

INFORME DE TÉRMINO DE ACTIVIDADES
REQUERIDAS PARA HITO RELEVANTE N°3
DECRETO EXENTO 418 DE 2019
“SUBESTACIÓN NUEVA NIRIVILO 220/66 kV”

SUBGERENCIA DE LICITACIONES DE TRANSMISIÓN

Departamento de Control y Supervisión de Obras

CONTROL DOCUMENTAL

APROBADO POR

Revisión	Aprobado por	Cargo
0	Sergio Ortiz Orrego	Subgerente Licitaciones de Transmisión Coordinador Eléctrico Nacional
0	Cristina Rosales Lepe	Jefe de Departamento de Control y Supervisión de Obras Coordinador Eléctrico Nacional

REVISADO POR

Revisión	Revisado por	Cargo
0	Gonzalo Salgado	Jefe de Proyecto Departamento de Control y Supervisión de Obras Coordinador Eléctrico Nacional

REALIZADO POR

Revisión	Realizado por	Cargo
0	Arturo Gajardo / Yasither Muñoz	Auditor Líder, ANCARE ENERGY S.p.A.

REGISTRO DE CAMBIOS

Fecha	Autor	Revisión	Descripción del Cambio
05-08-2024	Arturo Gajardo / Yasither Muñoz	A	Revisión Interna
08-08-2024	Arturo Gajardo	B	Versión Preliminar
08-08-2024	Raúl Alfaro	B	Versión Preliminar
23-08-2024	Arturo Gajardo	0	Versión Final

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	ALCANCE DEL PROYECTO	4
2	DESCRIPCIÓN DEL HITO RELEVANTE N°3	4
3	REVISIÓN DE DOCUMENTOS	5
3.1	PRUEBAS DE EQUIPOS	5
3.1.1	Protocolos de pruebas tipo para los equipos de alta tensión	5
3.1.2	Protocolos de pruebas en fábrica	12
3.2	VERIFICACIÓN DE LOS DOCUMENTOS DE APROBACIÓN DE LA CALIFICACIÓN SÍSMICA DE LOS EQUIPOS.....	16
4	CONCLUSIONES Y COMENTARIOS GENERALES	20
	ANEXO 1: ENTREGA DE ANTECEDENTES	21
	ANEXO 2: PROTOCOLOS DE PRUEBAS TIPO	22
	ANEXO 3: PROTOCOLOS PRUEBAS DE RUTINA EN FÁBRICA (FAT)	23
	ANEXO 4: CALIFICACIÓN SÍSMICA DE LOS EQUIPOS AT	24

1 ALCANCE DEL PROYECTO

El Proyecto consiste en la construcción de una nueva S/E y la instalación de un transformador de 220/66 kV, de capacidad de 90 MVA. Además, incluye la construcción de un patio de 220 kV en configuración interruptor y medio, con media diagonal construida para la conexión del equipo de transformación, dejando espacio para al menos cuatro diagonales completas, dos de las cuales serán utilizadas por la futura línea 2x220 kV entre las S/E Hualqui y la S/E Itahue. El patio de 66 kV será en configuración doble barra más transferencia, con la construcción de un paño para el transformador y la extensión de las barras para la conexión de los empalmes a la S/E Nirivilo y espacio para, a lo menos, dos futuros paños.

Para el correcto diseño de la subestación se deben considerar las siguientes capacidades por barra:

Barra 220 kV: 500 MVA.

Barra 66 kV: 200 MVA.

El proyecto incluye todas las obras, modificaciones y labores necesarias para la ejecución y puesta en servicio, tales como comunicaciones, teleprotecciones, SCADA, obras civiles, montaje, malla de puesta a tierra, pruebas de los nuevos equipos, adecuaciones en el patio de media tensión, entre otras.

Las obras descritas deberán ser construidas y entrar en operación a más tardar dentro del plazo de 60 meses contados desde la fecha de publicación en el Diario Oficial del Decreto de Adjudicación N° 5T, que fue publicado con fecha 31 de agosto de 2019.

2 DESCRIPCION 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 Zonales Contempladas en el Decreto Exento N° 418 de 2017 del Ministerio de Energía y el decreto que fija los derechos y condiciones de explotación de la obra nueva denominada "Subestación Nueva Nirivilo 220/66 kV", contempladas en el Decreto Exento N° 5T del Ministerio de Energía, de fecha 31 de agosto de 2019, el Hito Relevante N°3: "Prueba de Equipos, Suministros en Fábrica y Calificación Sísmica", corresponde a:

- Ensayo y/o pruebas de los equipos de alta tensión de las Obras Nuevas, tales como interruptores, aisladores, transformadores de poder, transformadores de medida, cable aislado de alta tensión, entre otros, todos los cuales deben cumplir con las características técnicas y las normas aplicables. Los tipos y cantidad de ensayos, sus normas y laboratorios a considerar, así como la cantidad y equipos a ensayar considerados para el cumplimiento del Hito serán determinados y acordados entre el Adjudicatario y el Auditor Técnico y aprobados por el Coordinador, de acuerdo al tipo de Proyecto que se trate y a la envergadura del mismo. Los tipos y cantidad de ensayos mínimos a realizar deberán ajustarse a lo indicado en el Anexo 13 de las Bases de licitación.

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.

- Verificación de los documentos de aprobación de la calificación sísmica de los equipos aprobada por el experto sísmico del Adjudicatario.

Este Hito debía cumplirse a más tardar 1482 días corridos siguientes, contados desde la publicación del Decreto Supremo 5T 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 21 de septiembre de 2023.

Según lo solicitado por el adjudicatario en la carta CE-070-2022 Energía del 25-11-2022, dirigida al Ministro de Energía, donde se pidió declarar la existencia de hechos de caso fortuito o fuerza mayor y desplazar el Hito Relevante N°5 hasta el 02-02-2026, así como los Hitos Relevantes N°2; N°3 y N°4 el adjudicatario propuso como fecha de cumplimiento del Hito N° 3 a más tardar el 31 de agosto de 2024.

