

1. OBJETIVO

Esta especificación técnica tiene por objeto establecer los requisitos generales que deben cumplir el suministro, inspección, pruebas y puestas en servicio de las resistencias utilizadas para puesta a tierra del neutro en redes media tensión, que son suministradas al Grupo Saesa, en adelante el Cliente.

El suministro debe incluir el equipamiento completo de las resistencias, con todos los componentes y accesorios necesarios para su instalación, puesta en servicio y operación.

Las resistencias deberán ser fabricadas de acuerdo con lo establecido en la presente especificación y en sus documentos Anexos.

2. NORMAS APLICABLES

Se deberán aplicar en este suministro las últimas revisiones de las siguientes normas:

- IEEE-32-STD: Standard requirements, terminology, and test procedures for neutral grounding devices.
- IEC 60529: Degrees of protection provided by enclosures (IP Code).
- IEC 60273: Characteristic of indoor and outdoor post insulators for systems with nominal voltages greater than 1000 V.
- IEC 60294: Common specifications for high-voltage switchgear and controlgear standards.
- Decreto N° 109: Reglamento de seguridad de las instalaciones eléctricas destinadas a la producción, transporte, prestación de servicios complementarios, sistemas de almacenamiento y distribución de energía eléctrica. Pliegos Técnicos RPTD, Norma nacional.
- Decreto N° 298: Reglamento para la certificación de productos eléctricos y combustibles. Ministerio de Economía; Fomento y Reconstrucción; Subsecretaría de Economía; Fomento y Reconstrucción.
- Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio, CNE, última versión.
- ETGI-1020 - Especificaciones técnicas generales - Requisitos de diseño sísmico para equipo eléctrico.
- Anexo Técnico: Información Técnica de Instalaciones y Equipamiento, CNE, última versión.

2.1. ACCIÓN SÍSMICA.

Para Grupo Saesa será aplicable la especificación ETG-1020, para dar cumplimiento a la norma técnica chilena.

3. REQUERIMIENTOS DE CALIDAD

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 las siguientes Normas:

- ISO 9001: Sistemas de calidad: Modelo de garantía de calidad en diseño, producción, instalación y servicio.

Además, idealmente deberá contar con la siguiente certificación de gestión ambiental:

- ISO 14001: Sistemas de gestión ambiental - Modelo de mejoramiento continuo y prevención de la contaminación, cumplimiento de la reglamentación ambiental.

El Cliente se reserva el derecho de verificar los procedimientos y la documentación relativa a la fabricación de las resistencias, y el fabricante se obliga a poner a su disposición estos antecedentes.

PROYECTÓ	M. GUTIERREZ T.		ESPECIFICACIONES TÉCNICAS RESISTENCIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL NEUTRO DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA	E-SE-014 REV. 1
ACTUALIZÓ	.			
APROBÓ	.			
DISEÑÓ				FECHA: DIC 2023 LAM. 1 DE 9

4. CONDICIONES DE SERVICIO

4.1. CONDICIONES AMBIENTALES.

En general, las resistencias deberán suministrarse para operar satisfactoriamente en ambiente interior o exterior bajo las condiciones de servicio de la Tabla 1.

Tabla 1 Características Ambientales

Característica	STM
Altitud maxima (m)	< 1000
Temperatura ambiente Min/Max ($^{\circ}\text{C}$)	- 10 / + 40
Nivel de Humedad	IEC 60694
Nivel contaminación (IEC 60815)	Medio (II)
Actividad sísmica	Sí

Según la tabla anterior, las resistencias funcionarán de acuerdo con las condiciones normales de servicio indicadas en la norma IEC 60694 para equipos de tipo interior o exterior, con excepción de las siguientes condiciones que el fabricante debe tener en consideración los equipos suministrados a Saesa deben cumplir con los requerimientos sísmicos exigidos por la norma ETG-1020.

4.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS

En la siguiente Tabla 2 se indican las características generales de los sistemas eléctricos de media tensión y servicios auxiliares.

