



**estudios energéticos consultores.**  
GRUPO MERCADOS ENERGÉTICOS CONSULTORES

# **ENSAYOS DE VERIFICACIÓN DE SERVICIOS COMPLEMENTARIOS DE CONTROL TERCIARIO DE FRECUENCIA**

**PSFV ALMEYDA**

**Informe final**



Diciembre 2021

A 0657-21

## Tabla de contenido

<b>REGISTRO DE COMUNICACIONES</b> .....	<b>6</b>
<b>SECCIÓN PRINCIPAL</b> .....	<b>7</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>7</b>
1.1. Descripción del parque solar fotovoltaico.....	7
<b>2. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES DE LA PLANTA</b> .....	<b>12</b>
2.1. Control de planta .....	12
2.2. Inversores .....	13
2.3. Transformadores de bloque de los inversores .....	14
2.4. Red colectora.....	16
2.5. Transformador de potencia.....	17
2.6. Cambiador de tap bajo carga .....	17
2.7. Banco de compensación .....	18
<b>3. DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS</b> .....	<b>18</b>
<b>4. RESULTADOS OBTENIDOS</b> .....	<b>18</b>
4.1. Verificación del gradiente de incremento / reducción de carga .....	18
<b>5. VERIFICACIÓN DE AJUSTES</b> .....	<b>24</b>
5.1. Ajuste de protecciones de los inversores.....	24
5.2. Ajuste de protecciones de la subestación .....	24
5.3. Lógicas de inyección de corriente y LVRT .....	25
<b>6. CONCLUSIONES</b> .....	<b>26</b>
<b>7. REFERENCIAS</b> .....	<b>27</b>
<b>ANEXO 1</b> .....	<b>27</b>

## Índice de tablas y gráficos

Tabla 1. Características de conductores.....	17
Tabla 2. Características del transformador de potencia de la SE Almeyda.....	17
Tabla 3. Características del banco de compensación. ....	18
Tabla 4. Ajuste de protecciones de los inversores. ....	24
Tabla 5. Ajuste de protecciones de frecuencia.....	24
Tabla 6: Parámetros del controlador local del inversor (FS3300K y FS2200K) .....	26
Tabla 7. Configuración de protección de inversores.....	29
Tabla 8. Características del adquisidor de datos. ....	32
Gráfico 1. Esquema unifilar del punto de interconexión con el sistema. ....	9
Gráfico 2. Esquema unifilar 220/33kV SE Almeyda.....	10
Gráfico 3. Esquema unifilar SE Almeyda 33 kV.....	11
Gráfico 4. Pantallas de in-puts SCADA de planta. ....	13
Gráfico 5. Curva PQ Power Electronics línea FS.....	14
Gráfico 6. FP/min tensión de continua.....	14
Gráfico 7. Características de los transformadores de bloque de los inversores FS3300K.....	15
Gráfico 8. Características del transformador de bloque del inversor FS2200K.....	16
Gráfico 9. Respuesta de la potencia activa frente a gradiente de incremento / reducción de carga de 10 %/min. ....	19
Gráfico 10. Respuesta de la tensión en 220kV frente a gradiente de incremento / reducción de carga de 10 %/min.....	19
Gráfico 11. Respuesta de la potencia reactiva frente a gradiente de incremento / reducción de carga de 10 %/min.....	20
Gráfico 12. Respuesta de la potencia activa frente a Gradiente de incremento / reducción de carga de 20 %/min.....	20
Gráfico 13. Respuesta de la la tensión en 220kV frente a Gradiente de incremento / reducción de carga de 20 %/min.....	21
Gráfico 14. Respuesta de la potencia reactiva frente a Gradiente de incremento / reducción de carga de 20 %/min.....	21
Gráfico 15. Respuesta de la potencia activa frente a Gradiente de incremento / reducción de carga de 70 %/min.....	22
Gráfico 16. Respuesta de la tensión en 220kV frente a Gradiente de incremento / reducción de carga de 70 %/min.....	22
Gráfico 17. Respuesta de la potencia reactiva frente a Gradiente de incremento / reducción de	

carga de 70 %/min.....	23
Gráfico 18. Captura SCADA, esquema general de PSFV Almeyda.....	27
Gráfico 19. Certificado de potencia aparente y servicios auxiliares de los inversores. ....	28
Gráfico 20. Chapa característica del transformador de potencia.....	30
Gráfico 21. Captura de la parametrización del control del cambiador de TAP.....	31
Gráfico 22. Característica de los bancos de capacitores. ....	31
Gráfico 23. Representación esquemática simplificada de conexión de equipamiento. ....	33

## Abreviaturas y acrónimos

CEN	Coordinador Eléctrico Nacional
CNE	Comisión Nacional de Energía
CDC	Centro de despacho del coordinador
ERNC	Energía Renovables No Convencional
NTSyCS	Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio
NT SSMM	Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio para Sistemas Medianos
PE	Parque Eólico
PSFV	Parque solar fotovoltaico
SE	Subestación eléctrica
AT	Alta tensión
MT	Media tensión
BT	Baja tensión
ONAN	Oil Natural Air Natural
ONAF	Oil Natural Air Forced
SEN	Sistema Eléctrico Nacional
RCB	Regulador Bajo Carga
PMU	Power Management Unit



## REGISTRO DE COMUNICACIONES

Registro de las actividades, comunicaciones y aprobación de informes.

Número	Fecha dd/mm/año	Objeto	Ref	Observaciones	Responsable
1	31/12/2021	Informe de ensayos de servicios complementarios de control terciario de frecuencia	V1	Preparó FG - SD	FM

# SECCIÓN PRINCIPAL

## 1. INTRODUCCIÓN

En el siguiente informe se documentan los ensayos de campo realizados en el Parque Solar Fotovoltaico (PSFV) Almeyda durante el día 14 de diciembre de 2021 en relación con el proceso de verificación de la prestación de servicios complementarios de control terciario de frecuencia en giro.

De esta manera, se han obtenido registros que muestran la respuesta de los sistemas de control del parque según los requerimientos en el Anexo Técnico: Verificación De Instalaciones Para La Prestación SSCC de la Norma Técnica de Servicios Complementarios (NTSSCC) vigente, y en la Guía de Verificación de Servicios Complementarios de Control de Frecuencia.

### 1.1. Descripción del parque solar fotovoltaico

El PSFV Almeyda, se encuentra ubicado a 23 km de la ciudad de Diego de Almagro, provincia de Chañaral, Región de Atacama (III) específicamente en las coordenadas 26 11' 28,2" latitud sur; 70 5' 52" longitud oeste y a 908 msnm.

La planta cuenta con 187620 unidades de módulos fotovoltaicos instalados, cada uno de ellos en estructuras fijas. Los módulos implementados son de marca JA Solar, modelo JAP72S01-335/SC/1500V\_ACC de 335Wp.

Está formado por 17 inversores Power Electronics, 16 de estos corresponden al modelo FS3300K de 3.63/3.3MVA(25/50°C) y el restante es modelo FS2200K de 2.42/2.2MVA(25/50°C), totalizando una potencia instalada total de 65/55MVA a 25/50°C. En el Gráfico 5 se muestra la curva de capacidad del inversor.

La distribución en media tensión se realiza mediante un sistema colector en 33 kV formado por 3 circuitos que recolectan la potencia de los centros de transformación. El parque cuenta con 3 centros de transformación por cada circuito colector, los mismos compuestos por 2 transformadores de bloque de 3.3MVA, excepto el centro donde se conecta el inversor FS2200K que posee un solo transformador de 2.2MVA. Los centros de transformación quedan identificados en función del número de colector al que pertenecen; el colector 1 cuenta con los centros de transformación PS-1.1, PS-1.2 y PS-1.3; el colector con los centros PS-2.1, PS-2.2 y PS-2.3; por último, el colector número 3 queda formado por los centros PS-3.1, PS-3.2 y PS-3.3, siendo PS-3.1 el centro que posee un solo transformador de 2.2MVA.

Los circuitos colectores acometen a una barra de 33kV, la cual cuenta con un campo para conectarse al transformador de potencia T1 de 220/33kV (marca SPECO - Modelo sfz-65000/220) de 50/65MVA(ONAN/ONAF). Por otra parte, a la barra de 33 kV se conecta un banco de compensación de potencia reactiva de 6 MVar

El punto de conexión del parque la barra de 220kV de la SE Almeyda. El vínculo con el sistema eléctrico se realiza a través de la línea aérea Almeyda - Malgarida de 220 kV, con una longitud aproximada de 17.74 km.

En el Gráfico 1 se muestra un esquema unilíneal de la conexión de los tramos de línea y conductor que vinculan la subestación Malgarida con Almeyda. En el Gráfico 2 se expone el esquema unifilar de la SE Almeyda, en sus dos niveles de tensión de operación, en 33kV quedan identificadas las

celdas de acometida de los 3 circuitos colectores del parque; y en el Gráfico 3 se muestra el esquema unifilar de la red de 33kV.



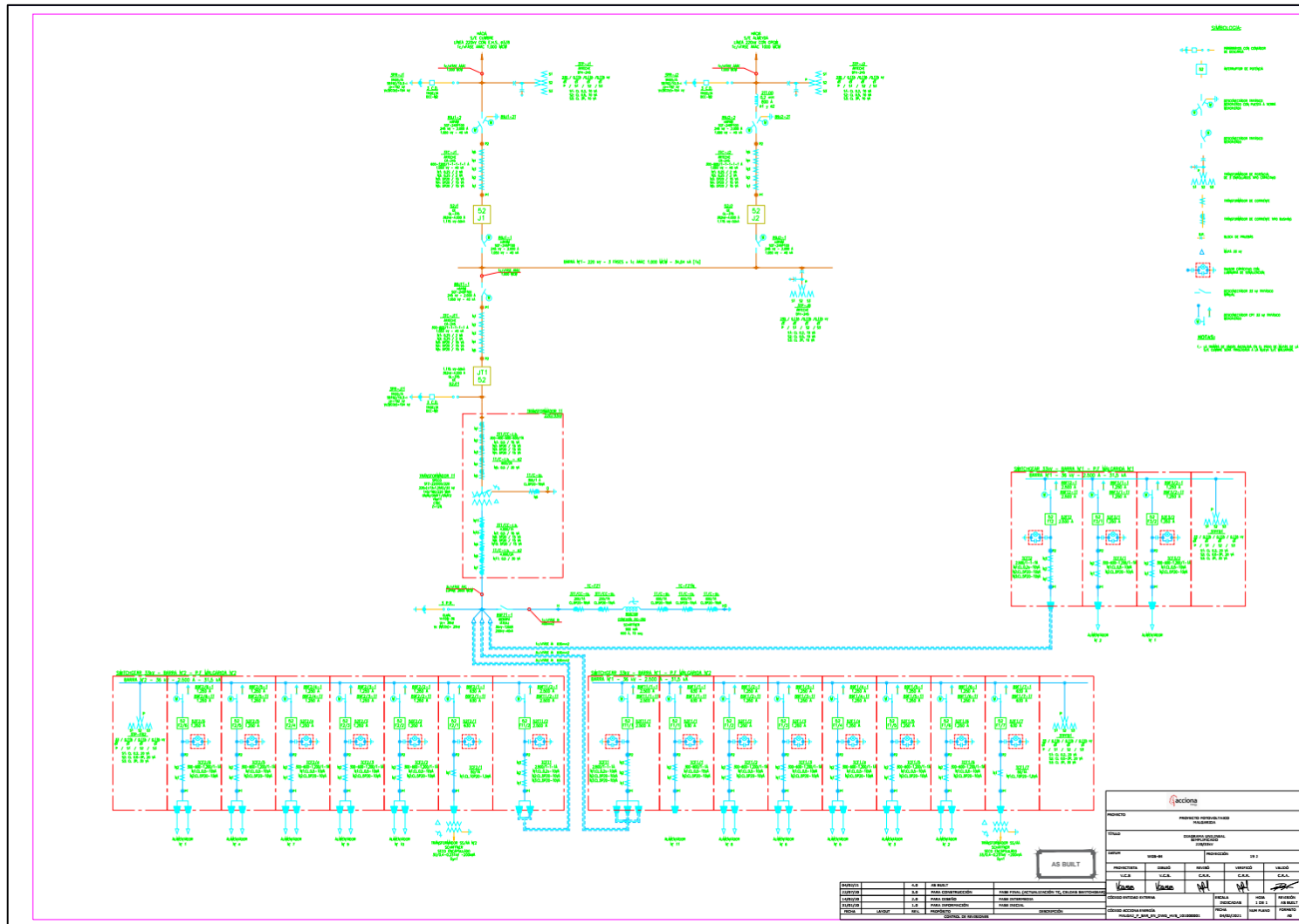


Gráfico 1. Esquema unifilar del punto de interconexión con el sistema.