Previo acuerdo entre adjudicatario y auditor, la entrega de la información por parte del adjudicatario se hizo con anticipación al plazo de al menos 45 días hábiles antes del 31.08.2024.

3 REVISIÓN DE DOCUMENTOS

3.1 PRUEBAS DE EQUIPOS

Respecto de los tipos y cantidad de ensayos, sus normas y laboratorios a considerar, así como la cantidad y equipos a ensayar necesarios para el cumplimiento del Hito fueron determinados y acordados entre el Adjudicatario y el Auditor Técnico e informado al Coordinador. El detalle de ellos se muestra en el Listado de Pruebas que se incluye en el Anexo N°1 del presente informe.

El adjudicatario entregó el 30.04.2024 dirigida al Coordinador, mediante carta CE-048-2024 todos los antecedentes necesarios para la certificación de este Hito. Como complemento de ella el adjudicatario, a solicitud del auditor, entregó la comunicación CE-092-2024-MATE, confirmando que los protocolos e informes entregados han sido revisados y aprobados por MATE. Ambos documentos se encuentran en el Anexo N°1.

3.1.1 Protocolos de pruebas tipo para los equipos de alta tensión

Las pruebas tipo a que fueron sometidos los equipos son las indicadas en las correspondientes normas IEC. Estas pruebas se deben hacer para cada tipo (modelo) de equipo que se suministra.

En la Tabla 3.1.1 se indica para cada tipo de equipo de 220 y de 66 kV: su tipo (modelo); su fabricante; la norma IEC que debe cumplir; la designación de los protocolos; las pruebas tipo efectuadas y el nombre del laboratorio donde se efectuaron las pruebas.

Tabla 3-1.1: Protocolos de pruebas Tipo

Equipo	Pruebas Tipo	Protocolos	Laboratorio
<p>Transformador de poder Trifásico 220/66 kV - 90 MVA.</p> <p>Tipo: SFSZ 220/66/13,8 kV-90 MVA-YNyn0d1-ONAN-ONAFI-ONAFII.</p> <p>Marca: HYOSUNG, China</p> <p>Pruebas bajo norma IEC-60076-1</p>	<p>+ Elevación de temperatura.</p> <p>+ Tensión resistida a impulso tipo switching.</p> <p>+Tensión resistida a impulso tipo rayo.</p> <p>+ Tensión aplicada.</p> <p>+ Tensión inducida y medición de descargas parciales.</p> <p>+ Determinación del nivel de ruido.</p> <p>+ Medición de la potencia requerida por los motores y las bombas.</p> <p>+ Medición de impedancias de secuencia cero.</p> <p>+Deflexión en vacío.</p> <p>+Prueba de fuga a sobrepresión de aceite</p> <p>+ Medición de la respuesta a frecuencia</p> <p>+Inspección visual</p>	<p>Pruebas Tipo en protocolo pruebas FAT de unidad N°10137848-11</p>	<p>Nantong Hyosung Transformer, Nantong, China</p>
<p>Interruptores de Poder Tripolar de 220 kV</p> <p>Tipo: LTB 245 E1</p> <p>Marca: ABB, India</p> <p>Pruebas bajo norma IEC-62271-100:2008.</p>	<p>+Tensión resistida de frecuencia industrial.</p> <p>+Tensión resistida de impulso atmosférico.</p> <p>+Tensión de radiointerferencia.</p> <p>+Grado de protección de las envolventes.</p> <p>+Elevación de temperatura.</p> <p>+Interrupción de corriente de corto circuito.</p> <p>+Capacidad de resistir corriente de corta duración y máxima.</p> <p>+ Estanquidad</p>	+RSM16031	ABB R&D Laboratory, India
		+HIMP/12/1642 +RP-2021-031317 +RP-1516-000963	ERDA, India
		+RoP 17-A19 +RoP 17-A21 +RoP 18-A10 +RoP 18-A01	SATS-High Power Laboratory, Ludvika, Suecia
		+14087BA +18030Ba +18031Ba	PEHLA Testing Laboratory, Baden, Suiza.
		+B9009446	CESI, Milan, Italia

Equipo	Pruebas Tipo	Protocolos	Laboratorio
Interruptores de Poder Tripolar de 66 kV Tipo: EDF-72-SK1-1 Marca: ABB, India Pruebas bajo norma IEC-62271-100:2008.	+Tensión resistida de frecuencia industrial. +Tensión resistida de impulso atmosférico. +Tensión de radiointerferencia. +Grado de protección de las envolventes. +Elevación de temperatura. +Interrupción de corriente de corto circuito. +Capacidad de resistir corriente de corta duración y máxima. + Estanquidad	+RSE12420 +RSE12416 +RSML1219	ABB R&D Laboratory, India
		+TIC 2174-12 +TIC 2176-12	KEMA High Voltage Laboratory, Arnhem, Holanda
		+RP-1819-005183	ERDA, India
Desconectador Tripolar Horizontal SPT de 220 kV Tipo: GW4 W4C-252 Marca: ABB, India Pruebas bajo norma IEC-62271-102	+Tensión resistida a frecuencia industrial, bajo lluvia +Tensión resistida a impulso + Radiointerferencia + Resistencia del circuito principal + Elevación de temperatura +Capacidad de soporte mecánico + Operación con la aplicación de la carga mecánica + Corriente soportada de corta duración y peak	+TIC-1390-11 +TIC-1388-11 +TIC-1364	KEMA High Voltage Laboratory, Arnhem, Holanda
		+ (M)A2013-141	Shanghai Electric Power Transmission & Distribution Testing Centre, Co.,Ltd (China) (SETC)
Desconectador Tripolar Horizontal SPT de 66 kV. Tipo: GW4A-72,5W Marca: ABB, India Pruebas bajo norma IEC-62271-102.	Tensión resistida a frecuencia industrial, bajo lluvia +Tensión resistida a impulso + Radiointerferencia + Resistencia del circuito principal + Elevación de temperatura +Capacidad de soporte mecánico + Operación con la aplicación de la carga mecánica + Corriente soportada de corta duración y peak	+B7016275	CESI, Italia
		+20180284B +A2013-408 +2010-268	Shanghai Electric Power Transmission & Distribution Testing Centre, Co.,Ltd (China) (SETC)
		(M)A2013-065	Shanghai Electric Power Transmission & Distribution Testing Centre, Co.,Ltd (China) (SETC) y MIQC (Machinery Industry High voltage Transmission & Distribution Equipment quality Inspection & Testing

