV	10	
4.6	Resistencia al impulso 1.2/50 μ s	kVcresta	60	
4.7	Tensión de corto-circuito@75°C entre el primario y los dos secundarios en la toma central	%	9% más tolerancias según IEC60076	
4.8	Conectores MT horizontales	-	Requerido	
5	Pérdidas			
5.1	Equipo de bajas perdidas (alta eficiencia energética)		Requerido	
5.2	Perdidas Totales	W	Por proveedor	
5.3	Perdidas en vacío a U1	W	Por proveedor	
5.4	Perdidas de cobre a I2	W	Por proveedor	
5.5	Perdidas de cobre a 1.5xI2	W	Por proveedor	
5.6	Rendimiento a I2 igual o superior a	%	Igual o > 98.5	
6	Características varias			
6.1	Nivel de ruido acústico en vacío para U1n	dBA	<65	

6.2	Descargas parciales	pC	<10	
6.3	Factor de acoplamiento (factor K)		<0,2	
6.4	Impedancia		9% más tolerancia según IEC60076	
6.5	Cortocircuito a soportar			
6.5.1	Ikss	kArms	>10	
6.5.2	Icc peak	kA	>15	
7	Accesorios			
7.1	Termómetro imagen térmica (Equipo con visor análogo)	un	Uno(1) requerido	
7.2	Temperatura del dieléctrico (Equipo con visor análogo)	un	Uno(1) requerido	
7.3	Nivel magnético del dieléctrico (Equipo con visor análogo)	un	Uno(1) requerido	
7.4	válvula de sobrepresión del dieléctrico	un	Uno(1) requerido (tipo según proveedor)	
7.5	Sondas Pt 100 (uno por cada fase de cada enrollado + uno en el núcleo)	-	Requerido	
7.6	Ruedas desmontables	-	Requerido	
7.7	Anillos o Ganchos para levantar el Transformador	-	4 mínimo	
7.8	Anillos o Ganchos para arrastrar el Transformador	-	4 mínimo	
7.9	Soportes para las gatas	-	Requerido	
7.10	Placa señalética.	-	Requerido	
	Pruebas			
8	Pruebas de Serie doble secundario			
8.1	Medición de resistencia devanados(Dd0)	$\Omega/\Omega/\Omega$	Por proveedor	
8.2	Medición de la relación de transformación (Dd0)	KV/V/V	20/599/599	

8.3	Ensayo de resistencia a frecuencia industrial (Dd0)	KV/KV/KV	50/10/10	
8.4	Ensayo de descargas parciales	pC	<10	
9	Pruebas Tipo (Se podrán entregar certificados del Fabricante)			
9.1	Elevación de temperatura		85°C (según IEC 146-1-3. Trafo Clase H)	
9.2	Pruebas de impulso 1.2/50µs (Dd0)	KV/KV/KV (valores cresta)	150/45/45	
10	Listado de documentos a entregar			
10.1	Listado de Pruebas Tipo		Anexar Listado	
10.2	Protocolo de Pruebas Tipo Realizadas a Equipos Similares		Anexar Protocolos	
10.3	Lista de Pruebas de Rutina y Normas		Anexar Listado	
10.4	Planos de detalle del equipo, incluyendo ruedas, etc. y catálogos		Anexar	
10.5	Certificado de comportamiento ante temperatura, clima y fuego		Anexar	
10.6	Catálogos, folletos, manuales, planos, etc		Indicar	
10.7	Pruebas sísmicas		Anexar certificado	

18 ANEXO IV– FICHA TÉCNICA DEL TRANSFORMADOR TIPO III 40 KVA YZ11

ANEXO IV: FICHA TÉCNICA DEL TRANSFORMADOR TIPO III 40 kVA Yz11				
Hoja de Datos				
Transformadores SAF de Estación				
Información Técnica Garantizada				
Ítem	Descripción	Unidad	Especificado	Ofrecido
General	Fabricante	-	Por Proveedor	
	Normas	-	IEC 60076	
	Cantidad	un	Dos (2)	
Condiciones ambientales	Altitud	m.s.n.m.	<1000	
	Tipo de instalación	-	Interior	
	Temperatura ambiente mínima	°C	-5	
	Temperatura ambiente máxima	°C	45	
	Condiciones sísmicas	-	Según 11.2 Comportamiento Sísmico en SGITS-OPE-010-IB-EN-EFT-0013	
Características Generales				
1.1	Potencia nominal Transformador Taller	kVA	40	
1.2	Grupo de conexión	-	Yz11	
1.3	Dieléctrico	-	Líquido aislante con punto de ignición mayor a 300 °C	
1.4	Enfriamiento	-	KNAN	
1.5	Clase ambiental/climática/fuego	-	Según SGITS-OPE-010-IB-EN-EFT-0014	