Tabla 2 Características generales de los sistemas eléctricos

CARACTERÍSTICA	STM
Tensión nominal sistema (kV)	
MT1	23,5
MT2	12,5
Clase de Tensión (kV)	
MT1	$\geq 26,4$
MT2	17,5
BIL MT (kV)	
MT1	≥ 145
MT2	95
Frecuencia (Hz)	50

5. DESIGNACIÓN

Se solicita una resistencia de puesta a tierra para una intensidad de 1000 A.

PROYECTÓ	M. GUTIERREZ T.		ESPECIFICACIONES TÉCNICAS RESISTENCIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL NEUTRO DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA	E-SE-014 REV. 1
ACTUALIZÓ	.			
APROBÓ	.			FECHA: DIC 2023 LAM. 2 DE 9
DISEÑÓ				

Las tensiones consideradas serán las indicadas en la Tabla 3.

6. CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES

6.1. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO

En funcionamiento normal y en condiciones ideales, la corriente a través de la resistencia debería ser nula, sin embargo, ésta puede estar recorrida por una pequeña corriente debida a posibles desequilibrios de las capacidades entre cada fase y tierra.

Además, en caso de un defecto muy resistente entre fase y tierra puede mantenerse, permanentemente, un determinado valor de corriente.

Cuando aparezca un defecto franco, entre fase y tierra, cercano al transformador, la resistencia deberá soportar, hasta la actuación de las protecciones, una corriente próxima al valor limitado por la propia resistencia de puesta a tierra.

6.2. TENSIÓN MÁXIMA

La tensión máxima U_{max} , de la resistencia, correspondiente a cada una de las tensiones máximas de la red de MT, viene dada en la tabla siguiente:

Tabla 3 Tensión máxima

Cliente	Tensión nominal de la red (kV)	Tensión máxima de la red $U_{máx}$ (kV)
Saesa	12,5	17,5
	23,5	26,4

6.3. RESISTENCIA

El valor de la resistencia, en función de la tensión asignada y del valor de la intensidad de defecto asignada (ver sección 6.5), será uno de los que figuran en la siguiente tabla:

Tabla 4 Valores de resistencia

Cliente	Tensión máxima de la red $U_{máx}$ (kV)	Resistencia (ohmios)
		$I_{def} = 1000 \text{ A}$
Saesa	17,5	7,0
	26,4	12,5

El valor de la resistencia medida en corriente continua a la temperatura de 20° C, estará comprendida entre el 95 y 105 % del valor nominal.

La impedancia medida en corriente alterna a frecuencia industrial (50 Hz), no será superior en más de un 2 % al valor de la resistencia medida en corriente continua.

En el caso que exista un estudio al respecto se podrá ocupar un valor diferente a los indicados en la Tabla 4.

PROYECTÓ	M. GUTIERREZ T.		ESPECIFICACIONES TÉCNICAS RESISTENCIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL NEUTRO DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA	E-SE-014 REV. 1
ACTUALIZÓ	.			
APROBÓ	.			
DISEÑO				FECHA: DIC 2023 LAM. 3 DE 9

6.4. CORRIENTE PERMANENTE NOMINAL

Se define como la corriente permanente nominal, al máximo valor que puede circular permanentemente por la resistencia.

6.5. CORRIENTE DE FALLA NOMINAL

Se define como la corriente de falla nominal al valor al cual la resistencia limitará la corriente en caso de una falla franca entre una fase de la red y tierra.

El valor normalizado será 1000 A.

La duración máxima de esta corriente de defecto será de 10 segundos.

6.6. NIVEL DE AISLAMIENTO

El nivel de aislamiento será:

Tabla 5 Nivel de aislamiento (IEC-60694)

Cliente	Tensión nominal de la red (kV)	Tensión más elevada para el equipo (kV) ($U_{max}/\sqrt{3}$)	Tensión soportada a frecuencia industrial (kV)	Tensión soportada a impulso tipo rayo (kV)
Saesa	12,5	12	28	75
	23,5	17,5	38	95

6.7. CALENTAMIENTO

Considerando una temperatura ambiente no superior a 40° C y una vez conseguida la estabilización de la temperatura, al circular la corriente permanente nominal, la aplicación de la corriente de falla nominal durante 10 segundos, no deberá producir una elevación de temperatura mayor a 760 °C en el punto más caliente de la resistencia.