Equipo	Pruebas Tipo	Protocolos	Laboratorio
<p>Desconectador Tripolar Pantógrafo SPT de 123 kV</p> <p>Tipo: GW6B-126W/2000-40</p> <p>Marca: Jiansu Rugao (China)</p> <p>Pruebas bajo norma IEC 62271-102</p>	<p>+Tensión resistida a frecuencia industrial, bajo lluvia</p> <p>+Tensión resistida a impulso</p> <p>+ Radiointerferencia</p> <p>+ Resistencia del circuito principal</p> <p>+ Elevación de temperatura</p> <p>+Capacidad de soporte mecánico</p> <p>+ Operación con la aplicación de la carga mecánica</p> <p>+ Corriente soportada de corta duración y peak</p>	(M)A2013-269	Shangai Electric Power Transmission & Distribution Testing Centre, Co.,Ltd (China) (SETC)
<p>Transformadores de Corriente de 220 kV</p> <p>Tipo: LVB-220W3</p> <p>Marca: Sieyuan, China</p> <p>Pruebas bajo normas IEC 61869-2 y 61869-1.</p>	<p>+Tensión resistida a frecuencia industrial, bajo lluvia</p> <p>+Tensión resistida a impulso atmosférico.</p> <p>+ Tensión de radiointerferencia.</p> <p>+Calentamiento.</p> <p>+Precisión</p> <p>+Aptitud para soportar corriente de corta duración.</p>	3115-16	STRI-CTQC, China-Inspeccionado por DNV GL (KEMA)
		STRI-18014	STRI (Shenyang Transformer Research Institute Co,Ltd. Transformer Laboratory), China
<p>Transformadores de Corriente de 66 kV.</p> <p>Tipo: LVB-66W3</p> <p>Marca: Sieyuan, China</p> <p>Pruebas bajo normas IEC 61869-2 y 61869-1.</p>	<p>+Tensión resistida a frecuencia industrial, bajo lluvia</p> <p>+Tensión resistida a impulso atmosférico.</p> <p>+ Tensión de radiointerferencia.</p> <p>+Calentamiento.</p> <p>+Precisión</p> <p>+Aptitud para soportar corriente de corta duración.</p>	CEPRI-EETC09-2017-0559	Power Industry Quality Inspection and Test Center for Electric Equipment-CEPRI (China Electric Power Research Institute), China
		STI 14039	Shenyang Transformer Institute Co,Ltd. Transformer Laboratory

Equipo	Pruebas Tipo	Protocolos	Laboratorio
Transformadores de Potencial de 220 kV. Tipo: TYD-220 Marca: Sieyuan, China. Pruebas bajo normas IEC 61869-5 y 61869-1.	+Tensión resistida a frecuencia industrial. +Tensión resistida a impulso atmosférico. + Tensión de radiointerferencia + Medición de capacitancia y tan d +Calentamiento +Estanquidad. + Grado de protección + Aptitud para soportar cortocircuito +Respuesta a transitorios + Ensayos de tipo accesorios onda portadora +Ferroresonancia	3144-16	CEPRI (China Electric Power Research Institute),-Inspeccionado por DNV GL (KEMA)
		+1430-19 +1429-19	KEMA High Voltage Laboratory, Arnhem, Holanda
Transformadores de Potencial de 66 kV Tipo: JDCF-66W3 Marca: Sieyuan, China. Pruebas bajo normas IEC 61869-3 y 61869-1.	Tensión resistida a frecuencia industrial. +Tensión resistida a impulso atmosférico. + Tensión de radiointerferencia + Medición de capacitancia y tan d +Calentamiento +Estanquidad. + Grado de protección + Aptitud para soportar cortocircuito +Respuesta a transitorios + Ensayos de tipo accesorios onda portadora +Ferroresonancia	EETC 2016 HG089J	Power Industry Quality Inspection and Test Center for Electric Equipment-CEPRI (China Electric Power Research Institute), China
Transformadores de Potencial inductivo de 220 kV para SS.AA. Tipo: SSVT-245 Marca: Sandian, China. Pruebas bajo normas IEC 61869-3, 61869-1, 60076-1.	+ Verificación de designación de bornes. + Tensión resistida a frecuencia industrial. + Tensión resistida de impulso. + Medición de descargas parciales. + Medición de capacitancia y tan d. +Medición de la impedancia. + Tensión resistida a frecuencia industrial de los enrollados secundarios. + Elevación de temperatura + Precisión + Medición de las pérdidas. + Pruebas de estanquidad.	CEPRI-EET009-2017-0570	Power Industry Quality Inspection and Test Center for Electric Equipment-CEPRI (China Electric Power Research Institute), China