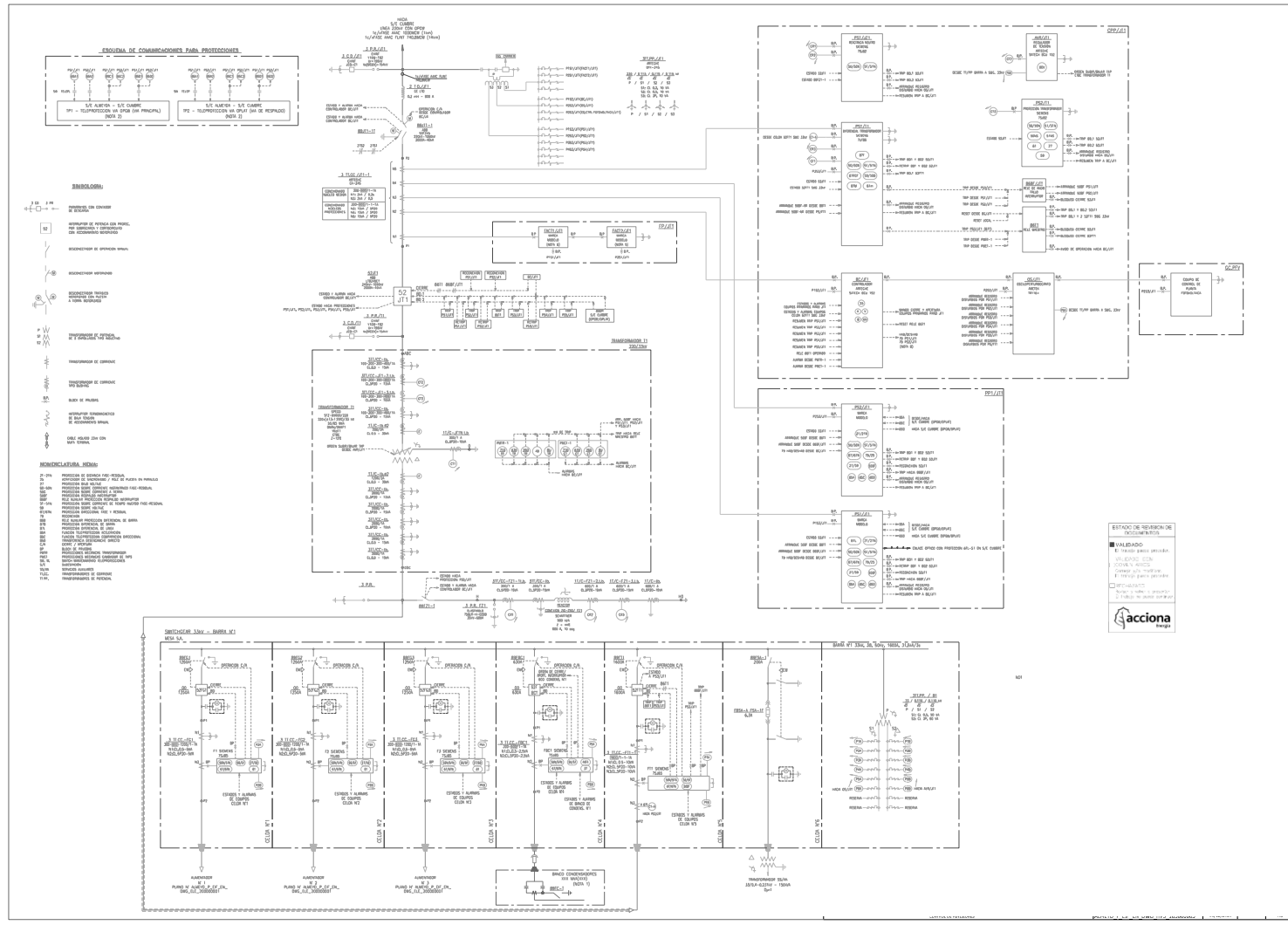


Gráfico 2. Esquema unifilar 220/33kV SE Almeyda

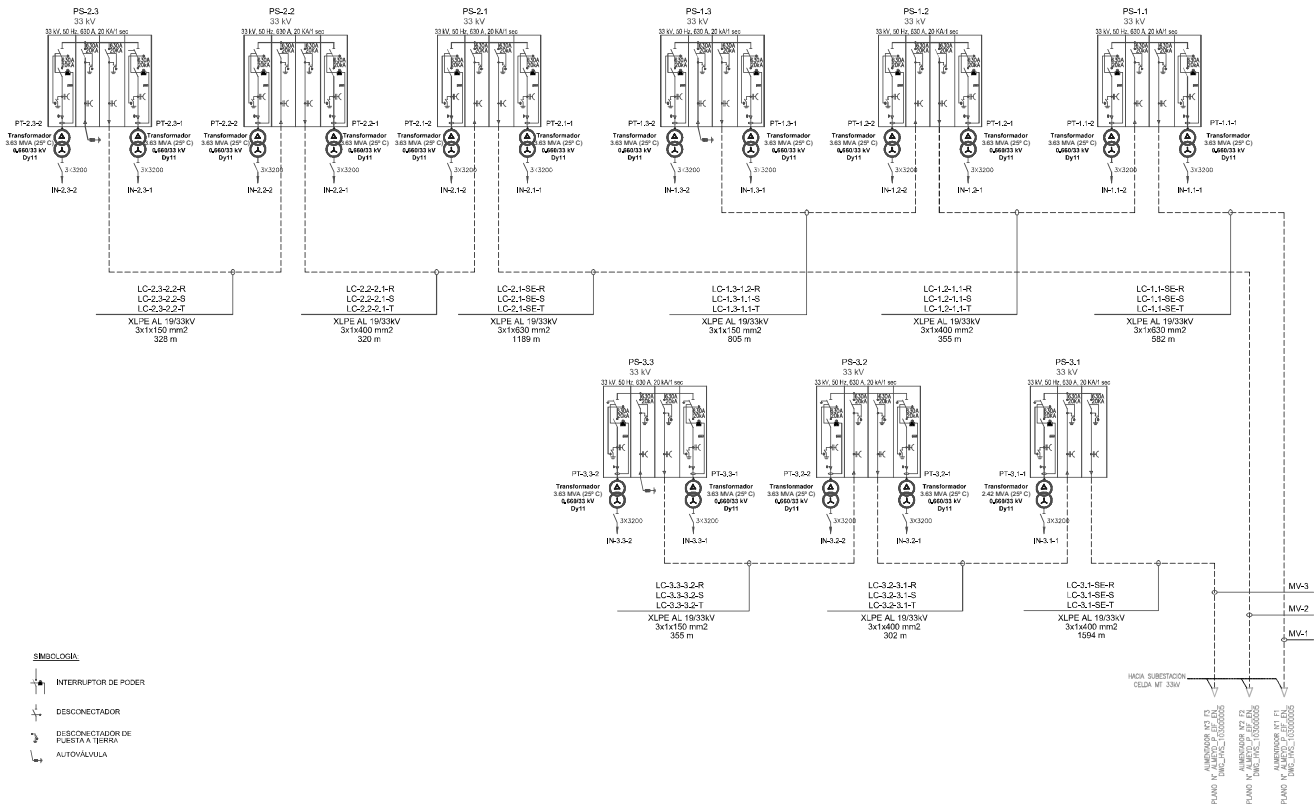


Gráfico 3. Esquema unifilar SE Almeyda 33 kV.

## 2. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES DE LA PLANTA

### 2.1. Control de planta

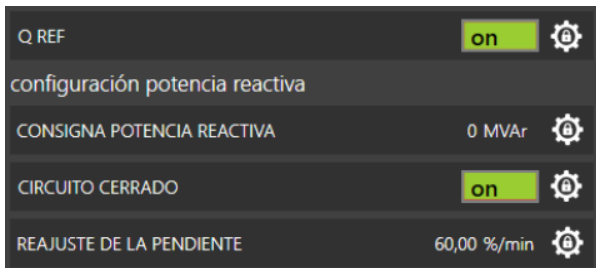
El control de planta posee las siguientes funcionalidades:

- Funciones de control de potencia activa:
  - Control de potencia activa 0-100%: Permite ajustar el valor de potencia activa a un valor determinado. Cuando la limitación de rampa está activa, tanto la rampa subida como de bajada quedan definidas por una pendiente determinada. En el caso particular del PSFV Almeyda está pendiente estaba configurada en 20 %/min tanto para la toma de carga como para la reducción de generación.
  - Control de frecuencia: Esta función contempla la respuesta de la potencia activa en función a las fluctuaciones de frecuencia respecto a la frecuencia nominal (50 Hz). La respuesta del parque estará dada por una curva de potencia frecuencia que posee una pendiente y una banda muerta.
- Funciones de control de potencia reactiva:
  - Control de tensión: Permite definir un valor de consigna de tensión en el punto de conexión del PSFV. En el caso particular de la PSFV Almeyda el control es del tipo VQ, lo cual implica que el control se realiza a través de una pendiente de Q ( $f(\Delta V)$ ) predefinida.
  - Control de potencia reactiva: Permite definir un valor de consigna de potencia reactiva en el punto de conexión, la cual es distribuida entre todos los inversores.
  - Control de factor de potencia: Permite definir un valor de consigna de factor de potencia en el punto de conexión, controlando la inyección de potencia reactiva para mantenerlo constante.
- Modo Nocturno: El Parque Solar Fotovoltaico El Almeyda cuenta con la posibilidad de poder inyectar potencia reactiva sin recurso primario (de noche).

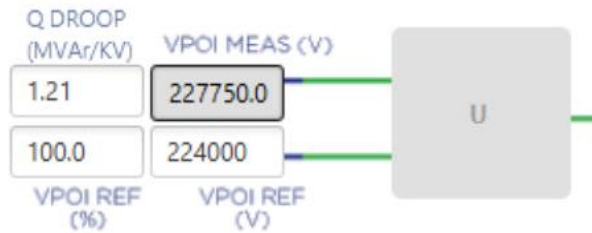
El PPC envía las consignas de potencia activa y reactiva que se reparten en los Inversores de la planta. **Las funciones de control de tensión y factor de potencia a nivel inversor no se encuentran disponibles, por lo tanto, no fueron ensayadas.** A nivel inversor solo está habilitado el envío de consignas de potencia activa y reactiva por medio del sistema SCADA.