PROYECTÓ	M. GUTIERREZ T.		ESPECIFICACIONES TÉCNICAS RESISTENCIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL NEUTRO DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA	E-SE-014 REV. 1
ACTUALIZÓ	.			
APROBÓ	.			
DISEÑÓ				FECHA: DIC 2023 LAM. 4 DE 9

7. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

7.1. GENERALIDADES

La resistencia, formada por unidades de resistencia, se dispondrá montada en una envolvente metálica.

La entrada o conexión al neutro se realizará por la parte superior mediante cable de MT y la salida o conexión a tierra por la parte inferior.

7.2. UNIDADES DE RESISTENCIA

Las unidades de resistencia poseerán las características constructivas establecidas en las secciones siguientes.

7.2.1. Constitución

Las unidades de resistencia estarán formadas por parrillas de acero inoxidable estampado, unidas entre sí mediante soldadura por puntos. El conjunto de las parrillas, separadas mediante distanciadores aislantes, estará soportado y unido al chasis mediante espárragos de acero aislados. Deberá preverse los dispositivos adecuados para evitar que la dilatación de las parrillas cause deformaciones que provoquen contacto entre ellas.

Se admitirá una fijación rígida siempre que los ensayos correspondientes demuestren que no pueden producirse las deformaciones anteriormente mencionadas.

7.2.2. Parte activa

El metal constitutivo de las parrillas será AIS 430 ó de características similares. Dada su instalación a la intemperie, debe presentar una buena resistencia a la corrosión, incluso en las zonas de soldadura.

El coeficiente de temperatura del material utilizado debe permitir que la resistencia cumpla con lo especificado en el apartado 6.3.

7.2.3. Aislantes

Los distanciadores y demás elementos aislantes utilizados en la construcción de la resistencia deberán ser capaces de soportar, sin disminución de sus características mecánicas ni dieléctricas, las máximas temperaturas que pueden alcanzarse en el funcionamiento de la resistencia.

7.2.4. Elementos estructurales

El bastidor, espárragos, arandelas, tuercas, posibles dispositivos de dilatación, etc., resistirán los calentamientos y esfuerzos que aparezcan durante el funcionamiento.

Todas las partes férrreas estarán protegidas por recubrimiento de cinc en caliente, a excepción de la tornillería que será de acero inoxidable.

PROYECTÓ	M. GUTIERREZ T.		ESPECIFICACIONES TÉCNICAS RESISTENCIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL NEUTRO DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA	E-SE-014 REV. 1
ACTUALIZÓ	.			
APROBÓ	.			FECHA: DIC 2023 LAM. 5 DE 9
DISEÑÓ				

7.3. ENVOLVENTE METÁLICA

La envolvente metálica estará constituida por chapa galvanizada, adecuada para su instalación a la intemperie, con un grado de protección IP23, Según la norma IEC 60529.

Las cuatro paredes metálicas de la envolvente serán fácilmente desmontables y la pared frontal será una puerta con los correspondientes elementos de apertura y cierre. Todo el conjunto estará ensamblado de manera consistente, de forma que ofrezca garantías suficientes para su transporte y manipulación mediante grúas, etc. Para las operaciones de transporte e instalación se dispondrá de cuatro cáncamos, con un diámetro mínimo de 40 mm, colocados equidistantemente en el techo de la envolvente.

7.4. DIMENSIONES

Las dimensiones serán propuestas por el proveedor, por medio de la entrega de un plano dimensional en el que se señalaran las características técnicas principales (eléctricas y mecánicas) y la ubicación del centro de masa. En caso de ser requeridas dimensiones específicas, estas serán las informadas oportunamente por el cliente.