Equipo	Pruebas Tipo	Protocolos	Laboratorio
<p>Pararrayos de 220 kV</p> <p>Tipo: Y10W-192/452</p> <p>Marca: Jinguan Electric, China.</p> <p>Pruebas bajo norma IEC 60099-4.</p>	<p>+Tensión resistida a frecuencia industrial, bajo lluvia</p> <p>+Tensión resistida a impulso</p> <p>+ Radiointerferencia</p> <p>+ Tensión residual</p> <p>+ Corto circuito</p> <p>+ Corriente de impulso de larga duración soportada</p> <p>+ Estanquidad</p> <p>+ Momento resistente</p> <p>+ Operación del equipo</p> <p>+ Comportamiento en el medio ambiente</p> <p>+ Característica tensión frecuencia industrial/ tiempo</p>	TDT 3217-10	State Grid Electric Power Research Institute (SGPRI), China. Inspeccionado por KEMA
<p>Pararrayos de 66 kV</p> <p>Tipo: Y5W-54/132</p> <p>Marca: Jinguan Electric, China.</p> <p>Pruebas bajo norma IEC 60099-4.</p>	<p>+Tensión resistida a frecuencia industrial, bajo lluvia</p> <p>+Tensión resistida a impulso</p> <p>+ Radiointerferencia</p> <p>+ Tensión residual</p> <p>+ Corto circuito</p> <p>+ Corriente de impulso de larga duración soportada</p> <p>+ Estanquidad</p> <p>+ Momento resistente</p> <p>+ Operación del equipo</p> <p>+ Comportamiento en el medio ambiente</p> <p>+ Característica tensión frecuencia industrial/ tiempo</p>	CEPRI-EETC02-2018-0002	Power Industry Quality Inspection and Test Center for Electric Equipment-CEPRI (China Electric Power Research Institute), China
<p>Aisladores de Pedestal de 220 kV</p> <p>Tipo: C8-1050</p> <p>Pruebas bajo norma IEC 60168.</p> <p>Marca: Modern Insulators, España</p>	<p>Tensión resistida a frecuencia industrial, bajo lluvia</p> <p>+Tensión resistida a impulso</p> <p>+ Resistencia a la rotura</p> <p>+ Porosidad</p> <p>+ Galvanizado</p> <p>+ Ciclo térmico</p>	43/1/2016-HV/3868/MIL/286	CPRI (Central Power Research Institute), India
		MMCHTR0075325	ERDA (Electrical Research and Development Association, India)

Equipo	Pruebas Tipo	Protocolos	Laboratorio
Aisladores de Pedestal de 66 kV Tipo: C6-325 Pruebas bajo norma: IEC 60168. Marca: Modern Insulators, España	+Tensión resistida a frecuencia industrial, bajo lluvia +Tensión resistida a impulso + Resistencia a la rotura + Porosidad + Galvanizado + Ciclo térmico	PVH/02/1209-1	CPRI (Central Power Research Institute), India
		RP-1516-002442	ERDA (Electrical Research and Development Association, India)
Trampas de Onda 220 kV Tipo: 1600 A/0,2mH/40kA(1s)/600Ω/255-500 kHz Marca: Siemens-Trench, Brasil. Pruebas bajo norma IEC 60353.	Tensión resistida a frecuencia industrial. +Tensión de radiointerferencia. +Corto circuito. +Elevación de temperatura. +Curvas de Resistencia e Impedancia de Boqueo, en función de la frecuencia. +Curvas de Perdida de Inserción, en función de la frecuencia. +Curvas de Atenuación de Bloqueo.	1634-10	Trench, Brasil
		523-10	CEMIG MS/QL- LEMAT

Para las pruebas tipo presentadas, el auditor puede certificar que se entregó el total de los protocolos de esas pruebas requeridos, y que estos fueron aceptados por el adjudicatario según lo indicado en su carta CE-092-2024-MATE. Esos protocolos y dicha carta se encuentran en el Anexo 2 y en el Anexo 1 de este informe, respectivamente.

El Auditor verificó que, para cada modelo de equipo adquirido para el Proyecto, los protocolos recibidos incluyeran todas las pruebas tipo según la respectiva norma IEC aplicable, que los criterios de aceptación en ella establecidos fueran cumplidos y que las pruebas se hubieran efectuado en un laboratorio de pruebas, independiente de reconocido prestigio internacional.

Como resultado de la verificación de los antecedentes recibidos de las pruebas tipo el auditor no tiene comentarios y recomienda su aceptación.

3.1.2 Protocolos de pruebas en fábrica

Las pruebas FAT a que fueron sometidos los equipos son las “pruebas de rutina” indicadas en las correspondientes normas IEC. Estas pruebas se deben hacer en cada uno de los equipos que se suministran.

En la Tabla 3.1.2 se indica para cada tipo de equipo de 220 y de 66 kV: su tipo (modelo); su fabricante; la norma IEC que debe cumplir; la designación de los protocolos; las pruebas de rutina efectuadas y el nombre del laboratorio donde se efectuaron las pruebas.

Tabla 3-1.2: protocolos de pruebas FAT

Equipo	Protocolos	Pruebas FAT	Laboratorio
Aislador de pedestal Tipo: C8-1050 (220kV) y C6-325 (66kV) Norma: IEC 60168 Marca: Modern Insulators, España.	245 kV: MIL/2022/A&R/TS-V7-266	+Control visual y dimensional + Resistencia a la flexión + Ciclo de temperatura + Galvanizado	De la fábrica Modern Insulators Ltd
	72 kV: MIL/2022/A&R/TS-V7-273		
Desconectador Tripolar pantógrafo SPT de 123 kV. Tipo: GW6B-126W/2000-40 Fábrica: Jiansu Rugao (China) Norma IEC-62271-102	SYRG2023022910	+Control visual y dimensional. +Ensayos mecánicos de operación. +Ensayo dieléctrico de los circuitos auxiliares y de control. +Medición de la resistencia del circuito principal.	Laboratorio Sieyuan China
Desconectores Tripolares apertura Horizontal SPAT 220 kV y SPT de 66 kV.	220 kV: SYRG2023022906	+Control visual y dimensional. +Ensayos mecánicos de operación. +Ensayo dieléctrico de los circuitos auxiliares y de control.	De la fábrica Sieyuan China