En el

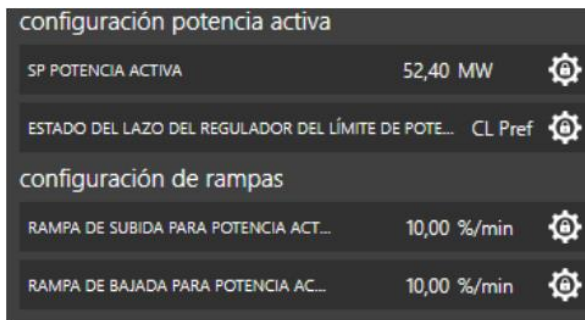
Gráfico 4 se recopilan imágenes de algunos in-puts del SCADA donde se definen las variables consigna para el PPC.



a. Ajuste de rampa ctrl.Q.



b. Ajuste de ctrt.V.



c. . Ajuste de rampa ctrl P.



d. Ajuste de la regulación de frecuencia.

Gráfico 4. Pantallas de in-puts SCADA de planta.

## 2.2. Inversores

Los inversores Power Electronics FS3300K están diseñados para trabajar a 3.63MW a 25 °C y a 3.3MW a 50 °C, los inversores modelo FS2200K en cambio operan a 2.42MW nominales a 25 °C y a 2.2MW a 50 °C, ambos modelos con un factor de potencia variable en función del punto de operación de la tensión en el bus de continua (en condiciones normales, puede alcanzar la unidad); y con una tensión nominal de operación a la salida de alterna de 660 Vac. El valor máximo de P y Q queda condicionado por la tensión en bornes del inversor (PQ (V)). En el grafico siguiente se muestra la curva característica del inversor.



Gráfico 5. Curva PQ Power Electronics línea FS.

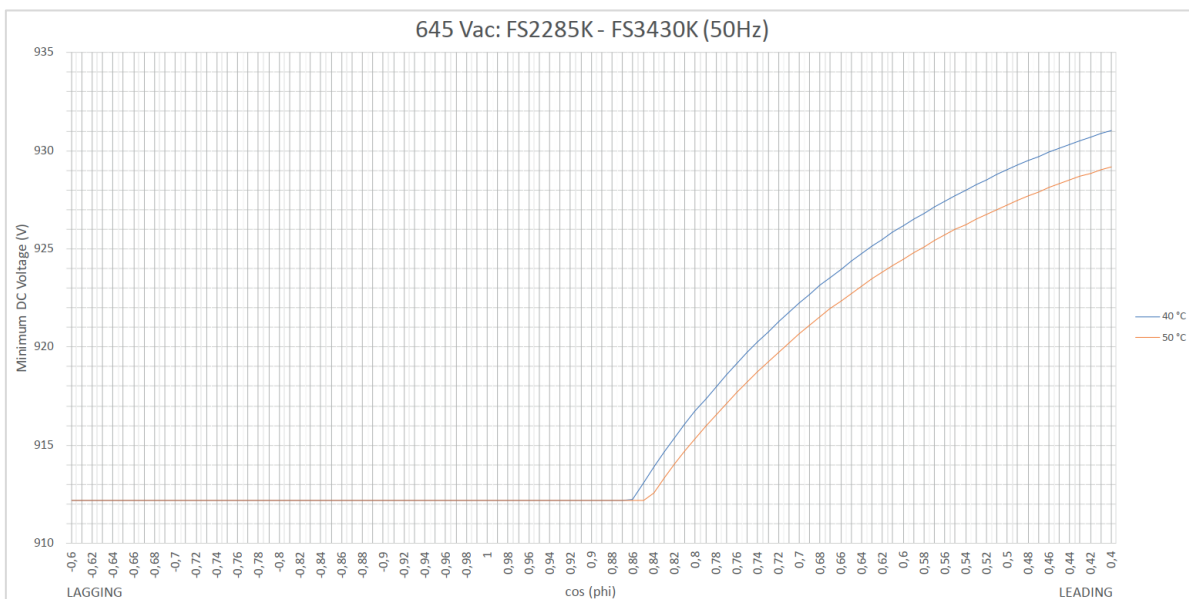


Gráfico 6. FP/min tensión de continua.

### 2.3. Transformadores de bloque de los inversores

Cada centro de transformación cuenta con dos transformadores de bloque, los cuales elevan el nivel de tensión de 660Vac a 33kVac, a excepción del centro de transformación PS-3.1 el cual posee solo uno. Las características de los transformadores se pueden ver en los Gráfico 7 y Gráfico 8.


		ITEM:	001	SEA ref.:	RDO2018.5686F									
		Quantity:	17	Date:	11/01/2019 07:36:34									
		Customer Code:		Model:	TTO-4 CBI EN 50464-1									
				SEA Code:										
Oil immersed transformer hermetic type		3300 kVA	33 kV	± 2 x 2,5 %	660 V									
<b>ELECTRICAL DATA</b>														
Rating power:	3300	kVA												
Service:	Photovoltaic service													
Cooling:	ONAN													
Frx:	50	Hz												
No load primary voltage:	33	kV												
Primary Voltage Regulation:	± 2 x 2,5 %													
No-load secondary voltage:	660	V												
Vector group:	Dy11													
Insulating level at I':	36 / 70 / 170	kV												
Insulating level at II':	1,1 / 3 / --	kV												
Insulating class I''/III':	A / A													
Primary/Secondary winding conductors:	Al / Al													
Primary bushings protection degree:	IP00													
Secondary bushings protection degree:	IP00													
Designed max: ambiente temperature:	-25 +50	°C												
Overtemp. Oil / Windings:	50 / 55	°C												
Altitude of installation:	<=1000 mt													
Installation:	Outdoor													
Po at 1 Vn:	4000	W												
Pcc at 75 °C and Sn:	22500	W												
Vcc at 75 °C and Sn:	8	%												
Io at 1 Vn:	0,45	%												
Lp(A) at 0.3mt (ONAN):	70	dB(A)												
Painting / Colour:	C4-M / RAL5008													
Tank execution:	Corrugated tank													
Oil type:	Mineral oil according IEC60296													
Transformer overall dimensions (LxWxD):	2110 x 1750 x 2005	mm												
Wheelbase:	1070	mm												
Transformer weight:	7400	kg												
Oil weight:	1750	kg												
<b>INCLUDED STANDARD ACCESSORIES</b>														
Off-load tap-changer on the cover for primary tappings														
No. 2 grounding provisions														
Lifting lugs														
Haulage hooks														
No. 1 rating plate														
No. 1 thermometer pocket														
No. 1 oil drain valve														
<b>INCLUDED ACCESSORIES</b>														
N.6 passbar 2x2500 A.														
Set of N.1 PT100 sensor for oil temperature detection (without 4-20 mA.)														
Tank oil valve for drain and sample steelball type size 1" 1/2 gas.														
Integrated safety detector														
Overpressure relief device without contact														
Set of n°3 plug-in bushings on MV side type outer cone 36 kV/400 A type "B" (only fix part)														
<b>SPECIAL EXECUTION INCLUDED</b>														
Design for ambient temperature of 50 °C.														
Impedance 8%														
Losses with IEC tolerances														
Electrostatic screen between core and windings														
<b>TYPE AND SPECIAL TESTS ON REQUEST</b>														
Witnessed routine test (per each day)														
Measurement zero sequence impedance														
Measurements of no-load losses and current at 90% and 110% of rated voltage.														
Heat run test with maximum THD condition <3%. (one week more for the first delivery)														
Winding hot-spot temperature-rise measurement by calculation, after the temperature rise test.														
<b>SPECIAL TECHNICAL REMARKS</b>														
Permanent rating at 25°C and <1000 masl = 3630 kVA														
Permanent rating at 30°C and <1000 masl = 3564 kVA														
Permanent rating at 35°C and <1000 masl = 3498 kVA														
Permanent rating at 40°C and <1000 masl = 3432 kVA														
Permanent rating at 45°C and <1000 masl = 3366 kVA														
Permanent rating at 50°C and <1000 masl = 3300 kVA														
No wheels														
Technical remarks		Tolerances and tests according to IEC 60076 (if not otherwise indicated) Dimensions and weight to be confirmed after PO Warranty referred at nominal power rating and nominal voltage ratio (the highest in case of double primary voltages) Sound pressure level referred at 0.3 meter with ONAN cooling and +3 dB tolerance												
Efficiency	4/4	3/4	2/4	1/4	Voltage drop	4/4	3/4	2/4	1/4	4/4	3/4	2/4	1/4	
n cos φ = 1.0	99.2	99.33	99.42	99.35	DV cos φ = 1.0	1.0	0.69	0.42	0.19	Ri cos φ = 1.0	0.68	0.51	0.34	0.17
n cos φ = 0.9	99.12	99.26	99.36	99.29	DV cos φ = 0.9	4.32	3.2	2.1	1.04	Xi cos φ = 1.0	7.97	5.98	3.99	1.99
n cos φ = 0.8	99.01	99.17	99.29	99.19	DV cos φ = 0.8	5.51	4.1	2.71	1.34					
Standards	Standard test according IEC60076 included. Type and special tests at cost if required.													

Gráfico 7. Características de los transformadores de bloque de los inversores FS3300K.




		ITEM:	002	SEA ref.:	RDO2018.5686F									
		Quantity:	1	Date:	11/01/2019 07:36:34									
		Customer Code:		Model:	TTO-AoBk									
				SEA Code:										
Oil immersed transformer hermetic type		2200 kVA	33 kV	± 2 x 2,5 %	660 V									
<b>ELECTRICAL DATA</b>			<b>INCLUDED STANDARD ACCESSORIES</b>											
Rating power:	2200	kVA	Off-load tap-changer on the cover for primary tappings											
Service:	Photovoltaic service		No. 2 grounding provisions											
Cooling:	ONAN		Lifting lugs											
F <sub>r</sub> :	50	Hz	Haulage hooks											
No load primary voltage:	33	kV	No. 1 rating plate											
Primary Voltage Regulation:	± 2 x 2,5 %		No. 1 thermometer pocket											
No-load secondary voltage:	660	V	No. 1 oil drain valve											
Vector group:	Dy11		<b>INCLUDED ACCESSORIES</b>											
Insulating level at I <sup>o</sup> :	36 / 70 / 170	kV	Set of N.1 PT100 sensor for oil temperature detection (without 4-20 mA)											
Insulating level at II <sup>o</sup> :	1,1 / 3 / --	kV	Tank oil valve for drain and sample steelball type size 1" 1/2 gas.											
Insulating class I <sup>o</sup> /II <sup>o</sup> :	A / A		Integrated safety detector											
Primary/Secondary winding conductors:	Al / Al		Overpressure relief device without contact											
Primary bushings protection degree:	IP00		Set of n°3 plug-in bushings on MV side type outer cone 36 kV/400 A type "B" (only fix part)											
Secondary bushings protection degree:	IP00		<b>SPECIAL EXECUTION INCLUDED</b>											
Designed max ambiente temperature:	-5 +50	°C	Losses with IEC tolerances											
Overtemp. Oil / Windings:	50 / 55	°C	Electrostatic screen between core and windings											
Altitude of installation:	<=1000	mt	<b>TYPE AND SPECIAL TESTS ON REQUEST</b>											
Installation:	Outdoor		Witnessed routine test (per each day)											
P <sub>o</sub> at 1 V <sub>n</sub> :	2800	W	Measurement zero sequence impedance											
P <sub>cc</sub> at 75°C and S <sub>n</sub> :	18500	W	Measurements of no-load losses and current at 90% and 110% of rated voltage.											
V <sub>cc</sub> at 75°C and S <sub>n</sub> :	6	%	Heat run test with maximum THD condition <3% (one week more for the first delivery)											
I <sub>o</sub> at 1 V <sub>n</sub> :	0,45	%	Winding hot-spot temperature-rise measurement by calculation, after the temperature rise test.											
L <sub>p</sub> (A) at 0.3mt (ONAN):	65	dB(A)	<b>SPECIAL TECHNICAL REMARKS</b>											
Painting / Colour:	ISO12944-C4-M / RAL 7033		Permanent rating at 25°C and <1000 masl = 2420 kVA											
Tank execution:	Corrugated tank		Permanent rating at 30°C and <1000 masl = 2376 kVA											
Oil type:	Not inhibited LIBRA		Permanent rating at 35°C and <1000 masl = 2332 kVA											
Transformer overall dimensions (LxWxH):	2100 x 1600 x 2000		Permanent rating at 40°C and <1000 masl = 2288 kVA											
Wheelbase:	1070	mm	Permanent rating at 45°C and <1000 masl = 2244 kVA											
Transformer weight:	5600	kg	Permanent rating at 50°C and <1000 masl = 2200 kVA											
Oil weight:	1300	kg	No wheels											
Technical remarks	Tolerances and tests according to IEC 60076 (if not otherwise indicated) Dimensions and weight to be confirmed after PO Warranty referred at nominal power rating and nominal voltage ratio (the highest in case of double primary voltages) Sound pressure level referred at 0.3 meter with ONAN cooling and +3 dB tolerance													
Efficiency	4/4	3/4	2/4	1/4	Voltage drop	4/4	3/4	2/4	1/4	4/4	3/4	2/4	1/4	
η cos φ = 1.0	99.04	99.21	99.33	99.29	DV cos φ = 1.0	1.02	0.73	0.46	0.22	RI cos φ = 1.0	0.84	0.63	0.42	0.21
η cos φ = 0.9	98.94	99.12	99.26	99.21	DV cos φ = 0.9	3.47	2.58	1.7	0.84	XI cos φ = 1.0	5.94	4.46	2.97	1.49
η cos φ = 0.8	98.8	99.01	99.16	99.11	DV cos φ = 0.8	4.33	3.23	2.14	1.06					
Standards	Standard test according IEC60076 included. Type and special tests at cost if required.													