1.6	Clase de aislamiento	-	F/F	
1.7	IP		IP31	
1.8	Material enrollados primario/secundario	-	Cobre/Cobre	
1.9	Peso total estimado	kg	Por Proveedor	
1.10	Ancho	mm	<610	
1.11	Profundidad	mm	<750	
1.12	Altura	mm	<970	
1.13	Envolvente	-	Gabinete Metálico	
Enrollado primario				
2.1	Clase de aislación	kV	24	
2.2	Tensión nominal de servicio	kV	20 ± 2x2,5%	
2.3	Resistencia dieléctrica	kV	50	
	1 min-50 Hz			
2.4	Resistencia al impulso 1.2 /50 µs	kV _{peak}	125	
Enrollado secundario				
3.1	Clase de aislación	kV	3.6	
3.2	Tensión nominal de servicio	V	400/231	
3.3	Corriente nominal	A	Por Proveedor	
3.4	Resistencia dieléctrica	kV	8	
	1 minuto - 50 Hz			
3.5	Resistencia al impulso 1.2 /50 µs	kV _{peak}	40	
3.6	Tensión de corto-circuito@75°C	%	Entre 4 y 6	
Características varias				
4.1	Rendimiento a corriente nominal	%	Por Proveedor	
4.2	Nivel de ruido acústico en vacío a tensión nominal	dB A	< 48	
4.3	Descargas parciales	pC	< 10	
4.4	Neutro del secundario	-	Accesible, para poner a tierra	
4.5	Eficiencia energética		Requerido	

4.5	Perdidas Totales Transformador	W	Por Proveedor	
4.6	Cortocircuito a soportar		4.6	
4.6.1	Ikss	kArms	>10	
4.6.2	Icc peak	kA	>15	
Accesorios				
5.1	Sondas Pt 100+Central de alarmas	-	no	
5.2	Ruedas	-	Si	
5.3	ganchos de izaje	un	2	
5.4	ganchos de arrastre	un	2	
5.5	Soportes para gatas	-	Sí	
5.6	Placa señalética	-	Sí	
Información técnica adicional				
6.1	Listado y protocolo de pruebas tipo en equipos similares	-	Anexar Protocolos	
6.2	Lista de pruebas de rutina	-	Anexar Listado	
6.3	Planos de detalle de equipos similares incluyendo ruedas, etc. y catálogos	-	Anexar	
6.4	Pruebas de acuerdo a Especificación técnica	-	Si	

19 ANEXO V– LISTADO DE ALARMAS GABINETE CONTROL TIPO I Y TIPO II

ANEXO V– LISTADO DE ALARMAS GABINETE CONTROL TIPO I Y TIPO II			
N°	Descripción	Tipo señal	Avería en SCADA
Transformadores SER 4,5MVA			
1	1° Umbral de temperatura	TKA	Sin información
2	2° Umbral de temperatura	TKA	Avería ligera
3	3 ^{er} Umbral de temperatura	TC	Avería grupo
4	Temperatura dieléctrico	TKA	Avería ligera
5	Alarma nivel dieléctrico	TKA	Avería ligera
6	Sobrepresión	TC	Avería grupo
TKA:	Telecontrol alarma, Alarmas o fallas en los aparatos		
TC:	Telecomando, orden de apertura o cierre		

20 ANEXO VI- LISTADO DE ENTREGABLES E INFORMACIÓN REQUERIDA PARA LA OFERTA Y ADJUDICACIÓN

ANEXO VI- LISTADO DE ENTREGABLES E INFORMACIÓN REQUERIDA PARA LA OFERTA Y ADJUDICACIÓN		
PLANOS Y DATOS REQUERIDOS	CON LA COTIZACIÓN	CERTIFICADOS
DESCRIPCION	REQUERIDO	ADJUDICADO
Programa de suministros, fabricación, y otros, inc. hitos de control	E	
Listado de pruebas de rutina efectuadas a los equipos	E	
Listado de pruebas adicionales posibles de efectuar	E	
Pruebas en fábrica		R
Informe resultado de pruebas		R
Peso del equipo completo en el transporte		E
Peso del equipo completo para instalación		E
Informe preparación de superficie para pintura y terminaciones		E
Cálculo de los equipos		E
Hoja de datos completadas	E	E
Curvas de rendimientos y datos característicos	E	E
Información de catálogos, etc.	E	E
Inspección en fábrica		R
Planos de dimensiones generales	E	D
Planos de corte		D
Planos de fundaciones y esfuerzos		D
Planos de disposición de elementos e instrumentos		D
Diagramas unilineales		D
Diagramas elementales de control tipo		D
Diagramas elementales y conexiónados finales		D
Listado de equipos eléctricos e instrumentos	E	E
Listado de planos a entregar	E	E
Repuestos recomendados para la puesta en marcha	E	E
Repuestos recomendados para un año de operación	E	E
Manual de operación y mantención		E + D
Manual de instalación		E+ D
Formulario de desviación respecto a la oferta	E	
E = Informe en Español		
D = Archivo electrónico en CAD		
R = Reporte de fábrica		