Equipo	Protocolos	Pruebas FAT	Laboratorio
<p>Tipo: GW4C-252 (220kV) y GW4A-72,5W (66kV).</p> <p>Marca: Sieyuan, China</p> <p>Norma: IEC-62271-102.</p>	<p>72,5 kV: SYRG2023022905</p>	<p>+Medición de la resistencia del circuito principal.</p>	
<p>Interruptores de Poder Tripolar de 220 kV y 66 kV</p> <p>Tipo: LTB 245 E1 (220kV) y EDF-72-SK1-1 (66kV).</p> <p>Marca: Hitachi, India</p> <p>Pruebas bajo norma IEC-62271-100:2008.</p>	<p>220 kV: - 700 25 261 al 700 25 263 - 700 25 565 al 700 25 570 - 700 25 580 y 700 25 584</p>	<p>+Verificación datos de placa +Verificación de alambrados de control y mando +Verificación características del motor +Estanquidad +Tensión resistida a frecuencia industrial, en seco +Tensión resistida de los circuitos de control y mando +Medición de la resistencia de contactos +Ensayos de operación mecánica +Control de los tiempos de operación +Verificación de la densidad del gas</p>	De la fábrica Hitachi
<p>Pararrayos de 220 kV y de 66 kV</p> <p>Tipo: Y10W-192/452 (220 kV) y Y5W-54/132 (66kV)</p> <p>Marca: Jinguan Electric, China.</p> <p>Pruebas bajo norma IEC 60099-4.</p>	<p>245kV: 2022072302</p> <p>72,5 kV: 2022072301</p>	<p>+Tensión de referencia. +Medición de descargas parciales. +Tensión residual. +Ensayo de estanquidad</p>	De la fábrica Jinniu Lab, China

Equipo	Protocolos	Pruebas FAT	Laboratorio
<p>Transformadores de Corriente de 220 y 66 kV. Tipo: LVB-220W3 (220 kV)) Marca: Sieyuan, China Pruebas bajo normas IEC 61869-2 y 61869-1.</p>	<p>220 kV: LVB-220 FAT- 194119-11238913 LVB-220 FAT- 194119-11238919 LVB-220 FAT- 194119-11235378 LVB-220 FAT- 194119-11235380 LVB-220 FAT- 194119-11238921 LVB-220 FAT- 194119-11238924</p>	<p>+Verificación designación de bornes y de datos de placa. +Estanquidad. +Precisión. +Tensión resistida a frecuencia industrial, en seco y medición de descargas parciales. +Medición de capacitancia y factor de disipación dieléctrico. +Tensión resistida entre sección primaria y en enrollados secundarios. + Determinación de las características de excitación. +Sobretensión entre espiras. +Resistencia enrollado secundario.</p>	De la fábrica Sieyuan China
	<p>66 kV: LVB-66 FAT-194119-11224964</p>		
<p>Transformadores de Potencial de 220 kV Tipo: TYD-220 Marca: Sieyuan, China. Pruebas bajo normas IEC 61869-5 y 61869-1. Transformadores de Potencial de 66 kV Tipo: JDCF-66W3 Marca: Sieyuan, China. Pruebas bajo norma IEC 61869-3 y 61869-1.</p>	<p>220kV: TYD-220 FAT-194119-42239766 TYD-220 FAT-194119-42239597</p>	<p>+ Verificación designación de bornes y de datos de placa. +Tensión resistida a frecuencia industrial. + Medición de descargas parciales. + Medición de capacitancia y tan d +Tensión resistida a frecuencia industrial entre secciones. + Tensión resistida a frecuencia industrial sobre los bornes secundarios. + Precisión +Control de la ferresonancia +Prueba de estanquidad</p>	De la fábrica Sieyuan China
	<p>66kV: JDCF-66 FAT Report-194119-14230735</p>		

Equipo	Protocolos	Pruebas FAT	Laboratorio
<p>Transformadores de Potencial inductivo de 220 kV para SS.AA. Tipo: SSVT-245 Marca: Sandian, China. Pruebas bajo normas IEC 61869-3, 61869-1, 60076-1.</p>	<p>245 kV: 133479-SD231016 133479-SD231020</p>	<ul style="list-style-type: none"> + Verificación de designación de bornes y de datos de placa. + Tensión resistida a frecuencia industrial. + Medición de descargas parciales. + Medición de capacitancia y tan d. +Medición de relación de transformación e impedancia. + Tensión resistida a frecuencia industrial de los enrollados secundarios. + Medición de las pérdidas. +Medición de resistencia de los devanados. +Pruebas de estanquidad. 	<p>De la fábrica SANDIAN China</p>
<p>Transformador de poder Trifásico 220/66 kV - 90 MVA. Tipo: SFSZ 220/66/13,8 kV-90 MVA-YNyn0d1-ONAN-ONAFI-ONAFII. Marca: HYOSUNG, China Pruebas bajo normas IEC-60076-1 IEC-60076-2 IEC-60076-3 IEC-60076-10 IEC-60076-18</p>	<p>10137848-15</p>	<ul style="list-style-type: none"> +Medición de la resistencia de los enrollados +Medición de la relación de tensión y verificación de tipo de conexión. +Medición de la impedancia de corto circuito y de las pérdidas en carga. +Medición de la corriente y pérdidas en vacío. +Tensión resistida a frecuencia industrial de los circuitos secundarios. + Pruebas de los cambiadores de tap bajo carga. + Estanquidad. +Verificación de la polaridad y relaciones de corriente de los TTCC. +Verificación de la aislación de los núcleos. +Determinación de las capacitancias enrollado-tierra y entre enrollados. +Medición de la resistencia de aislación enrollado- tierra y entre enrollados. +Medición del factor de disipación (tan d) de la aislación. + Prueba dieléctrica del aceite. +Medición de gases disueltos en el aceite. 	<p>De la fabrica HYOSUNG China</p>

Equipo	Protocolos	Pruebas FAT	Laboratorio
Trampas de Onda 220 kV Tipo: ZnO - 3kV/10kA Marca: Siemens- Trench, Brasil. Pruebas bajo norma IEC 60353.	0939_19B1-T0	+Inspección Visual y Dimensional- Conexión del Dispositivo de Sintonía, +Medición de Inductancia, 100 Hz y 100 kHz. +Medición de los Componentes de la Unidad de Sintonía. +Tensión Aplicada a los dispositivos. +Curva de la impedancia de bloqueo en función de la frecuencia	De la fábrica Siemens

De las pruebas de rutina presentadas, realizadas en fábrica, el auditor puede certificar que se entregó el total de los protocolos de pruebas de rutina requeridos, y que estos fueron aprobados por el adjudicatario según lo indicado en su carta CE-092-2024-MATE. Esos protocolos y dicha carta se encuentran en el Anexo 3 y en el Anexo 1 de este informe, respectivamente.