Gráfico 8. Características del transformador de bloque del inversor FS2200K

## 2.4. Red colectora

La red colectora del parque está desarrollada para 33kV de tensión nominal, y está formada por 3 circuitos que colectan la potencia de los 9 centros de transformación y que acometen a la barra de 33 kV del transformador de potencia de la SE Almeyda.

En la Tabla 1 se observan las características principales de los conductores que componen la red colectora.



Tabla 1. Características de conductores.

	Sección [mm <sup>2</sup> ]	R [ $\Omega$ /km]	X [ $\Omega$ /km]	C [ $\mu$ F/km]
<b>1</b>	150	0.265	0.127	0.208
<b>2</b>	400	0.101	0.110	0.288
<b>3</b>	630	0.0629	0.102	0.345

## 2.5. Transformador de potencia

Para evacuar la potencia producida por la central fotovoltaica se utiliza un transformador elevador de 230 MVA de 220/33kV. Las características más importantes se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 2. Características del transformador de potencia de la SE Almeyda.

Descripción	Valor	Unidad
Tensión Nominal	220/33	kV
Potencia Nominal	50/65 (ONAN/ONAF)	MVA
Grupo de Conexión	YNd11	
Regulador de tensión en carga	$\pm 13 \times 1.25 \%$	
Impedancia de cortocircuito	13.38	%
Pérdidas en cobre	221	kW
Pérdidas en vacío	39	kW

Este transformador tiene un conmutador bajo carga que permite regular la tensión en la red de MT y puede ser configurado en modo manual o automático. En operación normal de la planta este opera en modo automático. La chapa característica puede verse en el Anexo a.3).

## 2.6. Cambiador de tap bajo carga

El transformador de salida presenta cambiador de tap bajo carga, el cual presenta un tiempo de retardo de 10.4 segundos. Este tiempo equivale a la suma del tiempo mecánico del OLTC el cual es de 5.4 segundos informado por el fabricante y el tiempo que debe esperar el control de cambiador de TAP (AVR) en mandar consigna una vez sobrepasada la banda muerta ( $\pm 0.9\%$  de 33kV) de tensión en MT de la subestación que es de 5 segundos. En el ANEXO1 Gráfico 21 se adjunta la captura de pantalla del AVR.

## 2.7. Banco de compensación

El PSFV Almeyda posee un banco de compensación de 6 MVar con las siguientes características:

Tabla 3. Características del banco de compensación.

TIPO	BANCO DE CAPACITORES
POTENCIA TOTAL	6 MVar
TENSIÓN NOMINAL	33 kV
FRECUENCIA NOMINAL	50 Hz
NUMERO DE PASOS	1
POTENCIA INDIVIDUAL POR CADA PASO	6 MVar
TIPO DE CONEXIÓN	FLOTADA YY

Este banco está integrado al sistema de control del PSFV, cuenta con lógicas de conexión y desconexión en función de la potencia activa y reactiva y un modo de operación manual.

## 3. DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS

Se realizaron ensayos para verificar la respuesta del control de potencia activa de la planta. Desde el SCADA se cambió la consigna de potencia activa en el sistema de control para evaluar tanto la rampa de bajada como la rampa de subida de potencia de la central, desde potencia máxima hasta el mínimo técnico. La configuración del control de planta permitía configurar tasas de variación de potencia activa de 0 - 100 %/min.

Se probaron las tasas 10 %/min, 20 %/min y 70 %/min, registrando las variables potencia activa (P), potencia reactiva (Q) y tensión en el punto de conexión de la planta, verificando que se cumplan las tasas programadas y que la evolución en el tiempo fuese estable.

Luego de finalizadas las pruebas se configuró nuevamente la tasa normal de funcionamiento de la planta que en el caso del PSFV Almeyda es de 20 %/min y coincide con la tasa máxima de toma de carga establecida en la normativa NTSyCS.

## 4. RESULTADOS OBTENIDOS

### 4.1. Verificación del gradiente de incremento / reducción de carga

El ensayo se realizó desde la potencia máxima disponible (52.4 MW) hasta el mínimo técnico que en el caso del PSFV Almeyda es de 0.1 MW. A continuación, se muestran los resultados obtenidos para las distintas pendientes de incremento / reducción de carga ensayadas:

4.1.1. Ensayo de tasa de variación de potencia activa de 10% /min

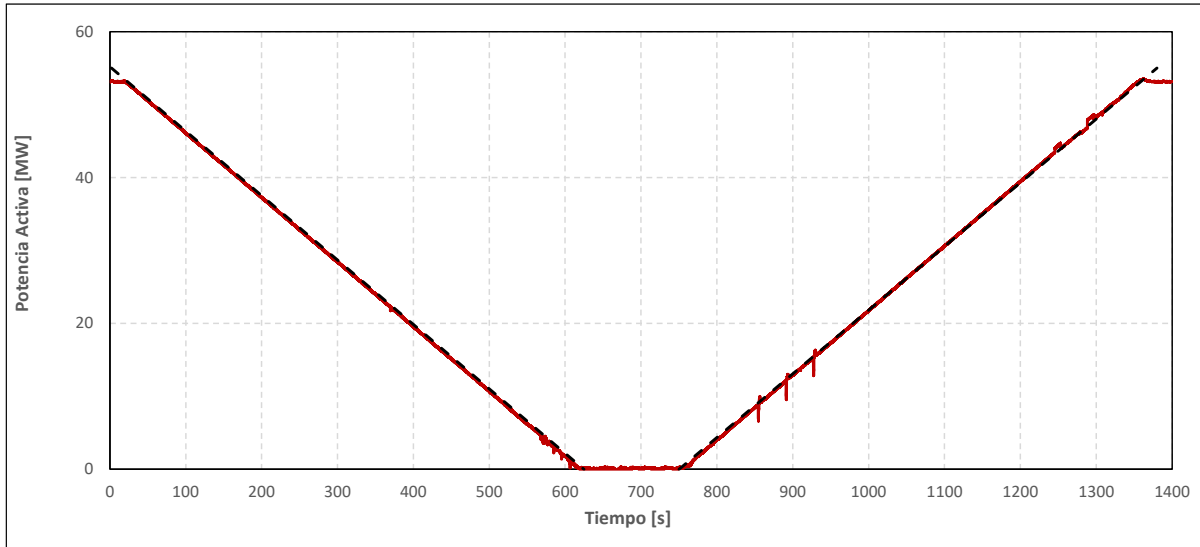


Gráfico 9. Respuesta de la potencia activa frente a gradiente de incremento / reducción de carga de 10 %/min.

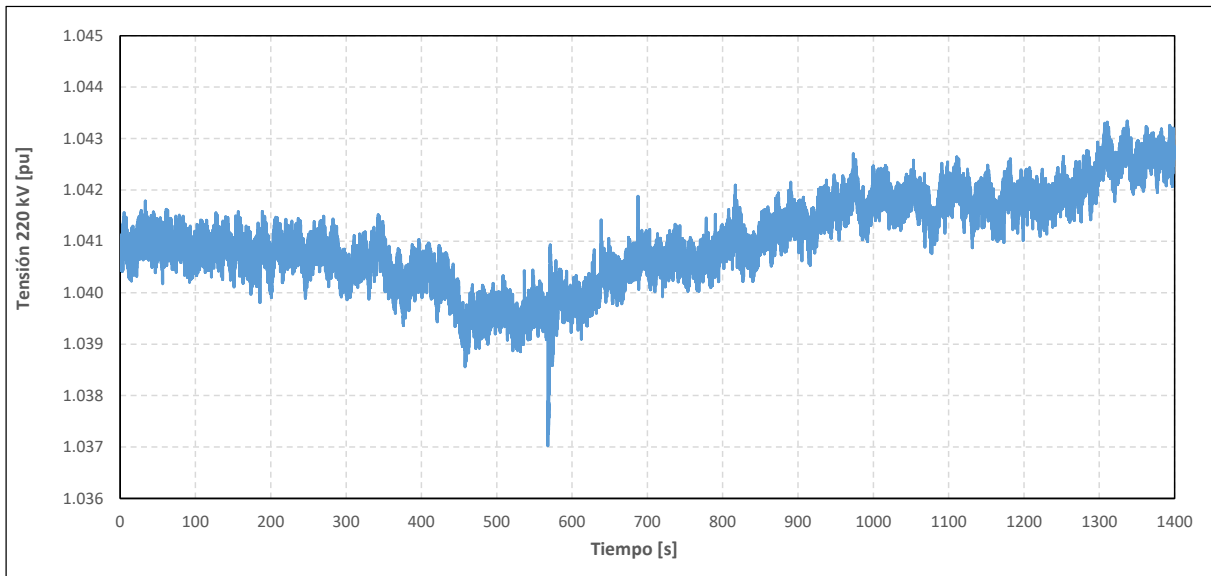


Gráfico 10. Respuesta de la tensión en 220kV frente a gradiente de incremento / reducción de carga de 10 %/min.

10 %/min.

