

INFORME DE CUMPLIMIENTO HITO  
RELEVANTE N°3

“VERIFICACIÓN DE EQUIPOS EN FÁBRICA Y  
CALIFICACIÓN SÍSMICA”

DECRETO EXENTO 185 DE 2020

NUEVA S/E LA LIGUA 220 kV

---

SUBGERENCIA DE LICITACIONES DE TRANSMISIÓN

Departamento de Control y Supervisión de Obras

## CONTROL DOCUMENTAL

### APROBADO POR

Revisión	Aprobado por	Cargo
1	Sergio Ortiz Orrego	Subgerente de Licitación de Transmisión
1	Cristina Rosales Lepe	Jefa Departamento de Control y Supervisión de Obras Coordinador Eléctrico Nacional

### REVISADO POR

Revisión	Revisado por	Cargo
1	Roger Rojas G.	Ingeniero de Control y Supervisión de Obras Coordinador Eléctrico Nacional

### REALIZADO POR

Revisión	Realizado por	Cargo
0	Raúl Rendic Davis	Auditor Área Eléctrica, Ancare Energy SpA

## REGISTRO DE CAMBIOS

Fecha	Autor	Revisión	Descripción del Cambio
23-08-2024	Alejandro Flores R.	A	Versión Preliminar
03-09-2024	Alejandro Flores R.	B	Recoge Comentarios Coordinador Eléctrico Nacional
05-09-2024	Alejandro Flores R.	0	Emitido para Publicación
11-09-2024	Roger Rojas G	1	Incorporación de comentarios

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>1</b>	<b>ALCANCE DEL PROYECTO.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIPCION DEL HITO RELEVANTE N°3 .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>REVISIÓN DE DOCUMENTOS.....</b>	<b>6</b>
3.1	PRUEBAS DE EQUIPOS .....	6
3.2	VERIFICACIÓN DE LOS DOCUMENTOS DE APROBACIÓN DE LA CALIFICACIÓN SÍSMICA DE LOS EQUIPOS .....	18
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONES Y COMENTARIOS GENERALES .....</b>	<b>21</b>
	<b>ANEXO 1: CARTA SOLICITUD MODIFICACIÓN HITO RELEVANTE N°3.....</b>	<b>22</b>
	<b>ANEXO 2: CARTA APROBACIÓN MODIFICACIÓN HITO RELEVANTE N°3.....</b>	<b>22</b>
	<b>ANEXO 3: INFORMES ENSAYOS/PRUEBAS .....</b>	<b>22</b>
	<b>ANEXO 4: LISTADO DE PRUEBAS DE RUTINA (FAT) .....</b>	<b>22</b>
	<b>ANEXO 5: REPORTES DE PRUEBAS TIPO.....</b>	<b>23</b>
	<b>ANEXO 6: CALIFICACIÓN SÍSMICA DE LOS EQUIPOS AT .....</b>	<b>24</b>

## 1 ALCANCE DEL PROYECTO

---

El proyecto consiste en la construcción de una nueva subestación denominada La Liga, para el seccionamiento de las líneas 2x220 kV Nogales - Los Vilos y 1x110 kV Quínquimo Cabildo, con sus respectivos paños de línea. A su vez, el proyecto considera la instalación de un transformador de 220/110 kV, 90 MVA con Cambiador de Derivación Bajo Carga (CDBC), con sus respectivos paños de transformación en ambos niveles de tensión, y la instalación de un transformador de 110/23 kV, 30 MVA con Cambiador de Derivación Bajo Carga (CDBC), con sus respectivos paños de transformación en ambos niveles de tensión.

Además, el proyecto considera que la configuración del patio de 220 kV de la subestación La Liga corresponderá a interruptor y medio, con capacidad de, al menos, 500 MVA con 75°C en el conductor y 35°C temperatura ambiente con sol, donde se deberán construir cuatro paños para el seccionamiento de la línea mencionada, un paño para el transformador y espacio en barra y plataforma disponible para dos diagonales. Por su parte, la configuración del patio de 110 kV de la subestación La Liga corresponderá a barra principal y barra de transferencia, con capacidad de, al menos, 300 MVA, con 75°C en el conductor y 35°C temperatura ambiente con sol, donde se deberán construir dos paños para el seccionamiento de la línea de 110 kV mencionada, un paño para el transformador, un paño acoplador y un paño para el transformador de retiro.

Adicionalmente, el proyecto considera la construcción de un patio en 23 kV, en configuración barra simple, contemplándose un paño para la conexión del transformador, tres paños para alimentadores, un paño para transformadores de medida y un paño para la conexión de los servicios auxiliares de la subestación.

El proyecto contempla todas las tareas, labores y obras necesarias para evitar interrupciones en el suministro a clientes regulados, debiendo considerarse para ello una secuencia constructiva que evite o minimice dichas interrupciones.

El proyecto incluye también todas las obras, modificaciones y labores necesarias para la ejecución y puesta en servicio de las nuevas instalaciones, tales como adecuaciones en los patios respectivos, adecuación de las protecciones, comunicaciones, SCADA, obras civiles, montaje, malla de puesta a tierra y pruebas de los nuevos equipos, entre otras.

La subestación se deberá emplazar dentro de un radio de 4 kilómetros desde la intersección de las líneas a seccionar. La disposición de los edificios, equipos, estructuras y otros elementos que conformen la subestación, deberá permitir que las expansiones futuras se realicen de manera adecuada, haciendo posible el ingreso ordenado y sin interferencias de futuras líneas y circuitos, evitando generar espacios ciegos que impidan la plena utilización de las barras.