El Auditor verificó que, para cada uno de los distintos equipos de un modelo determinado adquiridos para el Proyecto, los protocolos recibidos incluyeran todas las pruebas de rutina según la respectiva norma aplicable, que los criterios de aceptación en ella establecidos fueran cumplidos y que las pruebas se hubieran efectuado en el correspondiente laboratorio de pruebas.

Como resultado de la verificación de los antecedentes recibidos de las pruebas FAT el auditor no tiene comentarios y recomienda su aceptación.

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

La calificación sísmica se comprobó mediante la verificación de la calificación sísmica de los equipos de alta tensión por parte del equipo auditor (experto civil y auditor) y la aprobación de la calificación sísmica de los equipos aprobada por el experto sísmico del Adjudicatario.

Los documentos revisados que forman parte del Proyecto de la “Subestación Nueva Nirivilo 220/66 kV” y que forman parte de la calificación sísmica de los equipos aprobada por el experto sísmico del Adjudicatario son los indicados en las siguientes tablas 3.2.1 y 3.2.2 y copia de los cuales se encuentra en el Anexo N°4. Esos documentos corresponden a la siguiente información:

- Tabla 3.2.1: Antecedentes sísmicos de cada tipo (modelo) de equipo que contiene el informe de cálculo sísmico respectivo del fabricante del equipo y que, además, contiene el informe de un experto sísmico, independiente, que verificó el cumplimiento de los requerimientos sísmicos establecidos para los equipos del proyecto.
- Tabla 3.2.2: Informe, entregado por el adjudicatario, de un experto sísmico, para la calificación sísmica del comportamiento (interacción) del conjunto equipo, estructura y fundación.

Tabla 3.2.1.: Antecedentes sísmicos de los fabricantes de equipos

Número de documento	Revisión	Objeto del documento
EC-80.19-SE-NIR-CE-RVS-001	0	Reporte Sísmico TP 220_kV. Incluye informe 170305-06 de Hernán Casar C., experto sísmico del fabricante del equipo.
EC-80.19-SE-NIR-CE-RVS-002	0	Reporte Sísmico TP SSAA 220 kV Incluye informe 29032017-11 de Felipe Camel O., experto sísmico del fabricante del equipo.
EC-80.19-SE-NIR-CE-RVS-004	0	Reporte Sísmico TC 220 kV. Incluye informe 170305-05 de Hernán Casar C., experto sísmico del fabricante del equipo.
EC-80.19-SE-NIR-CE-RVS-005	0	Reporte Sísmico Pararrayos 220kV. Incluye informe EPRO ITE-G3-005 de EstudioPro Consultora de Proyecto, experto sísmico del fabricante del equipo.
EC-80.19-SE-NIR-CE-RVS-006	0	Reporte Sísmico Desconectador Tripolar 220 kV. Incluye informe 170305-3-1 de Hernán Casar C., experto sísmico del fabricante del equipo.
EC-80.19-SE-NIR-CE-RVS-007	0	Reporte Sísmico Aislador Pedestal 220 kV. Incluye informe EPRO ITE-G3-007 de EstudioPro Consultora de Proyecto, experto sísmico del fabricante del equipo.
EC-80.19-SE-NIR-CE-RVS-008	0	Reporte Sísmico Interruptor 220 kV. Incluye aprobación del informe 2020-P547-ABB-MC-CB1-TB245E1T1-0 de Hitachi por DEEFE SPA, experto sísmico del fabricante del equipo.
EC-80.19-SE-NIR-CE-RVS-041	0	Reporte Sísmico Desconectador tripolar 66 kV. Incluye informe 20190604-1 de Francisco Contreras S., experto sísmico del fabricante del equipo.
EC-80.19-SE-NIR-CE-RVS-042	0	Reporte Sísmico Desconectador tripolar pantógrafo 123 kV. Incluye informe 20190801-3 de Francisco Contreras S., experto sísmico del fabricante del equipo.
EC-80.19-SE-NIR-CE-RVS-043	0	Reporte Sísmico TC 66 kV. Incluye informe 220703-0 de Hernán Casar C., experto sísmico del fabricante del equipo.

EC-80.19-SE-NIR-CE-RVS-044	0	Reporte Sísmico Interruptor 66 kV. Incluye informe ELEC-EQCO-RS-12 de EQCO, experto sísmico del fabricante del equipo
EC-80.19-SE-NIR-CE-RVS-045	0	Reporte Sísmico Aislador Pedestal 66kV. Incluye informe EPRO ITE-GEN-045 de EstudioPro Consultora de Proyecto, experto sísmico del fabricante del equipo.
EC-80.19-SE-NIR-CE-RVS-046	0	Reporte Sísmico TP 66 kV. Incluye informe 190304-05 de Hernán Casar C., experto sísmico del fabricante del equipo.
EC-80.19-SE-NIR-CE-RVS-048	0	Reporte Sísmico Pararrayos 66kV. Incluye informe EPRO ITE-GEN-045 de EstudioPro Consultora de Proyecto, experto sísmico del fabricante del equipo
EC-80.19-SE-NIR-CE-RVS-077	0	Reporte Sísmico Transformador de Poder 220/66 kV. Incluye informe EPRO ITE-GEN-045 de EstudioPro Consultora de Proyecto, experto sísmico del fabricante del equipo