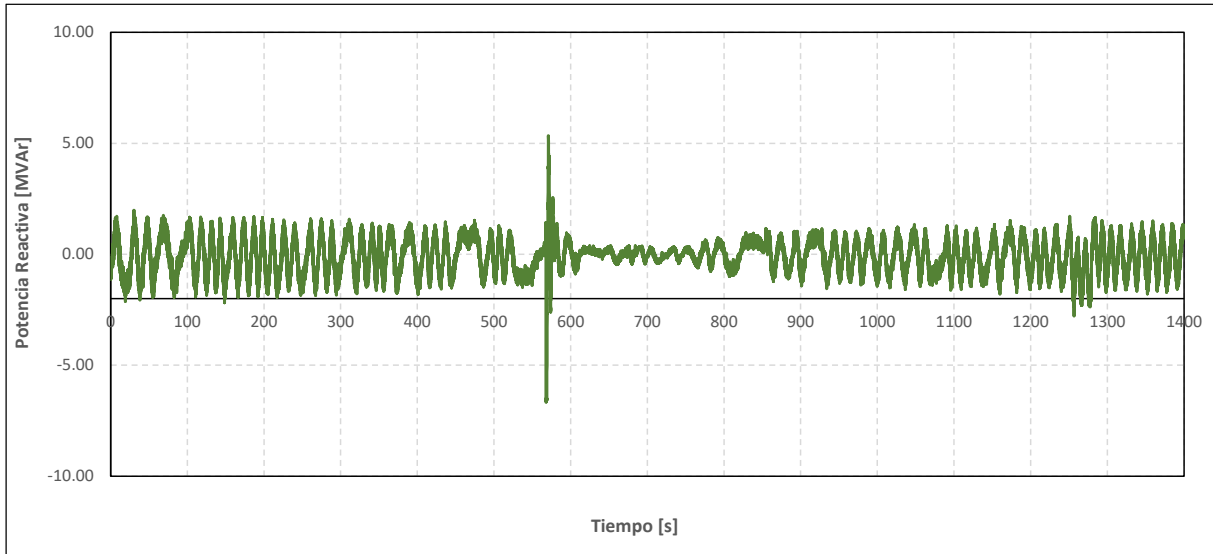


Gráfico 11. Respuesta de la potencia reactiva frente a gradiente de incremento / reducción de carga de 10 %/min.

#### 4.1.2. Ensayo de tasa de variación de potencia activa de 20% /min

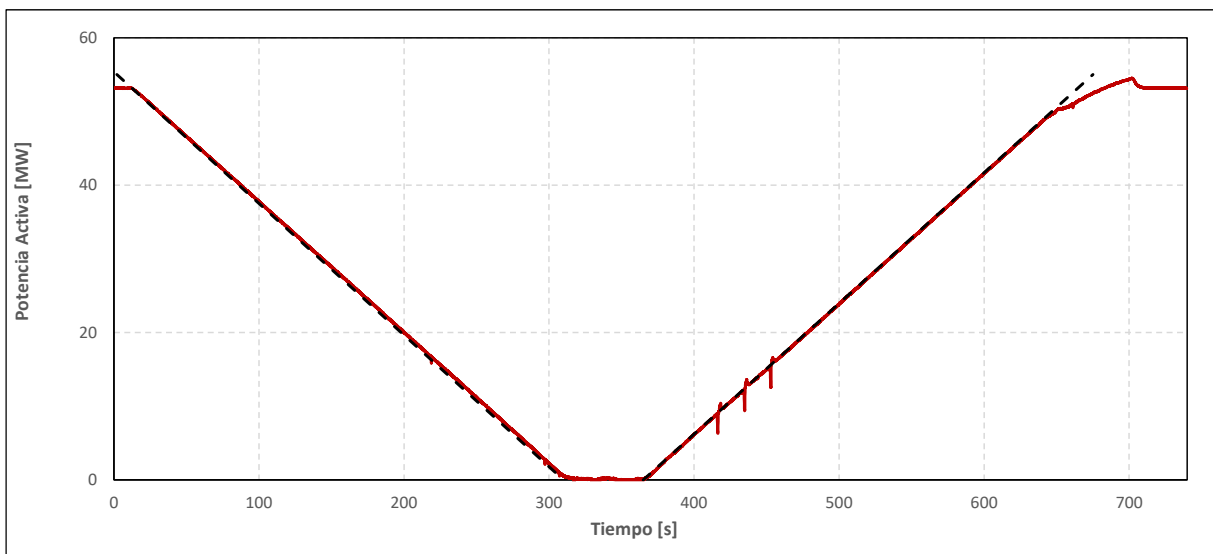


Gráfico 12. Respuesta de la potencia activa frente a Gradiente de incremento / reducción de carga de 20

%/min.

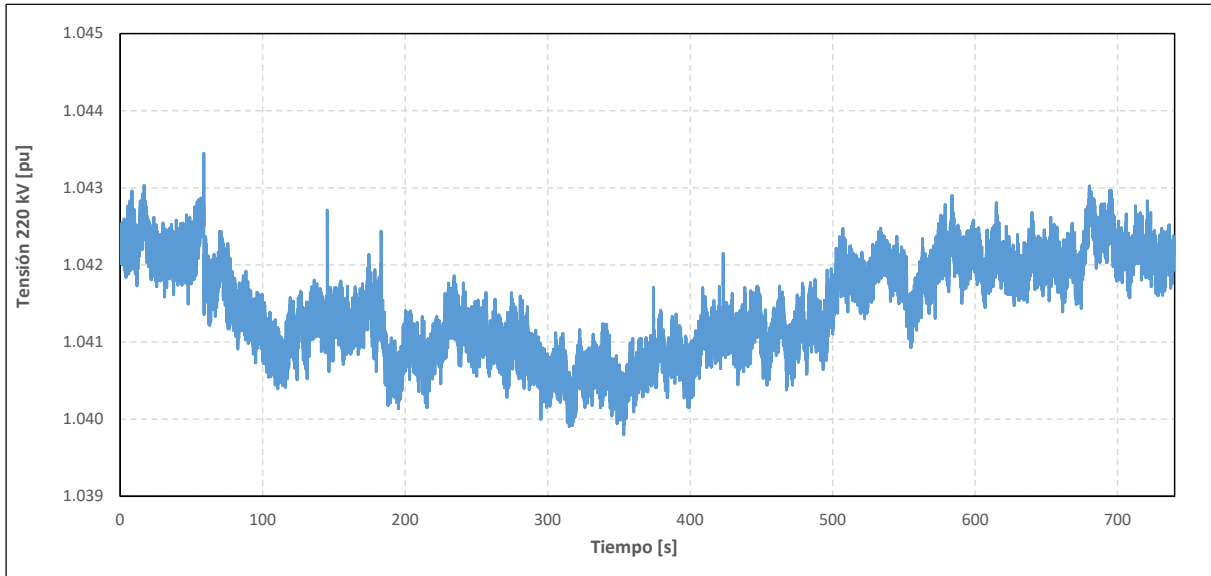


Gráfico 13. Respuesta de la la tensión en 220kV frente a Gradiente de incremento / reducción de carga de 20 %/min.

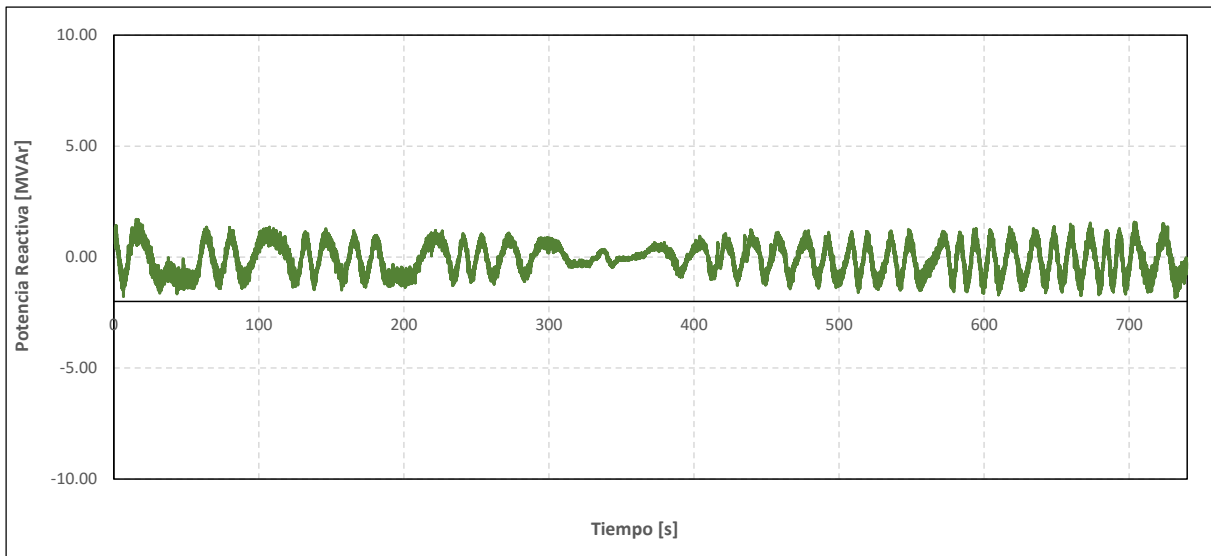


Gráfico 14. Respuesta de la potencia reactiva frente a Gradiente de incremento / reducción de carga de 20

%/min.

#### 4.1.3. Ensayo de tasa de variación de potencia activa de 70% /min

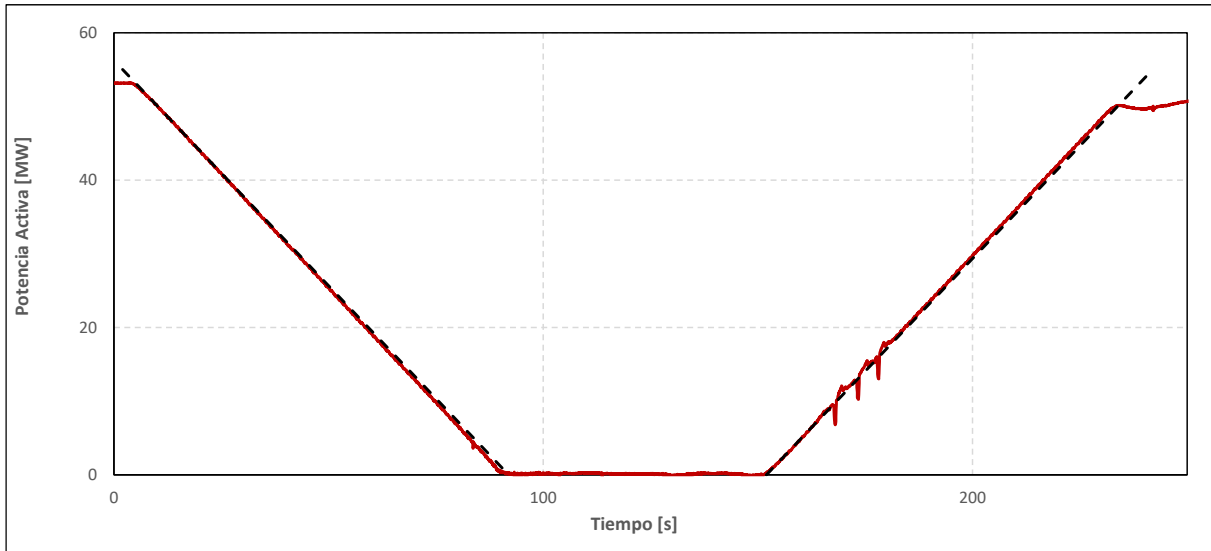


Gráfico 15. Respuesta de la potencia activa frente a Gradiente de incremento / reducción de carga de 70 %/min.