Será responsabilidad del adjudicatario asegurar la compatibilidad tecnológica de los equipos utilizados en la ejecución del proyecto, de las instalaciones, y de la disposición de los equipos en la subestación, de manera tal de posibilitar futuras ampliaciones de la subestación, así como también el cumplimiento de lo dispuesto en la normativa vigente en relación con el acceso abierto a las instalaciones de transmisión.

## **2 DESCRIPCIÓN DEL HITO RELEVANTE N°3**

---

Según lo establecido en las Bases de Licitación para la Adjudicación de los Derechos de Explotación y Ejecución de las Obras Nuevas Contempladas en el Decreto Exento N° 185 de 2020 Del Ministerio de Energía y el decreto que fija los derechos y condiciones de explotación de la obra “Nueva S/E La Ligua”, contempladas en el Decreto Exento N° 15T de 2021 del Ministerio de Energía, de fecha 14 de abril de 2022 el Hito Relevante N°3 “Verificación de Equipos en Fábrica y Calificación Sísmica”, corresponde a:

La verificación, por parte de la auditoría técnica, del informe final de pruebas en fábrica de los equipos mayores del proyecto, tales como interruptores, desconectores, bushings y aisladores, transformadores de poder, filtros, transformadores de medida, pararrayos, entre otros, los cuales deben cumplir con las características técnicas establecidas en órdenes de compra, las normas aplicables y lo establecido en las bases de licitación.

Los tipos y cantidades de ensayos en fábrica, sus normas y laboratorios a considerar, así como la cantidad y equipos a ensayar considerados para el cumplimiento del hito serán determinados con base en la norma de fabricación de los referidos equipos. Los costos asociados a los ensayos y pruebas serán íntegramente responsabilidad y cargo del adjudicatario.

El Auditor Técnico verificará el cumplimiento del Hito mediante la recepción conforme de los documentos que contienen la verificación y aprobación por el Adjudicatario de las pruebas sobre los equipos.

El Coordinador aprueba el cumplimiento del Hito, considerando el informe de verificación de cumplimiento entregado por el Auditor Técnico conforme al párrafo anterior y su propia verificación de los documentos de aprobación de la calificación sísmica de los equipos aprobada por el experto sísmico del Adjudicatario. Los costos asociados a los ensayos y pruebas serán íntegramente de responsabilidad y cargo de cada Adjudicatario.

Este Hito deberá cumplirse a más tardar 720 días corridos siguientes, contados desde la publicación del Decreto Supremo 15T en el Diario Oficial. De acuerdo con el cronograma vigente del Proyecto la fecha establecida para el cumplimiento del Hito Relevante N°3 corresponde al 03 de abril de 2024.

El adjudicatario Edelnor Transmisión S.A. (“EDELNOR”) (continuador legal de Engie Energía Chile S.A.), considerando que el Hito Relevante N°3 “Verificación de Equipos” se encontraba programado para el 03.04.2024, decidió solicitar al Coordinador Eléctrico Nacional a través de su carta EDT N°013/2024 del 16.02.2024 (anexo N°1), la modificación de la fecha de ese Hito Relevante en 66 días corridos, proponiendo como nueva fecha para el cumplimiento del Hito Relevante N°3 el 08 de junio de 2024. Luego de realizar una evaluación de los antecedentes expuestos por EDELNOR, mediante comunicación DE02147-24 de fecha 24 de mayo de 2024 (anexo N°2), el Coordinador Eléctrico Nacional resolvió aprobar la solicitud de modificación del Hito Relevante N°3 programado originalmente para el 03 de abril de 2024, estableciéndose la nueva fecha de cumplimiento para el 08 de junio de 2024.

### **3 REVISIÓN DE DOCUMENTOS**

#### **3.1 PRUEBAS DE EQUIPOS**

La entrega de los protocolos de pruebas FAT y de tipo de los equipos primarios, así como los estudios de calificación sísmica se realizó vía formal al Coordinador en carta de Edelnor Transmisión S.A. EDTN°021/2024 de fecha 10 abril 2024.

**Tabla 3.1: Entrega de informe de Prueba/Estudio**

<b>Equipo</b>	<b>Prueba/Estudio</b>	<b>Carta con la que se formaliza la entrega</b>
<p><b>Nivel 220 kV:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Transformador de potencia</li> <li>* Equipo GIS</li> <li>* Transformador de Potencial Capacitivo</li> <li>* Pararrayos</li> </ul> <p><b>Nivel 110 kV:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Transformador de potencia</li> <li>* Equipo GIS</li> <li>* Transformador de Tensión Capacitivo</li> <li>* Pararrayos</li> </ul>	<p>Pruebas FAT</p> <p>Pruebas tipo</p> <p>Pruebas especiales</p> <p>Calificación sísmica.</p>	<p>EDT N° 021/2024, 10 abril 2024, Edelnor Transmisión S.A.</p>

La cantidad de equipos, nombre del fabricante y origen, modelo y número de serie de los equipos suministrados para el proyecto se muestran en la tabla 3.2.