Tabla 3.2.2: Interacción equipo, estructura, fundación

Número de documento	Revisión	Objeto del documento
EC-80.19-SE-NIR-CE-AIC-001	0	Análisis Interacción Transformador de Potencial 220kV Aprobado por EstudioPro Consultora de Proyecto Claudio Fernández Risco 19.06.2023
EC-80.19-SE-NIR-CE-AIC-002	0	Análisis Interacción Transformador de Potencial (SSAA) 220kV Aprobado por EstudioPro Consultora de Proyecto Claudio Fernández Risco 19.06.2023
EC-80.19-SE-NIR-CE-AIC-004	0	Análisis Interacción Transformador de corriente 220kV Aprobado por EstudioPro Consultora de Proyecto Claudio Fernández Risco 19.06.2023
EC-80.19-SE-NIR-CE-AIC-005	0	Análisis Interacción Pararrayos 220kV Aprobado por EstudioPro Consultora de Proyecto Claudio Fernández Risco 19.06.2023
EC-80.19-SE-NIR-CE-AIC-006	0	Análisis Interacción Desconectador Trifásico CPT y SPT 220kV Aprobado por EstudioPro Consultora de Proyecto Claudio Fernández Risco 19.06.2023
EC-80.19-SE-NIR-CE-AIC-007	0	Análisis Interacción Aislador de Pedestal 220kV Aprobado por EstudioPro Consultora de Proyecto Claudio Fernández Risco 19.06.2023
EC-80.19-SE-NIR-CE-AIC-008	0	Análisis Interacción Interruptor de Poder 220kV Aprobado por EstudioPro Consultora de Proyecto Claudio Fernández Risco 19.06.2023

EC-80.19-SE-NIR-CE-AIC-041	0	Análisis Interacción Desconectador Trifásico CPT y SPT 66kV Aprobado por EstudioPro Consultora de Proyecto Claudio Fernández Risco 15.06.2023
EC-80.19-SE-NIR-CE-AIC-042	0	Análisis Interacción Desconectador Trifásico CPT y SPT 66kV Aprobado por EstudioPro Consultora de Proyecto Claudio Fernández Risco 15.06.2023
EC-80.19-SE-NIR-CE-AIC-043	0	Análisis Interacción Transformador de corriente 66kV Aprobado por EstudioPro Consultora de Proyecto Claudio Fernández Risco 15.06.2023
EC-80.19-SE-NIR-CE-AIC-044	0	Análisis Interacción Interruptor de Poder 66kV Aprobado por EstudioPro Consultora de Proyecto Claudio Fernández Risco 15.06.2023
EC-80.19-SE-NIR-CE-AIC-045	0	Análisis Interacción Aislador de Pedestal 66kV Aprobado por EstudioPro Consultora de Proyecto Claudio Fernández Risco 15.06.2023
EC-80.19-SE-NIR-CE-AIC-047	0	Análisis Interacción Tr. de Potencial para barras 66kV Aprobado por EstudioPro Consultora de Proyecto Claudio Fernández Risco 15.06.2023
EC-80.19-SE-NIR-CE-AIC-048	0	Análisis Interacción Pararrayos 66kV Aprobado por EstudioPro Consultora de Proyecto Claudio Fernández Risco 15.06.2023

Para la verificación de la calificación sísmica presentadas para los equipos, el auditor puede certificar que se entregó el total de los informes y memorias de cálculo requeridos, y que estos fueran aceptados por el adjudicatario según lo indicado en su carta CE-092-2024-MATE. Esos documentos y dicha carta se encuentran en el Anexo 4 y en el Anexo 1 de este informe, respectivamente.

El equipo auditor revisó los antecedentes recibidos de adjudicatario y que el informe de verificación del equipo presentado por el adjudicatario, para cada modelo de equipo adquirido para el proyecto, estaba respaldado por el informe de un experto sísmico nacional de reconocido prestigio en ese rubro, encontrando que esos antecedentes permiten el cumplimiento de la calificación sísmica del respectivo equipo.

En cuanto a la calificación sísmica del comportamiento (interacción) del conjunto equipo, estructura y fundación, el equipo auditor verificó que el informe para cada modelo de equipo adquirido para el proyecto había sido realizado por un experto nacional de reconocido prestigio en ese rubro y que permitía verificar el cumplimiento del correspondiente estudio que había sido desarrollado mediante un análisis dinámico del tipo modal espectral (AME) y que permitía verificar el cumplimiento de lo siguiente:

- Los desplazamientos en la punta del equipo sean menores a los estipulados en la determinación de la holgura del conductor de conexionado.

- El momento en la base del equipo cumple con lo establecido según los ensayos de ruptura de la porcelana, con un F.S = 2.
- La aceleración en el centro de gravedad del equipo sea menor a 1,37g según Espectro de ETG 1.020 considerando 2% amortiguamiento.

Como resultado de la verificación de los antecedentes recibidos del adjudicatario para la verificación sísmica de los equipos suministrados para el proyecto, el auditor no tiene comentarios y recomienda su aceptación.

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° 418 de 2017 del Ministerio de Energía, y el decreto que fija los derechos y condiciones de explotación de la obra nueva denominada "Subestación Nueva Nirivilo 220/66 kV", contemplada en el Decreto Exento N° 5T de 2021 del Ministerio de Energía, de fecha 31 de agosto de 2019, y descritos en el numeral 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 Eléctrico Nacional, de los ensayos y/o pruebas de los equipos de las Obras Nuevas, así como de la calificación sísmica de ellos aprobada por el experto sísmico del Adjudicatario.

El Auditor del proyecto, en conformidad con los antecedentes presentados por el adjudicatario en los documentos individualizados en el numeral 3.1 y 3.2 del presente informe, los cuales fueron revisados, comentados y verificados, recomienda al Coordinador Eléctrico Nacional la aprobación del Hito Relevante N°3 para el proyecto "Subestación Nueva Nirivilo 220/66 kV", con fecha 30 de abril de 2024, correspondiente a la última entrega por parte de MATE, que no tuvo observaciones por parte de la Auditoría.