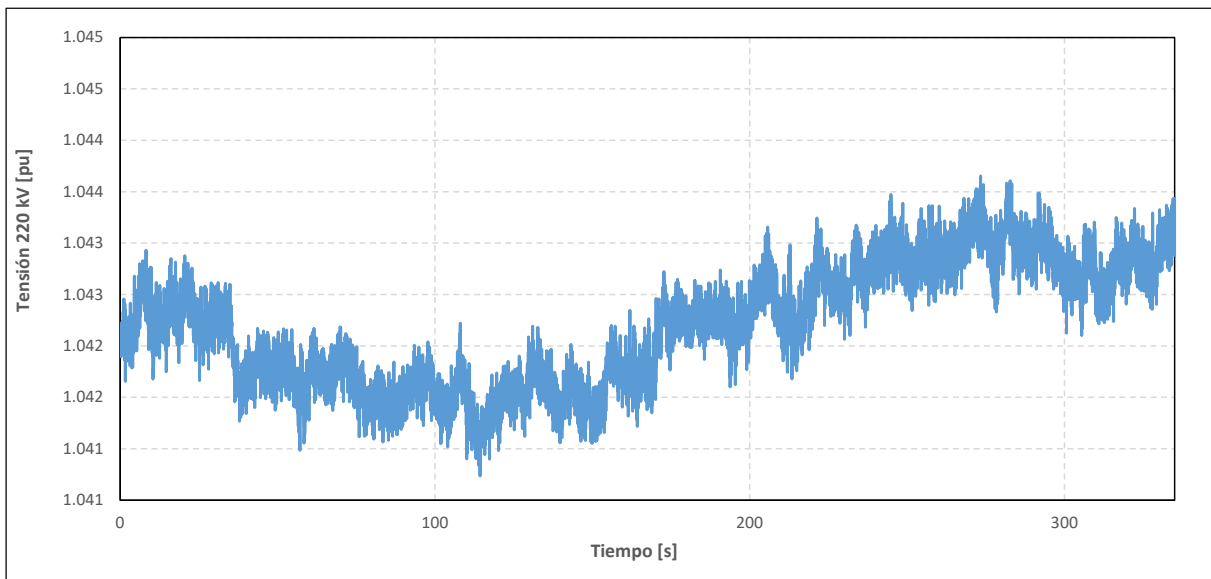


Gráfico 16. Respuesta de la tensión en 220kV frente a Gradiente de incremento / reducción de carga de

70 %/min.

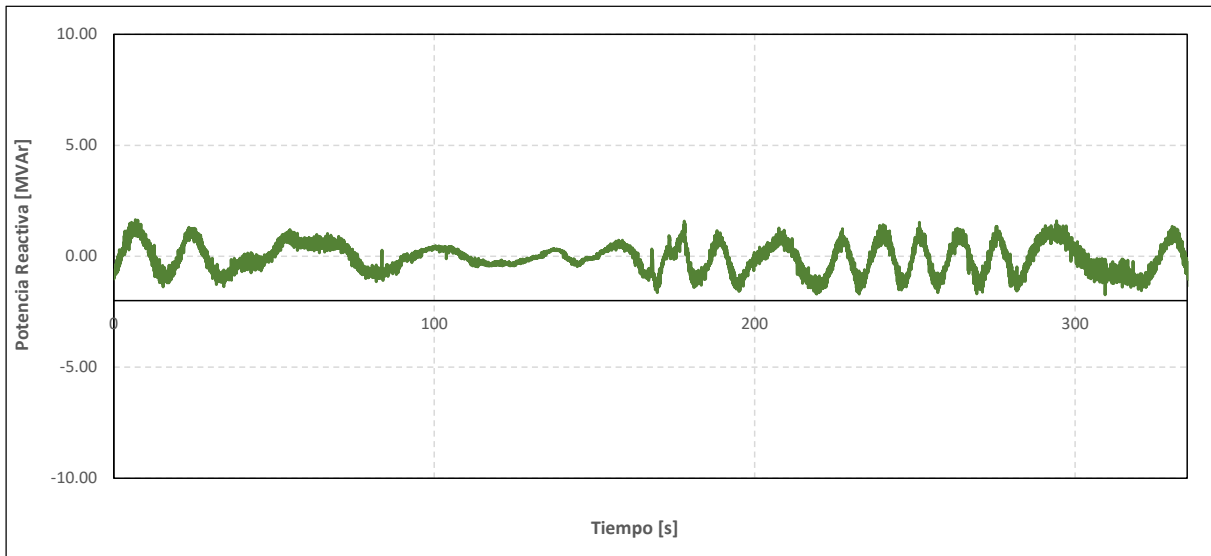


Gráfico 17. Respuesta de la potencia reactiva frente a Gradiente de incremento / reducción de carga de 70 %/min.

De los gráficos anteriores se puede concluir que el parque responde correctamente a las pendientes consideradas y la respuesta es estable para todo el tiempo que duró la prueba.

## 5. VERIFICACIÓN DE AJUSTES

### 5.1. Ajuste de protecciones de los inversores

La configuración actual de las protecciones de sobre y subtensión de los inversores se muestra a continuación:

Tabla 4. Ajuste de protecciones de los inversores.

Paso	Umbral de activación [% Un]	Tiempo de retardo [s]
H1	120%	0.1
H2	115%	1
L1	88%	20
L2	80%	4
L3	40%	1

Tabla 5. Ajuste de protecciones de frecuencia.

DESCRIPCIÓN	VALOR
La frecuencia es superior al 104% del valor nominal durante 0.1 s	52 Hz
La frecuencia es inferior al 94% del valor nominal durante 0.1 s	47 Hz

### 5.2. Ajuste de protecciones de la subestación

En las siguientes tablas se muestra el ajuste de protecciones de la SE Almeyda:

Ajuste de las protecciones de subtensión						
N	Área	Elemento	Paso	Umbral activación (%Un)	Tiempo de retardo (s)	Característica de tiempo
1.a	Subestación / Alta tensión	Relé 1 7UT85	1	80%	2	Retardo Fijo
		SISTEMA 1 TRANSFORAMDOR	2	N/A	N/A	N/A
		Relé 2 7SJ82	1	80%	2	Retardo Fijo
		SISTEMA 2 TRANSFORAMDOR	2	N/A	N/A	N/A

Ajuste de las protecciones de sobretensión						
N	Área	Elemento	Paso	Umbral activación (%Un)	Tiempo de retardo (s)	Característica de tiempo
1.b	Subestación / Alta tensión	Relé 17UT85	1	120%	3	Retardo Fijo
		SISTEMA 1 TRANSFORAMDOR	2	N/A	N/A	N/A
		Relé 2 7SJ82	1	120%	3	Retardo Fijo
		SISTEMA 2 TRANSFORAMDOR	2	N/A	N/A	N/A



Ajuste de las protecciones de sobretensión						
N	Área	Elemento	Paso	Umbral activación (%Vn ó pu)	Tiempo de retardo (s)	Característica de tiempo
1.c	Subestación / Media tensión	Relé 1 ALIMENTADOR 1 SIEMENS 7SJ85	1	120%	2	Retardo Fijo
			2	N/A	N/A	N/A
		Relé 2 ALIMENTADOR 2 IN SIEMENS 7SJ85	1	120%	2	Retardo Fijo
			2	N/A	N/A	N/A
		Relé 3 ALIMENTADOR 3 SIEMENS 7SJ85	1	120%	2	Retardo Fijo
			2	N/A	N/A	N/A
		ALIMENTADOR FT1 SIEMENS 7SJ85	1	120%	2	Retardo Fijo
			2	N/A	N/A	N/A
		ALIMENTADOR BBCC SIEMENS 7SJ85	1	120%	1,7	Retardo Fijo
			2	N/A	N/A	N/A

Ajuste de las protecciones de subtensión						
N	Área	Elemento	Paso	Umbral activación (%U <sub>n</sub> )	Tiempo de retardo (s)	Característica de tiempo
1.d	Subestación / Media tensión	Relé 1 ALIMENTADOR 1 SIEMENS 7SJ85	1	80%	2	Retardo Fijo
			2	N/A	N/A	N/A
		Relé 2 ALIMENTADOR 2 SIEMENS 7SJ85	1	80%	2	Retardo Fijo
			2	N/A	N/A	N/A
		Relé 3 ALIMENTADOR 3 SIEMENS 7SJ85	1	80%	2	Retardo Fijo
			2	N/A	N/A	N/A
		Relé FT1 ALIMENTADOR FT1 SIEMENS 7SJ85	1	N/A	N/A	N/A
			2	N/A	N/A	N/A

De lo anterior se observa que las instalaciones pueden trabajar en niveles de tensión 0.9 – 1.1 pu sin que esto comprometa el disparo de las protecciones de tensión de la central y la subestación.

Así mismo, la central no cuenta con limitadores de tensión o potencia reactiva que deban ensayarse.

### 5.3. Lógicas de inyección de corriente y LVRT

En la Tabla 6 siguiente se establece los parámetros del controlador de los inversores de forma tal que se cumple con la NTSyCS verificado en el informe de validación: “EE-EN-2020-0008-RD-Informe\_Validacion\_PF\_Almeida”. Los parámetros definen el comportamiento del sistema de control (inyección de corriente reactiva) ante huecos o escalones de tensión.

Tabla 6: Parámetros del controlador local del inversor (FS3300K y FS2200K)

	Parameter
PPCon =0(PPC off);=1(PPC on)	1,
LVRT_mode =0(ld=0, lq=K.dV); =1 (ld=ld_prev,lq=lq_pre...	1,
PQ_priority =1(P priority);=0(Q priority)	1,
delt time step (0.001 to 0.01) [s]	0,002
Kp_qi Q controller: proportional gain (0.01 to 10.0) [p.u.]	1,
Ki_qi Q controller: integral gain (0.01 to 10.0) [p.u.]	2,2
Qlim_ind Inductive reactive power limitation (0.00 to 1.0...	1,
Qlim_cap Capacitive reactive power limitation (-1.00 to ...	-1,
K_lvrt LVRT K factor (0.0 to 10.0) [p.u.]	3,1
lvrt_th LVRT threshold (0.00 to 0.95) [p.u.]	0,9
hyst_lvrt LVRT hysteresis (0.01 to 0.1) [p.u.]	0,
ovrt_th OVRT threshold (1.05 to 1.20) [p.u.]	1,1
hyst_ovrt OVRT hysteresis (0.01 to 0.1) [p.u.]	0,
K_ovrt OVRT K factor (0.0 to 10.0) [p.u.]	2,
Plim Active power limit (0.00 to 1.00) [p.u.]	1,
ramp_up_p_out P ramp up after LVRT (0.1 to 3000) [%/s]	1000,
ramp_up_p P ramp up (0.1 to 3000) [%/s]	10,
ramp_down_p P ramp down: Rate from Pcmd (-3000 to ...	-10,
ramp_up_q Q ramp up: Rate from Qcmd (0.1 to 3000) [%...	10,
ramp_down_q Q ramp down (-3000 to -0.1) [%/s]	-10,
Tu Voltage measurement lag time (0.0 to 1.0) [s]	0,02
Tp Active current lag time (0.0 to 1.0) [s]	0,03
Tq Reactive current lag time (0.0 to 1.0) [s]	0,03

El comportamiento de los inversores en los ensayos de laboratorio en función LVRT y HVRT pueden verse en la sección 10.9 “Ensayos en laboratorio LVRT/HVRT” del citado informe de validación.

## 6. CONCLUSIONES

En relación con los ensayos realizados en campo y descritos en el presente informe, se concluye que el resultado de las pruebas realizadas fue satisfactorio. Los ensayos llevados a cabo fueron ejecutados de acuerdo con el protocolo confeccionado y a los requerimientos de la Norma Técnica.

- Se probó el correcto desempeño del control de planta en lo referido a la respuesta del control de potencia activa para distintos gradientes de reducción y toma de carga, requeridos para poder realizar el control terciario de frecuencia.
- Se probaron las pendientes de toma y reducción de carga de 10 %/min, 20 %/min y 70 %/min. El control de potencia respondió adecuadamente y de forma estable.

- De lo anterior el PSFV Almeyda es apto para prestar servicios de control terciario de frecuencia en giro.

## 7. REFERENCIAS

[1] INFORME “EE-EN-2020-0008-RD-Informe\_Validacion\_PF\_Almeyda”.

[2] INFORME DE ENSAYO CURVA PQ PARQUE FOTOVOLTAICO ALMEYDA.

[3] Power Electronics Freesun Inverter DigSILENT Power Factory Model Description and User Manual v03.13 D.