**Tabla 3.2: Equipos de alta tensión del proyecto.**

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Fabricante</b>	<b>Modelo</b>	<b>N° de serie</b>
Transformador de potencia 220/110/23 kV, 90/90/30 MVA con CDBC	1	Nantong Hyosung Transformer Co., Ltd., China	3 windings/core type	10185096-1
Equipo GIS 245 kV, Bahía 201.	1	Hyosung T&D India PVY.Ltd, Pune, India	HSG-305B	10185206_0001

Equipo	Cantidad	Fabricante	Modelo	N° de serie
Transformador de potencial capacitivo 245 kV	15	Jiangsu Sieyuan Hertz Instrument Transformer Co.,Ltd. China	TYD-220	31101154
Pararrayos 220 kV	15	Tridelta Meidensha GmbH, Hermsdorf, Alemania	SB 198/SH-A-I	388319-388333
Transformador de potencia 110/23 kV, 24/30 MVA con CDBC	1	Nantong Hyosung Transformer Co., Ltd., China	2 windings/core type	10185096-2
Equipo GIS 145 kV, bahía 101	1	Hyosung T&D India PVY.Ltd, Pune, India	HSG 144D	10185207_0007
Transformador de potencial capacitivo, 123 kV	6	Jiangsu Sieyuan Hertz Instrument Transformer Co.,Ltd. China	TYD-110	422310146
Pararrayos 110 kV	12	Tridelta Meidensha GmbH, Hermsdorf, Alemania	SB 96/SH-A-0	388307-388318

La tabla 3.3 muestra las normas de las pruebas realizadas, el laboratorio y detalle de las pruebas FAT y el número de muestras de las pruebas. Se deja constancia de los casos en que se realizan pruebas especiales en los transformadores de potencia. Todos los resultados de las pruebas fueron aprobados.

Todos los protocolos y estudios se entregaron al Coordinador con la carta EDT N° 021/2024, 10 abril 2024 de Edelnor Transmisión S.A.

**Tabla 3.3: Pruebas FAT de los equipos**

Equipo	Normas	Protocolo y Laboratorio	Pruebas FAT
Transformador de potencia 220/110/23 kV, 90/90/30 MVA con CDBC	IEC 60076-1/2: 2011 IEC 60076-3: 2018 IEC 60076-10:2016 IEC 60076-18: 2012	N° NH-FT-24-008 Laboratorio de Nantong Hyosung Transformer Co., Ltd., China	1. Medición de la relación de transformación y revisión desplazamiento de fase. 2. Medición de resistencia de devanado. 3. Medición de resistencia de aislación entre cada devanado a tierra y entre devanados.

Equipo	Normas	Protocolo y Laboratorio	Pruebas FAT
	IEC 60156:2018 IEC 60247:2004 ISO 2719:2016 IEC 60814:1997 IEC 60567:2023		4. Revisión de la aislación del núcleo y estructura. 5. Determinación de las capacitancias de los devanados a tierra y entre devanados, factor de disipación (tangente delta) del sistema de aislación. 6. Medición de la capacitancia y factor de disipación (tangente delta) de los bushings (prueba especial). 7. Medición de pérdidas y corriente de vacío. 8. Medición de la curva de excitación. 9. Medición de las armónicas de la corriente de vacío (prueba especial). 10. Medición de la impedancia de cortocircuito y pérdidas de carga. 11. Medición de las impedancias de secuencia cero (prueba especial). 12. Pruebas en el cambiador de derivaciones bajo carga. 13. Prueba de impulso onda completa (LI, LIN) y onda cortada (LIC), (prueba de rutina y especial). 14. Prueba de impulso de maniobra (SI). 15. Prueba de tensión aplicada (AV). 16. Prueba de tensión inducida (IVW & IVPD). 17. Determinación del nivel de ruido para cada etapa de enfriamiento. 18. Prueba de calentamiento y medición del aumento de temperatura del punto más caliente. 19. Medición de respuesta de frecuencia (SFRA), (prueba especial). 20. Medición de la potencia absorbida por los ventiladores (prueba tipo).

Equipo	Normas	Protocolo y Laboratorio	Pruebas FAT
			<p>21. Análisis físico - químico y de gases disueltos en el aceite usado durante las pruebas.</p> <p>22. Revisión de la relación y polaridad de los transformadores de corriente internos.</p> <p>23. Prueba de aislación del alambrado auxiliar.</p> <p>24. Pruebas operacionales del equipamiento auxiliar.</p> <p>25. Pruebas de fugas con presión.</p> <p>26. Revisión visual y dimensional.</p> <p>27. Prueba de resistencia al vacío y deflexión con vacío (prueba especial).</p> <p>28. Prueba de deflexión con presión (prueba especial).</p> <p>29. Prueba del revestimiento externo.</p> <p>30. Prueba del punto de rocío (prueba especial).</p>
<p>Equipo GIS HSG-305B, 245 kV, 3150 A, Bahía 201.</p>	<p>IEC 62271-100 IEC 62271-102 IEC 62271-203</p>	<p>N° HI-10185206-FAT Hyosung T&amp;D India PVY.Ltd, Pune, India</p>	<p>1. Revisión de diseño e inspección visual.</p> <p>2. Prueba de tensión a frecuencia industrial en circuito principal.</p> <p>3. Medición de descargas parciales.</p> <p>4. Prueba de operaciones mecánicas, interruptor.</p> <p>5. Prueba de operaciones mecánicas, desconectador y puesta a tierra.</p> <p>6. Medición de la resistencia del circuito principal.</p> <p>7. Prueba de fuga del gas SF6.</p> <p>8. Prueba del switch de densidad de gas.</p> <p>9. Prueba en los circuitos auxiliares y de control.</p>