ANEXO 1: ENTREGA DE ANTECEDENTES

- CE-070-2022- MATE - Escrito Solicitud Fuerza Mayor Hito N5 MATE
- CE-048-2024- Antecedentes Hito Relevante N°3.
- CE-092-2024-MATE – Aprobación documentos.
- Listado de pruebas.

ANEXO 2: PROTOCOLOS DE PRUEBAS TIPO

- Pruebas Tipo Interruptores 220 kV.
- Pruebas Tipo Interruptores 66 kV.
- Pruebas Tipo Desconectadores 220 kV.
- Pruebas Tipo Desconectador 66 kV.
- Pruebas Tipo Desconectador Pantógrafo 66 kV.
- Pruebas Tipo Transformadores de Corriente 220 kV.
- Pruebas Tipo Transformadores de Corriente 66 kV.
- Pruebas Tipo Transformadores de Potencial 220 kV.
- Pruebas Tipo Transformadores de Potencial 66 kV.
- Pruebas Tipo Transformadores de Potencial 220 kV para los SSAA.
- Pruebas Tipo Pararrayos 220 kV.
- Pruebas Tipo Pararrayos 66 kV.
- Pruebas Tipo Aislador Pedestal 220 kV.
- Pruebas Tipo Aislador Pedestal 66 kV.
- Pruebas Tipo Trampa de Onda 220 kV.

ANEXO 3: PROTOCOLOS PRUEBAS DE RUTINA EN FÁBRICA (FAT)

- Pruebas FAT Power Transformer-Hyosung-Serial 10137848-11.
- Pruebas FAT Interruptores 220 kV.
- Pruebas FAT Interruptores 66 kV.
- Pruebas FAT Desconectadores 220 kV.
- Pruebas FAT Desconectadores 66 kV.
- Pruebas FAT Desconectador Pantógrafo 66 kV.
- Pruebas FAT Transformadores de Corriente 220 kV.
- Pruebas FAT Transformadores de Corriente 66 kV.
- Pruebas FAT Transformadores de Potencial 220 kV.
- Pruebas FAT Transformadores de Potencial 66 kV.
- Pruebas FAT Transformadores de Potencial 220 kV para los SSAA.
- Pruebas FAT Pararrayos 220 kV.
- Pruebas FAT Pararrayos 66 kV.
- Pruebas FAT Aislador Pedestal 220 kV.
- Pruebas FAT Aislador Pedestal 66 kV.
- Pruebas FAT Trampa de Onda 220 kV.

ANEXO 4: CALIFICACIÓN SÍSMICA DE LOS EQUIPOS AT

- EC-80.19-SE-NIR-CE-RVS-001 Reporte Sísmico TTPP 220 kV.
- EC-80.19-SE-NIR-CE-RVS-002 Reporte Sísmico TTPP SSAA 220 kV.
- EC-80.19-SE-NIR-CE-RVS-004 Reporte Sísmico TTCC 220 kV.
- EC-80.19-SE-NIR-CE-RVS-005 Reporte Sísmico Pararrayos 220kV.
- EC-80.19-SE-NIR-CE-RVS-006 Reporte Sísmico Desconectador 220 kV.
- EC-80.19-SE-NIR-CE-RVS-007 Reporte Sísmico Aislador Pedestal 220 kV.
- EC-80.19-SE-NIR-CE-RVS-008 Reporte Sísmico Interruptor 220kV.
- EC-80.19-SE-NIR-CE-RVS-041 Reporte Sísmico Desconectador 66 kV.
- EC-80.19-SE-NNI-CE-RVS-042 Reporte de Verificación Sísmica Desconectador Pantógrafo 66Kv.
- EC-80.19-SE-NIR-CE-RVS-043 Reporte Sísmico TTCC 66 kV.
- EC-80.19-SE-NIR-CE-RVS-044 Reporte Sísmico Interruptor 66 kV.
- EC-80.19-SE-NIR-CE-RVS-045 Reporte Sísmico Aislador Pedestal 66kV.
- EC-80.19-SE-NIR-CE-RVS-047 Reporte Sísmico TTPP 66 kV.
- EC-80.19-SE-NIR-CE-RVS-048 Reporte Sísmico Pararrayos 66kV.
- EC-80.19-SE-NIR-CE-RVS-077 Reporte Sísmico Transformador de Poder 220/66 Kv.
- EC-80.19-SE-NIR-CE-AIC-001 Análisis Interacción Transformador de Potencial 220kV.
- EC-80.19-SE-NIR-CE-AIC-002 Análisis Interacción Transformador de Potencial (SSAA) 220kV.
- EC-80.19-SE-NIR-CE-AIC-004 Análisis Interacción Transformador de corriente 220kV.
- EC-80.19-SE-NIR-CE-AIC-005 Análisis Interacción Pararrayos 220kV.
- EC-80.19-SE-NIR-CE-AIC-006 Análisis Interacción Desconectador Trifásico CPT y SPT 220kV.
- EC-80.19-SE-NIR-CE-AIC-007 Análisis Interacción Aislador de Pedestal 220kV.
- EC-80.19-SE-NIR-CE-AIC-008 Análisis Interacción Interruptor de Poder 220kV.
- EC-80.19-SE-NIR-CE-AIC-041 Análisis Interacción Desconectador Trifásico CPT y SPT 66kV.
- EC-80.19-SE-NIR-CE-AIC-043 Análisis Interacción Transformador de corriente 66kV.
- EC-80.19-SE-NNI-CE-AIC-042 Análisis Interacción Desconectador Pantógrafo 66kV
- EC-80.19-SE-NIR-CE-AIC-044 Análisis Interacción Interruptor de Poder 66kV.
- EC-80.19-SE-NIR-CE-AIC-045 Análisis Interacción Aislador de Pedestal 66kV.
- EC-80.19-SE-NIR-CE-AIC-047 Análisis Interacción Transformador de Potencial 66kV.
- EC-80.19-SE-NIR-CE-AIC-048 Análisis Interacción Pararrayos 66kV.