[4] FSIC31012018EI\_SC\_Current\_HEMK.[INFOTECNICA.]

[5].12.5.12&15.6.2&15.6.4 Reporte\_unidades-generadoras (002)\_ANEXO.2ANEXOS [INFOTECNICA].

[6] 12.5.7 & 12.5.8 & 12.5.9\_Rating HEMK [INFOTECNICA].

## ANEXO 1

### a.1) Captura de SCADA del esquema general del PSFV Almeyda

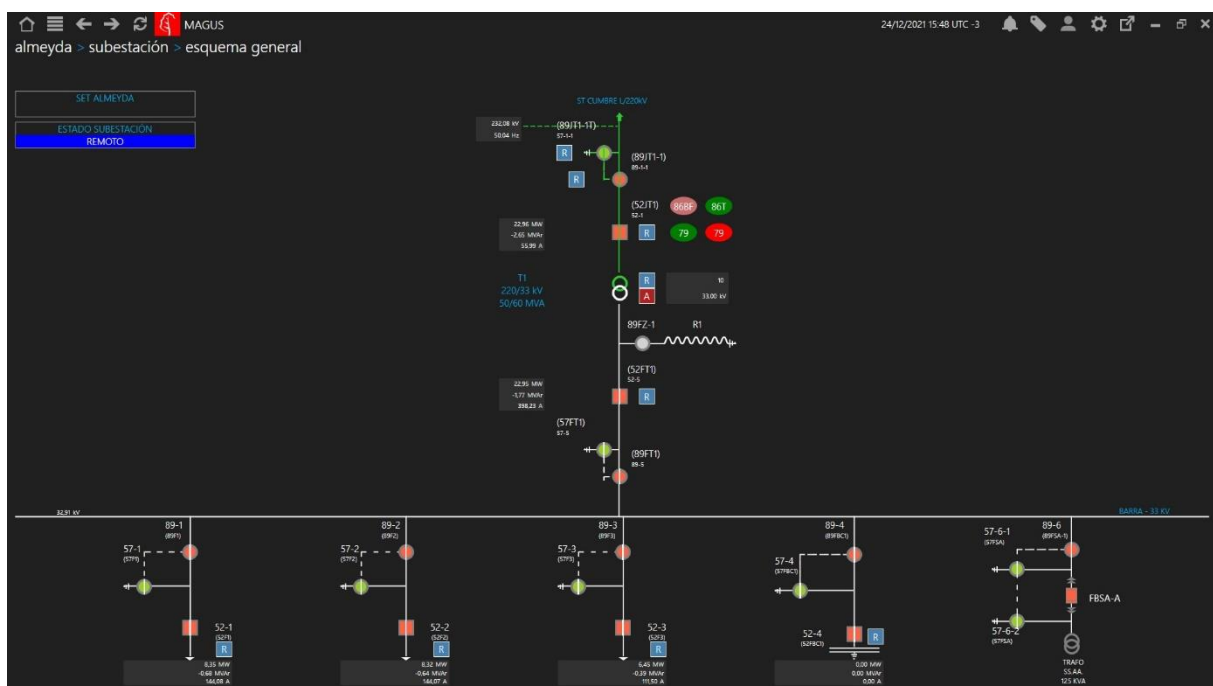



Gráfico 18. Captura SCADA, esquema general de PSFV Almeyda.

**a.2) Datos de inversores.**

**a.2.1) Certificación de potencia aparente y consumo de auxiliares de inversores FS.**



**Power Electronics España S.L.**  
Carretera CV-35, salida 30 · 46160  
LLIRIA·VALENCIA

A quien corresponda,

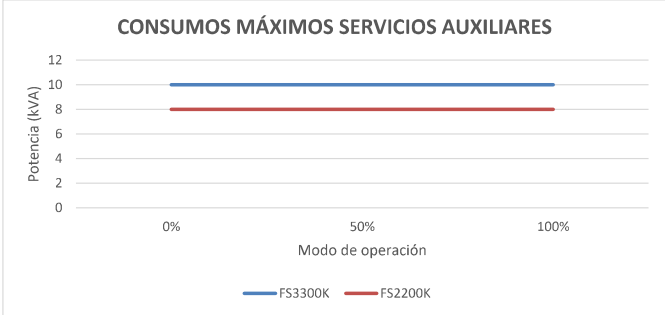
Mediante la presente, **Power Electronics** certifica los ratings de potencia de los inversores solares de la serie Freesun HEMK suministrados para la PV Almeyda.

	FS2200K	FS3300K
Potencia nominal (50°C)	2200 kVA	3300 kVA
Potencia máxima (25°C)	2420 kVA	3630 kVA

Dichas potencias son medidas a la salida del inversor (660 V).

Por otro lado, **Power Electronics** declara los consumos propios de los inversores HEMK FS2200K y FS3300K serán como máximo:

	FS2200K	FS3300K
Consumo auxiliares	8 kVA	10 kVA




**CONSUMOS MÁXIMOS SERVICIOS AUXILIARES**

Potencia (kVA)

Modo de operación

— FS3300K — FS2200K

Departamento de Producto y Aplicaciones



Valencia, 15 de Abril 2019

Gráfico 19. Certificado de potencia aparente y servicios auxiliares de los inversores.

**a.2.2) Datos de configuración de protecciones de los inversores de la planta**

Tabla 7. Configuración de protección de inversores.

<b>Versión producto: 1.0.0</b>	<b>Versión MCF: 15.1.21-1</b>	<b>Versión uP: 2.2.3-2</b>
<b>Nombre</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
G4.2.1.1-Habilitar	Modo 1	-
G4.2.1.2.1-Umbral	90.0	%
G4.2.1.2.2-Cese momentáneo	Desactivado	%
G4.2.1.3-Configuración	S prev + kdV	-
G4.2.1.4-Modo control P	Corriente	-
G4.2.1.5-Modo control Q	Corriente	-
G4.2.1.6-Prioridad P/Q	Q	-
G4.2.1.8-Activar Equilibrad P	Sí	-
G4.2.2.4-K dir	2.0	-
G4.2.2.6-K Inv	0.0	-
G4.2.2.8-Vset	Desactivado	%
G4.2.2.9-K equilibrado P	10.0	%
G4.2.3.1-Retardo umbral	Infinito	s
G4.2.3.2-Retardo histéresis	0.005	s
G4.2.3.3-Histéresis	2	%
G4.2.3.4 a-Rampa recuperac. P	Desactivado	%/s
G4.2.3.4b-Rampa recuperac. Q	Desactivado	%/s
G4.2.3.5-P recuperación	100.0	%
G4.2.3.6-Q recuperación	100.0	%
G4.2.3.7-Tiempo recuperación	Desactivado	s
G4.2.4.1-Retardo	60	ms
G4.2.4.2-Tiempo confirmación	10	ms
G4.2.4.3-Número reintentos	2	-
G4.2.4.4-Umbral salida 1	120	%/s
G4.2.4.5-Umbral salida 2	120	%
G4.3.1.1-Habilitar	Modo 1	-
G4.3.1.2.1-Umbral	110.0	%
G4.3.1.2.2-Cese momentáneo	Desactivado	%
G4.3.1.3-Configuración	S prev + kdV	-
G4.3.1.4-Modo control P	Corriente	-
G4.3.1.5-Modo control Q	Corriente	-
G4.3.1.6-Prioridad P/Q	Q	-
G4.3.2.4-K dir	2.0	-
G4.3.2.6-K inv	0.0	-
G4.3.2.8-Vset	Desactivado	%
G4.3.3.1-Retardo umbral	Infinito	s
G4.3.3.2-Retardo histéresis	0.005	s
G4.3.3.3-Histéresis	1	%
G4.3.3.4 a-Rampa recuperac. P	Desactivado	%/s

G4.3.3.4b-Rampa recuperac. Q	Desactivado	%/s
G4.3.3.5-P recuperación	100.0	%
G4.3.3.6-Q recuperación	100.0	%
G4.3.3.7-Tiempo recuperación	Desactivado	s

a.3) Datos del transformador de potencia.

山东电力设备有限公司试验中心 试验报告	
报告编号: Manufacturer's Serial No.3201905047	
1.说明 Version	
项目名称: Chile Almeyda PV Project	电力变压器 Power Transformer
Name of Project: Chile Almeyda PV Project	SFZ-6500/220
试品名称: Name of product	3201905047
试品型号: Type of product	山东电力设备有限公司
出厂序号: Manufacturer's serial No.	Shandong Power Equipment Co., Ltd. (SPECO)
制造单位: Manufacturer	
2 试品参数 Parameters of product	
额定容量: Rated Power	50/65MVA (ONAN/ONAF)
额定电压: Rated Voltage	(220±13×1.25%)33kV
额定电流: Rated Current	170.6/1137.2A
分接范围: Tapping range	220±13×1.25%
联接组号: Connection symbol	YNd11
使用方式: Working Condition	户外 Out Doors
冷却方式: Type of Cooling	ONAN/ONAF
绝缘水平: Insulation Level	
h.v. line terminal	LI 1050/LIC1155/SI 850/AC460kV
h.v. neutral	LI 1050/AC460kV
l.v. line terminal	LI 170/LIC187/AC70kV
<i>Reviewed H Gas resistor on behalf of Bechina. Cao-Fanbin m/s/m/2017</i>	

山东电力设备有限公司试验中心 试验报告							
报告编号: Manufacturer's Serial No.3201905047							
3.6 空载试验 No-load test							
3.6.1 空载损耗及空载电流测量 Measurement of no-load loss and current							
Supplied terminals: L.V. f=50Hz							
V	平均值 Mean value (kV)	有效值 r.m.s. value (kV)	空载电流 No-load current		空载损耗 No-load loss (kW)		
			A	% of rated current	实测值 Measured Value	校正值 Corrected value	保证值 Guarantee value
绝缘试验前 100% Before ins. test	33.00	32.97	0.7331	0.064	37.61	37.64	39
绝缘试验后 100% After ins. test	32.99	32.97	0.7809	0.069	38.20	38.22	39

山东电力设备有限公司试验中心 试验报告									
报告编号: Manufacturer's Serial No.3201905047									
3.8 短路阻抗和负载损耗测量									
Measurement of short-circuit impedance and load loss									
油温 oil temperature: 27.3°C									
项目 Items	分接 Tap	测量值 Measured value		短路阻抗 Impedance (%)			损耗(kW) Loss		
		电压 (kV) voltage	电流(A) current	U <sub>k</sub> (%) measured value	保证值 Guarantee value	Z <sub>k</sub> Ω/Phase	实测值 Measure value	负载损耗 Load loss (85°C)	保证值 Guarantee value
绕组 Windings	1	27.5778	118.284	13.38	≤13.6	134.61	182.70	210.09	—
	14	22.3271	141.94	12.20	12 (+7.5%)	90.82	181.22	212.40	221
	27	20.4650	185.031	12.19	≥11.0	63.67	240.72	287.28	—

Gráfico 20. Chapa característica del transformador de potencia.

#### a.4) Datos del transformador de potencia.


Se adjunta la captura de pantalla de la configuración del control de cambiador de TAP.