Equipo	Normas	Protocolo y Laboratorio	Pruebas FAT
			<p>10. Prueba de transformadores de corriente.</p> <p>11. LCC, gabinete de control local. Pruebas de revisiones mecánicas y eléctricas.</p> <p>12. Barras aisladas en gas y bushings.</p> <p>12.1. Revisión de diseño e inspección visual.</p> <p>12.2. Prueba de tensión a frecuencia industrial en circuito principal.</p> <p>12.3. Medición de descargas parciales.</p> <p>12.4. Medición de la resistencia del circuito principal.</p> <p>12.5. Prueba de fuga del gas SF6.</p>
<p>Transformador de potencial capacitivo TYD-220, 245 kV</p>	<p>IEC 61869-5:2011</p>	<p>TYD-220 FAT-422310164.</p> <p>Jiangsu Sieyuan Hertz Instrument Transformer Co.,Ltd. China</p>	<p>1. Verificación visual y revisión marcado de terminales.</p> <p>2. Determinación de la resistencia de devanado secundario.</p> <p>3. Medición de la resistencia de aislamiento.</p> <p>4. Prueba de tensión soportada a frecuencia industrial en devanados secundarios y entre devanados secundarios.</p> <p>5. Prueba de tensión soportada a frecuencia industrial en el terminal de baja tensión del divisor de tensión capacitivo.</p> <p>6. Prueba de tensión soportada a frecuencia industrial en la unidad electromagnética.</p> <p>7. Prueba de tensión soportada a frecuencia industrial del devanado primario y medición de descargas parciales.</p> <p>8. Medición de capacitancia y factor de disipación dieléctrica.</p>

Equipo	Normas	Protocolo y Laboratorio	Pruebas FAT
			<p>9. Prueba de ferro resonancia.</p> <p>10. Prueba de precisión.</p> <p>11. Prueba de rutina de la bobina de drenaje.</p> <p>12. Prueba de rutina del dispositivo de restricción de presión.</p>
Pararrayos 220 kV, SB 198/SH-A-I	IEC 60099-4	Report N° A 2024/042 Tridelta Meidensha GmbH, Hermsdorf, Alemania	<p>1. Medición de la tensión de referencia.</p> <p>2. Ensayo de descargas parciales.</p> <p>3. Ensayo de tensión residual a impulso tipo rayo (8/20) en los descargadores completos.</p>
Transformador de potencia 110/23 kV, 24/30 MVA con CDBC	<p>IEC 60076-1/2: 2011</p> <p>IEC 60076-3: 2018</p> <p>IEC 60076-10:2016</p> <p>IEC 60076-18: 2012</p> <p>IEC 60156:2018</p> <p>IEC 60247:2004</p> <p>ISO 2719:2016</p> <p>IEC 60814:1997</p> <p>IEC 60567:2023</p>	N° NH-FT-24-015 Laboratorio de Nantong Hyosung Transformer Co., Ltd., China	<p>1. Medición de la relación de transformación y revisión desplazamiento de fase.</p> <p>2. Medición de resistencia de devanado</p> <p>3. Medición de resistencia de aislación entre cada devanado a tierra y entre devanados.</p> <p>4. Revisión de la aislación del núcleo y estructura.</p> <p>5. Determinación de las capacitancias de los devanados a tierra y entre devanados, factor de disipación (tangente delta) del sistema de aislación.</p> <p>6. Revisión de la relación y polaridad de los transformadores de corriente internos.</p> <p>7. Medición de pérdidas y corriente de vacío a 90%, 95%, 100%, 105% y 110% de tensión nominal.</p> <p>8. Medición de la impedancia de cortocircuito y pérdidas de carga.</p> <p>9. Medición de la impedancia de secuencia cero (prueba especial).</p>

Equipo	Normas	Protocolo y Laboratorio	Pruebas FAT
			<p>10. Pruebas en el cambiador de derivaciones bajo carga.</p> <p>11. Prueba de impulso onda completa (LI, LIN) y onda cortada (LIC), (prueba de rutina y especial).</p> <p>12. Prueba de tensión aplicada (AV).</p> <p>13. Prueba de tensión inducida (IVW &amp; IVPD).</p> <p>14. Medición de respuesta de frecuencia (SFRA), (prueba especial).</p> <p>15. Determinación del nivel de ruido para cada etapa de enfriamiento (prueba tipo).</p> <p>16. Prueba de calentamiento y medición del aumento de temperatura del punto más caliente.</p> <p>17. Medición de la potencia absorbida por los ventiladores (prueba tipo).</p> <p>18. Prueba de aislación del aceite y medición de gases disueltos en el aceite dieléctrico.</p> <p>19. Prueba de aislación del alambrado auxiliar.</p> <p>20. Pruebas operacionales del equipamiento auxiliar.</p> <p>21. Pruebas de fugas con presión.</p> <p>22. Prueba de resistencia al vacío y deflexión con vacío (prueba especial).</p> <p>23. Prueba de deflexión con presión (prueba especial).</p> <p>24. Prueba del revestimiento externo.</p> <p>25. Revisión visual y dimensional.</p> <p>26. Prueba del punto de rocío (prueba especial).</p> <p>27. Medición de la capacitancia y factor de disipación (tangente delta) de los bushings (prueba especial).</p>