7.5. ATRAVESADORES

La entrada y salida de las conexiones se realizará a través de prensaestopas o pasamuro, tipo exterior – interior, de 400 A de intensidad asignada. El nivel de aislamiento será el correspondiente según la tabla del apartado 6.6. En el caso de prensaestopas la conexión deberá ser realizada con Cable aislado.

7.6. AISLADORES

Los bloques unitarios que componen el total de la resistencia estarán aislados del bastidor de la envolvente metálica mediante aisladores de apoyo de tipo interior, correspondientes al nivel de aislamiento del apartado 6.6 y cumplirán la norma IEC 60273.

7.7. PINTURA

La pintura exterior de la envolvente metálica deberá resistir, sin deteriorarse, bajo las condiciones atmosféricas para servicio permanente a la intemperie, en el ambiente indicado en el párrafo 4.1 “Condiciones ambientales”.

La pintura deberá aplicarse considerando las mejores técnicas y con pinturas de reconocida calidad.

Para las envolventes metálicas se aplicarán las siguientes exigencias al proceso de pintura:

- Deberá cumplir con las exigencias de resistencia a la humedad y a la niebla salina en condiciones normales por sobre 250 horas, (ensayos de acuerdo con las normas ASTM B117 y D2247). Asimismo, deberá resistir un impacto mínimo de 6 cm-kg (ensayos de acuerdo a la norma ASTM D2794), y los efectos del transporte marítimo desde la fábrica.
- El espesor de la pintura deberá tener como mínimo un promedio de 150 micrómetros.
- La adherencia de la pintura deberá ser similar o mejor a la estipulada como clase 3 en la norma ASTM D3359.
- Se deberán confeccionar chapas de muestra (testigos).

PROYECTÓ	M. GUTIERREZ T.		ESPECIFICACIONES TÉCNICAS RESISTENCIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL NEUTRO DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA	E-SE-014 REV. 1
ACTUALIZÓ	.			
APROBÓ	.			FECHA: DIC 2023 LAM. 6 DE 9
DISEÑÓ				

El fabricante deberá realizar pruebas y ensayos a las chapas de muestra, pintadas con el mismo procedimiento que se pinte el transformador, con el propósito de garantizar que ésta cumple con todos los requerimientos de duración, adherencia y resistencia al impacto, de acuerdo con las normas ASTM correspondientes.

7.8. CONEXIONADO

El conexionado entre los elementos individuales, para constituir el conjunto completo, se realizará mediante pletinas de cobre estañado.

7.9. PUESTA A TIERRA

La envolvente dispondrá de dos bornes de puesta a tierra, situados en la parte inferior derecha de las dos caras de mayor dimensión.

8. PLACA DE CARACTERÍSTICAS

La resistencia objeto de esta norma irá provista de una placa de características constituida por una plancha de acero inoxidable, de dimensiones 105 x 148 mm y espesor mínimo 1 mm, en la que estarán grabadas, en forma inalterable, las siguientes indicaciones:

- Nombre y marca del fabricante.
- Número y fecha de fabricación.
- La designación según el capítulo 2 de esta Norma.
- Tensión más elevada del equipo.
- Valor de la resistencia.
- Corriente permanente nominal.
- Intensidad de falla nominal, en 10 segundos.
- Nivel de aislamiento.

9. ENSAYOS

9.1. ENSAYOS DE TIPO

Se efectuarán sobre una muestra de las resistencias que compongan el pedido, comprendiendo los ensayos indicados en los apartados siguientes.

9.1.1. Determinación del coeficiente de temperatura del metal

Se realizará sobre una muestra del material empleado. El valor obtenido se utilizará para referir a 20° C los valores de resistencia obtenidos a temperatura ambiente.

9.1.2. Medición de la resistencia y la impedancia

El valor de la resistencia se medirá, con corriente continua, a una temperatura comprendida entre 10 °C y 40° C.

El valor de la resistencia a 20° C se calculará a partir del resultado de esta medición y con la ayuda del coeficiente determinado en el apartado anterior. El resultado deberá verificar la condición establecida en el apartado 6.3 de esta Norma.