Equipo	Normas	Protocolo y Laboratorio	Pruebas FAT
Equipo GIS tipo HSG 144D, 145 kV, bahía 101.	IEC 62271-100 IEC 62271-102 IEC 62271-203	N° HI- 10185207-FAT Hyosung T&D India PVY.Ltd, Pune, India	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Revisión de diseño e inspección visual.</li> <li>2. Prueba de tensión a frecuencia industrial en circuito principal.</li> <li>3. Medición de descargas parciales.</li> <li>4. Prueba de operaciones mecánicas, interruptor.</li> <li>5. Prueba de operaciones mecánicas, desconectador y puesta a tierra.</li> <li>6. Medición de la resistencia del circuito principal.</li> <li>7. Prueba de fuga del gas SF6.</li> <li>8. Prueba del contacto de densidad de gas.</li> <li>9. Prueba en los circuitos auxiliares y de control.</li> <li>10. Prueba de transformadores de corriente.</li> <li>11. LCC, gabinete de control local. Pruebas de revisiones mecánicas y eléctricas.</li> <li>12. Barras aisladas en gas y bushings. <ol style="list-style-type: none"> <li>12.1. Revisión de diseño e inspección visual.</li> <li>12.2. Prueba de tensión a frecuencia industrial en circuito principal.</li> <li>12.3. Medición de descargas parciales.</li> <li>12.4. Medición de la resistencia del circuito principal.</li> <li>12.5. Prueba de fuga del gas SF6.</li> </ol> </li> </ol>
Transformador de potencial capacitivo TYD-110, 123 kV	IEC 61869-5:2011	N° TYD-110 FAT-422310146.ñ Jiangsu Sieyuan Hertz Instrument Transformer Co.,Ltd. China	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Verificación visual y revisión marcado de terminales.</li> <li>2. Determinación de la resistencia de devanado secundario.</li> </ol>

Equipo	Normas	Protocolo y Laboratorio	Pruebas FAT
			<p>3. Medición de la resistencia de aislamiento.</p> <p>4. Prueba de tensión soportada a frecuencia industrial en devanados secundarios y entre devanados secundarios.</p> <p>5. Prueba de tensión soportada a frecuencia industrial en el terminal de baja tensión del divisor de tensión capacitivo.</p> <p>6. Prueba de tensión soportada a frecuencia industrial en la unidad electromagnética.</p> <p>7. Prueba de tensión soportada a frecuencia industrial del devanado primario y medición de descargas parciales.</p> <p>8. Medición de capacitancia y factor de disipación dieléctrica.</p> <p>9. Prueba de ferro resonancia.</p> <p>10. Prueba de precisión.</p> <p>11. Prueba de rutina de la bobina de drenaje.</p> <p>12. Prueba de rutina del dispositivo de restricción de presión.</p>
Pararrayos SB 96/SH-A-0, 110 kV	IEC 60099-4	<p>Test report N° A 2024/042</p> <p>Tridelta GmbH, Alemania</p> <p>Meidensha Hermsdorf,</p>	<p>1. Medición de la tensión de referencia.</p> <p>2. Ensayo de descargas parciales.</p> <p>3. Ensayo de tensión residual a impulso tipo rayo (8/20) en los descargadores completos.</p>

La Tabla 3.4 muestra la lista de los protocolos y laboratorios donde se realizaron las pruebas de tipo, además del detalle de las pruebas realizadas. Todas las pruebas de tipo dieron conformidad.

Todos los protocolos se entregaron al Coordinador con la carta EDT N° 021/2024, con fecha 10 abril 2024 de Edelnor Transmisión S.A.

**Tabla 3.4: Protocolos pruebas de tipo**

Equipo	Protocolo	Prueba de tipo
GIS 220 kV HSG-305B, 245 kV, 3150 A, Bahía 201.	N° 23STL0000/1-2 N° 23TBL00001 Korea Electrotechnology Research Institute (KERI)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prueba de arco interno.</li> <li>2. Prueba de línea encapsulada en SF6.</li> <li>3. Cortocircuito en un polo de desconectores y línea encapsulada.</li> <li>4. Cortocircuito y operación del conjunto tripolar</li> <li>5. Operación de desconectores y cuchillas de puesta a tierra.</li> </ol>
	CPRIBLREATD22T0358, Central Power Research Institute, Bangalore, India	<ol style="list-style-type: none"> <li>6. Prueba de IP 55 categoría 2</li> </ol>
Transformador de Potencial Capacitivo 220 kV, TYD220/√3-0.005W3	Certificado N° EETC09-2021-0344 (E), 2022-01-04, CEPRI, China	<p>Pruebas en transformador de potencial capacitivo serie N° 42219662.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Precisión</li> <li>2. Aumento de temperatura</li> <li>3. Capacitancia y medición tangente delta.</li> <li>4. Compatibilidad electromagnética.</li> <li>5. Tensión de impulso en terminal primario.</li> <li>6. Tensión aplicada 460 kV/ 50 Hz/ 60 s, húmedo.</li> <li>7. Respuesta transiente,</li> <li>8. Ferro resonancia,</li> <li>9. Capacidad de cortocircuito.</li> <li>10. Hermeticidad.</li> <li>11. Tensión resistida a frecuencia industrial en terminales primarios.</li> <li>12. Descargas parciales.</li> <li>13. Verificación de marcas.</li> </ol>

Equipo	Protocolo	Prueba de tipo
		14. Tensión resistida en terminales secundarios. 15. Prueba de aceite en unidad electromagnética. 16. Sobretensión transferida. 17. Pruebas mecánicas. 18. Grado de protección cajas de terminales. 19. Determinación de coeficiente de temperatura.
Pararrayos 220 kV, SB 198/SH-A-I	N° 81/17/AL de Klokner Institute, Praga, República Checa.	1. Pruebas de flexión en 6 unidades SB 228/SH(SM)-C(B,A)-I. Carga de corto tiempo y de ruptura.
	N°B6023078 N° B7006603 N° B7001894 N° B7006824 N° B6019163 N° B6018263 N° B7002017-2 N° B5019310-1 N° B7006958 CESI SpA, Italia	2. Capacidad dieléctrica de componentes internos. 3. Pruebas ambientales: fugas, ciclo térmico, niebla salina. 4. Estabilidad de largo plazo 5. Prueba operacional 6. Capacidad de transferencia repetitiva de carga. 7. Voltaje residual 8. Hermeticidad del sello 9. Pruebas de cortocircuito 10. Sobretensión versus tiempo (TOV)
	N° H17017 de FGH Engineering and Test GmbH, Mannheim, Alemania.	11. Disipación de calor
	N° 10416/A-B-C/16	12. Pruebas dieléctricas

Equipo	Protocolo	Prueba de tipo
	N° 10631/17 EGU HV Laboratory a. s., Praga, República Checa.	13. Descargas parciales 14. Hermeticidad del sello después de flexión.
Equipo GIS tipo HSG 144D, 145 kV.	N° 20STL00019-20-21-25-48, KERI.	1. Pruebas dieléctricas, descargas parciales y radio interferencia 2. Prueba de corriente de cortocircuito, barras y desconectores. 3. Falla en línea corta en una fase. 4. Aumento de temperatura. 5. Prueba bajo condiciones de arco debido a falla interna.
	N° CPRIBLREATD22T0358, Central Power Research Institute, Bangalore, India	6. Prueba de IP 55, categoría 2.
Transformador de potencial capacitivo 110 kV, TYD110/√3-0.01W3.	N° 3142-16, DNV GL, KEMA Laboratories, Países Bajos.	Muestra N° de serie 29387. 1. Precisión 2. Aumento de temperatura 3. Capacitancia y medición tangente delta. 4. Pruebas RIV. 5. Tensión de impulso en terminal primario. 6. Tensión aplicada 230 kV/ 50 Hz/ 60 s, húmedo. 7. Respuesta transiente, 8. Ferro resonancia, 9. Capacidad de cortocircuito. 10. Hermeticidad de unidad electromagnética (líquido aislante). 11. Verificación código IP. 12. Impacto mecánico.
Pararrayos 110 kV, SB 96/SH-A-0	Certificado N° 430/15/AL de Klokner Institute, Praga, República Checa.	1. Prueba de flexión en 3 unidades tipo SB 168/SH (SM,SL) C(B,A)-0.

Equipo	Protocolo	Prueba de tipo
		Carga de corto tiempo y de ruptura.
	N° 17006 FGH Engineering and Test GmbH, Mannheim, Alemania.	2. Disipación de calor
	N° 10291/15 Rev.2, N° 10099/A-C/14 Rev.2 EGU HV Laboratory a. s., Praga, República Checa.	3. Descargas parciales, hermeticidad y prueba de flexión. 4. Pruebas dieléctricas 5. Tensión de radio interferencia.
	N° B6022890 N° B7001894 N° B7001939 N° B6019163 N° B6018263 N° B7002046-2 N° B4019855 N° B7002779 CESI SpA., Italia	6. Capacidad dieléctrica de componentes internos. 7. Estabilidad de largo plazo. 8. Prueba operacional 9. Capacidad de transferencia repetitiva de carga. 10. Voltaje residual. 11. Hermeticidad del sello. 12. Pruebas de cortocircuito. 13. Pruebas TOV, sobretensión versus tiempo.

### **3.2 VERIFICACIÓN DE LOS DOCUMENTOS DE APROBACIÓN DE LA CALIFICACIÓN SÍSMICA DE LOS EQUIPOS**

La verificación sísmica se comprobó mediante la recepción conforme por parte del Auditor Técnico de la obra de los informes de calificación sísmica de los equipos aprobada por el experto sísmico del Adjudicatario.

La lista de los informes de aprobación de la calificación sísmica de los equipos se muestra en la Tabla 3.5.

**Tabla 3.5: Reportes Sísmicos de los equipos**

EQUIPO	ESTUDIO	REVISIÓN
Transformador de potencia 220/110/23 kV, 90/90/30 MVA con CDBC	1. Report N° 10185096-1, 2023-09-19, Seismic Analysis – Qualification Report, Power Transformer Technology Development Team, Korea.	2
	2. 2022-P922-ENGIE-RS-LALIGUA-TR90MVA, v3, 20-02-2024, Seismic Qualification Documentation Review DEEFE Spa.	3
GIS 220 kV	1. Seismic Qualification Report, according to ETGI-1.020, 21-12-23, Hyosung Heavy Industries. 2. 2022-P922-ENGIE-RS-LALIGUA-GIS220, v2, 31.01-2023, Seismic Qualification Documentation Review, DEEFE Spa.	A  2
Transformador de Potencial Capacitivo 220 kV	1. V050002725, Seismic Calculation Report for Capacitive Voltage Transformer TYD220, 06/05/2020, Sieyuan.	B
	2. Informe Técnico: 210801-02, Revisión del diseño sísmico del transformador de potencial capacitivo de 220 kV, TYD220 de Sieyuan de 410 kg, 31 kV/mm, 16-09-2021, Hernán Casar.	0
	3. 2022-P922-ENGIE-RS-LALIGUA-TYD220, v1, 20-12-2023, Seismic Qualification Documentation Review, DEEFE SpA.	1
Pararrayos 220 kV	1. N° 01082023-1, 26-01-2024, Memoria de cálculo de resistencia a sismos pararrayos Tridelta tipo 198/SH-A-I.	0
	2. 2022-P922-ENGIE-RS-LALIGUA-SA220, v2, 08-04-2024, Revisión documental reporte de calificación sísmica, DEEFE SpA.	2