La impedancia se medirá con una corriente de 50 ó 60 Hz. El resultado, referido a 20° C, debe verificar

PROYECTÓ	M. GUTIERREZ T.		ESPECIFICACIONES TÉCNICAS RESISTENCIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL NEUTRO DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA	E-SE-014 REV. 1
ACTUALIZÓ	.			
APROBÓ	.			
DISEÑÓ				FECHA: DIC 2023 LAM. 7 DE 9

la condición establecida en el apartado 6.3 de esta Norma.

9.1.3. Ensayo de calentamiento

Se realizará sobre un prototipo cuya formación (número de parrillas) vendrá determinada por la disponibilidad (tensión y potencia) del laboratorio de ensayo.

Mediante un ensayo preliminar, que será de duración muy inferior a los 10 segundos, se determinará el tiempo t que necesitaría la resistencia para alcanzar, con la intensidad de defecto asignada, la temperatura media que tendría, en un ambiente de 40° C.

Fría la resistencia, se hará circular la intensidad de defecto asignada durante $t + 10$ segundos.

El calentamiento de las zonas de mayor densidad de corriente, medido mediante termopares o similar, no deberán superar los valores establecidos en el apartado 6.7 de esta Norma.

Ningún elemento de la resistencia deberá sufrir daño alguno ni deformaciones permanentes y las posibles deformaciones transitorias de las parrillas no deberán provocar el contacto con las adyacentes.

Posteriormente a este ensayo de calentamiento y para controlar sus efectos, se realizará un ensayo de tensión soportada a frecuencia industrial.

9.2. ENSAYOS INDIVIDUALES

Se realizarán sobre cada una de las resistencias que componen el pedido, y serán:

- Medición de la resistencia en corriente continua.
- Ensayo de tensión soportada a frecuencia industrial.

10. RECEPCIÓN

Los ensayos de recepción se efectuarán en los laboratorios del fabricante, extendiéndose el correspondiente protocolo para cada una de las resistencias y cumplimentando el cuestionario que figura en el Anexo 1 de esta Norma.

PROYECTÓ	M. GUTIERREZ T.		ESPECIFICACIONES TÉCNICAS RESISTENCIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL NEUTRO DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA	E-SE-014 REV. 1
ACTUALIZÓ	.			
APROBÓ	.			FECHA: DIC 2023 LAM. 8 DE 9
DISEÑÓ				

11. ANEXO 1: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GARANTIZADAS

CARACTERÍSTICAS RESISTENCIA	Unidad	Valores Garantizados	Valores Ofertados
Funcionales			
Servicio	--	Exterior	
Tensión asignada	[kV]	Tabla 3	
Resistencia	[Ω]	Según Tabla 4, ETC	
Corriente permanente nominal	[A]	25	
Corriente de falla nominal	[A]	1000	
Tensión más elevada para el material	[kV]	Tabla 3	
Nivel de aislamiento	[kV]	Tabla 5	
Constructiva			
Unidades de resistencia	--	Según ETC	
Envoltorio metálica	--	Según ETC	
Atravesadores	--	Según ETC	
Aisladores	--	Según ETC	
Conexión	--	Según ETC	
Puesta a tierra	--	Según ETC	
Placa característica	--	Según ETC	
Peso [kg]	--	Inf. Fabricante	
Plano dimensional	--	Inf. Fabricante	
Ensayos Tipo			
Determinación coeficiente de temperatura	--	Según ETC	
Medición de resistencia e impedancia	--	Según ETC	
Calentamiento	--	Según ETC	
Ensayos individuales			
Medición de la resistencia	--	Según ETC	
Tensión soportada a frecuencia industrial	--	Tabla 5	

PROYECTÓ	M. GUTIERREZ T.		ESPECIFICACIONES TÉCNICAS RESISTENCIA PARA LA PUESTA A TIERRA DEL NEUTRO DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA	E-SE-014 REV. 1
ACTUALIZÓ	.			
APROBÓ	.			FECHA: DIC 2023 LAM. 9 DE 9
DISEÑÓ	.			