Transformador de potencia 110/23 kV, 24/30 MVA con CDBC	1. Report N° 10185096-2, 2023-12-21, Seismic Analysis – Qualification Report, Power Transformer Technology Development Team, Korea.	2
	2. Seismic Qualification Documentation Review, DEEFE Spa.	3
GIS 110 kV	1. Seismic Qualification Report, according to ETGI-1.020, 05-01-24 Hyosung Heavy Industries.	C
	2. 2022-P922-ENGIE-RS-LALIGUA-GIS220, v2, 22-01-2023, Seismic Qualification Documentation Review, DEEFE Spa.	2
Transformador de Potencial Capacitivo 110 kV	1. V050002341, Seismic Calculation Report for Capacitive Voltage Transformer TYD110, 09/01/2024, Sieyuan.	E
	2. 2022-P922-ENGIE-RS-LALIGUA-TYD110, v2, 22-01-2023, Seismic Qualification Documentation Review, DEEFE SpA.	2
Pararrayos 110 kV	1. N° 07122023-4, 01-04-2024 Memoria de cálculo de resistencia a sismos pararrayos Tridelta tipo SB 96/SH-A-0.	0
	2. 2022-P922-ENGIE-RS-LALIGUA-SA110, v5, 05-04-2024, Revisión documental reporte de calificación sísmica, DEEFE SpA.	5

De la revisión de los informes de Calificación Sísmica de los equipos realizada por el experto sísmico del adjudicatario y realizada por el equipo auditor se concluye que el comportamiento sísmico de los equipos del proyecto fue verificado por especialistas de los proveedores (fábricas) y especialistas independientes contratados por el Adjudicatario sobre la base de los requerimientos de la ETG-1020, NTSyCS y cumplen con la normativa.

## **4 CONCLUSIONES Y COMENTARIOS GENERALES**

Considerando los requerimientos para el cumplimiento del Hito Relevante N°3, establecidos en las Bases de Licitación para la Adjudicación de los Derechos de Explotación y Ejecución de las Obras Nuevas Zonales Contempladas en el Decreto Exento N° 185 de 2020 del Ministerio de Energía y el decreto que fija los derechos y condiciones de explotación de la obra Nueva S/E La Ligua, contempladas en el Decreto Exento N° 15T de 2021 del Ministerio de Energía, de fecha 14 de abril de 2022, y descritos en el ítem 2 del presente informe, y considerando que el cumplimiento de dicho Hito se comprueba mediante:

- Verificación por parte del Auditor del Proyecto y aprobación del Coordinador de los ensayos y/o pruebas de los equipos de las Obras Nuevas,

El Coordinador Eléctrico Nacional, en conformidad con los antecedentes presentados por Edelnor Transmisión S.A. en las cartas y comunicaciones individualizadas en el punto 3.1 del presente informe, las cuales fueron revisadas, comentadas y verificadas por el Auditor del proyecto, concluye que el Hito Relevante N°3 para el proyecto “Nueva S/E La Ligua” se da por cumplido con fecha 08 de junio de 2024.

## **ANEXO 1: CARTA SOLICITUD MODIFICACIÓN HITO RELEVANTE N°3**

- Carta DE01170-24 (EDT N°013/2024).

## **ANEXO 2: CARTA APROBACIÓN MODIFICACIÓN HITO RELEVANTE N°3**

- DE02147-24 Aprueba modificación de fecha de Hito Relevante N°3 del proyecto NUP 2411: “Nueva Subestación La Ligua”.

## **ANEXO 3: INFORMES ENSAYOS/PRUEBAS**

Este anexo contiene la lista de pruebas de los equipos y los protocolos de las pruebas realizadas.

<b>Equipo</b>	<b>Pruebas</b>
Transformador de potencia 220/110/23 kV, 90/90/30 MVA con CDBC	Pruebas FAT + pruebas especiales
Equipo GIS HSG-305B, 245 kV, 3150 A, Bahía 201	Pruebas FAT + pruebas de tipo
Transformador de potencial capacitivo TYD-220, 245 kV	Pruebas FAT + pruebas de tipo
Pararrayos 220 kV, SB 198/SH-A-I	Pruebas FAT + pruebas de tipo
Transformador de potencia 110/23 kV, 24/30 MVA con CDBC	Pruebas FAT + pruebas especiales
Equipo GIS tipo HSG 144D, 145 kV, bahía 101.	Pruebas FAT + pruebas de tipo
Transformador de potencial capacitivo TYD-110, 123 kV	Pruebas FAT + pruebas de tipo
Pararrayos SB 96/SH-A-0, 110 kV	Pruebas FAT + pruebas de tipo

## **ANEXO 4: LISTADO DE PRUEBAS DE RUTINA (FAT)**

- Reporte Pruebas FAT Transformador 220kV 90 MVA.
- Reporte FAT Trafo. 110kV 30 MVA.
- GIS 110 KV: FAT Acceptance by CHILE y HI-10185207-FAT\_ 110kV Test Report for FAT.
- GIS 220 KV: FAT Acceptance by CHILE y HI-10185206-FAT\_ 220kV Test Report for FAT.
- TP 110 Kv: TYD-110 FAT-422310146.
- TP 220 kV: TYD-220 FAT 422310164.
- Pararrayos 220 kv: Reporte Pruebas FAT Pararrayos 220 kV.
- Pararrayos 110 kv: Reporte Pruebas FAT Pararrayos 110 kV.

## **ANEXO 5: REPORTE DE PRUEBAS TIPO**

---

- GIS 110 KV: 20STL00048(RT19A1I00577)\_Dielectric tests, 21STL00019(RT19A1I00575)\_STC\_DS\_ES\_HES\_Type tests, 21STL00020(RT19A1I00574)\_CB Type Tests, 21STL00021(RT19A1I00578)\_Meas R, TR, IP, IK, Tightness, Proof test encl, etc., 21TB100025(RT19A1I00576)\_Internal Arc, CPRIBLREATD22T0358-LCC IP55\_OUTDOOR\_OHM\_COMPLETE, TEST REPORT SUMMARY (HSG-144D)\_20220405\_Chile LA LIGUA.
- GIS 220 KV: 22STL00001(RT21A1I00670), 22STL00001(RT21A1I00673), 22STL00002(RT21A1I00671), 2019TC00088\_TRD18C00324, 2019TC00089\_TRD18C00323, CPRIBLREATD22T0358-LCC IP55\_OUTDOOR\_OHM\_COMPLETE (1).
- TP 110 Kv: TYD110V3-0.01W3 KEMA 3142-16.
- TP 220 kV: CEPRI-EETC09-2021-0344(E).
- Pararrayos 220 kv: Bending moment test SB 228, Bending moment test SB 288, Dielectric withstand of internal components, Enviromental test, Heat dissipation behaviour, Insulation withstand test SB 228, Insulation withstand test SB 456, Internal grading components test, Long term stability, Operating duty test, Radio Interference voltage test (RIV) SB 348, Radio Interference voltage test (RIV) SB 456, Repetitive charge transfer withstand, Residual voltage test, Seal leak rate test, Short Circuit Test, Temporary overvoltage (TOV), Type Test Report.
- Pararrayos 110 kv: Bending moment test, Dielectric withstand of internal components, Enviromental test, Heat dissipation behaviour, Insulation withstand test SB 168, Insulation withstand test SB 396, Internal grading components test, Long term stability, Operating duty test, Radio Interference voltage test (RIV), Repetitive charge transfer withstand, Residual voltage test, Seal leak rate test, Short Circuit Test, Temporary overvoltage (TOV), Type Test Report.

## **ANEXO 6: CALIFICACIÓN SÍSMICA DE LOS EQUIPOS AT**

---

- Transformador 220kV 90 MVA: 2022-P922-ENGIE-RS-LALIGUA-TR90MVA, v3, 10185096-1-SRT\_90MVA Seismic report\_R2, 10185096-1-SRT\_La Ligua\_Seismic\_CAD Drawing summary, CR10-126, TN2020-060, 1ZBF121001.DRW, Aprobacion Sismica Bushing, Bushing types ARF, Group\_qualification seismic report ARF 245kV, Seismic test-qualification, Seismic type test, Shead seal test GSA170, TN2020-019 Shed seal test AirRIPflex.
- Transformador 110kV 30 MVA: 2022-P922-ENGIE-RS-LALIGUA-TR30MVA, v3, 10185096-2-SRT\_30MVA Seismic report\_R2, Composite shed seal test GSA170, CR10-126, TN2020-060, Composite shed seal test, Seismic test, Seismic\_Qual, 1ZBF121001.DRW, 1ZSC027920-ACZ\_GSA245-OA Seismic type test, 2022-P922-ENGIE-RS-LALIGUA-BUS245, v2, Clarification on Bushing types ARF, R TSP22-058 Shead seal test GSA170.
- GIS 110 KV: 2022-P907-HYOSUNG-GIS110kV-C, 2022-P922-ENGIE-RS-LALIGUA-GIS110, v2.
- GIS 220 KV: 2022-P922-ENGIE-RS-LALIGUA-GIS220, v2, HI-10185206-SR\_ Seismic Quality Report GIS220kV-B.
- TP 110 Kv: 2022-P922-ENGIE-RS-LALIGUA-TYD110, v2, V050002341 Seismic Calculation Report For Transformer TYD-110W3-0.01 Rev E.
- TP 220 kV: 2022-P922-ENGIE-RS-LALIGUA-TYD220, v1, 210801-02 rev 0 VT cap 220 kV TYD220.
- Pararrayos 220 kv: 2022-P922-ENGIE-RS-LALIGUA-SA220, v2, Cálculo Pararrayos SB198-SH-A-lb\_01082023-1a.
- Pararrayos 110 kv: 2022-P922-ENGIE-RS-LALIGUA-SA110, v5, Cálculo 07122023-4 Pararrayos SB 96\_SH-A-0 v4a.