Ajustes de Logicas		
Descripción	Dev_SG1	Pc_SG1 D
LN : GGIO - 17 Ajuste(s)		
DISPONE DE INDICACION DE TOMA	SI	SI
LOGICA DE OPERACION INVERSA	NO	NO
INSENSIBILIDAD (%)	0.9	0.9
COMPUNDAJE DE CORRIENTE (%)	5	5
COMPUNDAJE MAXIMO (%)	5	5
TENSION DE CONSIGNA (TENSION COMPUESTA SECUNDARIO)	110	110
BLOQUEO SOBRECORRIENTE (SECUNDARIO)	2.7	2.7
RELACION TRANSFORMACION TENSION	300	300
BLOQUEO SUBTENSION (TENSION COMPUESTA SECUNDARIO)	20	20
INTENSIDAD NOMINAL (SECUNDARIO)	1	1
TIPO TOMA (0 = BCD / 1 = ED / 2 = EA)	1	1
NUMERO TOMAS	27	27
TIPO TOMA ANALOGICA (0 = 0-5mA / 1 = 0-2.5mA / 2 = 4-20mA)	0	0
TIEMPO TOMA INVALIDA (SEGUNDOS)	8	8
RETROCESO RAPIDO (TENSION COMPUESTA SECUNDARIO)	115	115
TIPO TIEMPO ACTUACION (0 = FIJO / 1 = VARIABLE)	0	0
TIEMPO ACTUACION (SEGUNDOS) / FACTOR DE TIEMPO	5	5

Gráfico 21. Captura de la parametrización del control del cambiador de TAP.

#### a.5) Datos del banco de capacitores

El Parque Fotovoltaico Almeyda cuenta con un banco de capacitores de 6 MVar vinculado a la barra de media tensión (33 kV), compuesto por 18 unidades. Los capacitores se distribuyen en un arreglo de doble estrella con neutro flotante en cada fase.



**CHECK-LIST DE ACEPTACIÓN DE PEDIDO**

**Señalase MV**

Nombre del proyecto: ALMEYDA PV  
 Nº Unidades: 1

---

**INFORMACION GENERAL SISTEMA:**

Tensión del sistema: 33 kV  
 Máxima tensión de operación: 36 kV  
 Frecuencia del sistema: 50 Hz  
 Variación de la frecuencia sistema: %  
 Variación de tensión: %  
 Corriente capacitiva simétrica punto conexión batería: kA (RM3)  
 Potencia de cortocircuito de diseño (Real): MVA  
 Conexión del banco de capacitores:  Atenuada  Fijada YY  Atenuada a través de reactancia  
 Nivel de aislamiento (kV): 170 kV

---

**INFORMACION GENERAL LOCALIZACION:**

Localización:  Interior (Indoor)  Exterior (Outdoor)  
 Altitud:  < 1000 (estándar)  1000 - 2000 (estándar)  > 2000 (estándar)  
 Umbral temperatura máxima:  25 °C (estándar)  35 °C (estándar)  45 °C (estándar)  
 Temperatura mínima:  -40 °C (estándar)  -30 °C (estándar)  -20 °C (estándar)  
 Límites de espacio:  No (estándar)  Si: mm  
 Ancho:  No (estándar)  Si: mm  
 Profundidad:  No (estándar)  Si: mm  
 Requisitos sísmicos/aceleración horizontal:  No (estándar)  Si: 0.5 g  
 Velocidad del viento:  40 (estándar)  50 (estándar)  60 (estándar)  
 Radiación solar:  No (estándar)  Si: kWh/m<sup>2</sup>/día

---

**DOCUMENTACION NOMINAL:**

Idioma documentación:  Castellano (estándar)  Inglés  Otro  
 Placas de características:  Castellano (estándar)  Inglés  Otro  
 Tipo documentación:  Standard (estándar)  Otro  
 1. Dossier Técnico  
 1.1. Esquema eléctrico  
 1.2. Plano mecánico  
 1.3. Estudio Sísmico  
 2. Dossier Calidad  
 2.1. Protocolo de ensayos  
 2.2. Cronograma proyecto  
 2.3. Manual de instalación y mantenimiento

---

**CARACTERÍSTICAS DE LA BATERIA:**

Tipo de batería:  Envoltura metálica (E)  BFA-M  Envoltura metálica (E)  BFA-O  Envoltura metálica automática (E)  BAA-M  Envoltura metálica automática (E)  BAA-O

Conexión de la batería:  Single Y  Doble YY  Triángulo D  B

Tensión nominal: 33 kV  
 Potencia nominal: 6 MVar  
 Corriente nominal: 104 A  
 IP envolvente metálica:  IP 44 (estándar)  IP 50  
 Color envolvente:  RAL 7015 (estándar)  Gris  
 Nivel de protección según IEC 60529-1:  Modificado (15 mm/kV)  Medio (20 mm/kV)  Muy alto (31 mm/kV)  
 Tipo de anclaje:  Normal - C: Base acero, imprimación 150 mic, acabado 40mic + Estructura acero galvanizado 70mic  
 Salmu - C: Base acero, imprimación 150 mic, acabado 150mic + Estructura acero inox AISI 304 70mic  
 Corusku - C: Base acero, imprimación 150 mic, acabado 150mic + Estructura acero inox AISI 304 70mic  
 Poliventura - C: Base acero, imprimación 60 mic, acabado 60mic + Estructura acero galvanizado 70mic

---

**INFORMACION SOBRE BATERIAS EXISTENTES:**

IP de batería en paralelo: no  
 Potencia total: KVA  
 Reactivo power: KVAR  
 Rendimiento: %

---

**CARACTERÍSTICAS DE LOS CONDENSADORES:**

Tipo condensador:  Fusible Interno (estándar)  Fusible Externo  Fusibles  
 Descargas por unidad:  75V/500 (E1) (estándar)  50V/300 (EEEE)  
 Normas:  IEC 60871-1 (estándar)  IEEE Std. 18

---

**Capacitores - TC DEMALIANE:**

Tipo:  Resina epoxi (estándar)  IEE  Norma: IEC (estándar)  IEE  Corriente nominal primaria: 10 A  
 Corriente nominal secundaria:  3 A (estándar)  Tensión Nominal: 36/70/170 kV

Gráfico 22. Característica de los bancos de capacitores.



#### a.6) Datos del equipo registrador.

La adquisición y procesamiento de datos durante los ensayos antes descritos serán realizados mediante la utilización de un equipamiento desarrollado específicamente para tal fin. El equipo de adquisición de datos está compuesto por los componentes indicados en la siguiente tabla:

Tabla 8. Características del adquisidor de datos.

<b>Chasis</b>				
Marca	National Instruments			
Modelo	cDAQ-9174			
N° de Serie	1707723			
Descripción	Porta-módulos (hasta 4 slots)			
<b>Módulos de medición</b>				
Unidad	Módulo 1	Módulo 2	Módulo 3	Módulo 4
Marca	National Instruments			
Modelo	NI 9225	NI 9215	NI 9203	NI 9263
N° de Serie	198862A	198860A	198861A	198856B
Descripción	3 entradas analógicas de tensión 300 Vrms	4 entradas analógicas de tensión $\pm 10$ V	4 entradas analógicas de corriente $\pm 20$ mA	4 salidas analógicas de tensión $\pm 10$ V
Clase	0,2	0,2	0,2	0,2
Resolución	24 bits	16 bits	16 bits	16 bits
Muestreo	10.000 muestras/s	10.000 muestras/s	10.000 muestras/s	10.000 muestras/s
Valores RMS	100 puntos/s	100 puntos/s	100 puntos/s	100 puntos/s

El equipo registrador cuenta con verificación y calibración anual.

Las señales registradas se procesan en tiempo real para obtener las variables eléctricas de interés (tensión, corriente, potencias activa y reactiva, frecuencia, ángulos de desfase, etc), así como también la evolución temporal (trending) de las mismas. El procesamiento de los datos registrados será realizado utilizando el software personalizado, el cual fue desarrollado bajo la plataforma de programación LabVIEW, asociado al equipamiento de adquisición de National Instruments.

#### **Conexión del equipamiento:**

La medición de tensión se realiza en el secundario de los transformadores de Tensión (TV) mediante conexión directa a borneras. La medición de corriente se realiza mediante pinzas amperométricas, las cuales no interrumpen el circuito de corriente de los secundarios de los transformadores de intensidad (TI). La potencia activa (P), potencia reactiva (Q) y frecuencia son sintetizadas por software a partir de las mediciones de tensión y corriente.

A continuación, se muestra un gráfico esquemático del equipo:



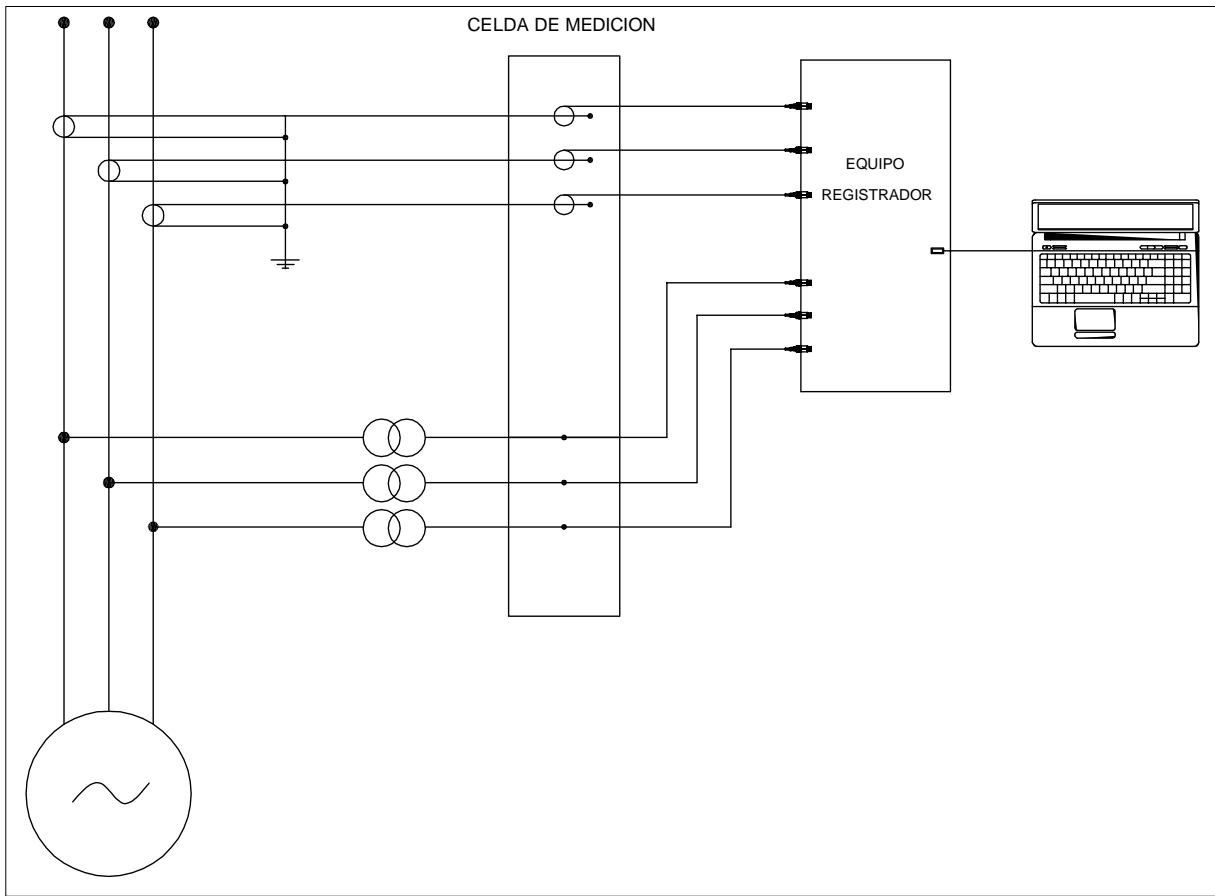


Gráfico 23. Representación esquemática simplificada de conexión de equipamiento.

## Certificado de calibración

28/9/21 17:59
Certificate of Calibration

---

### Certificate of Calibration

<b>Certificate Number:</b>	6894465	<b>Date Printed:</b>	28-SEP-2021
<b>Serial Number:</b>	1FEFB0B	<b>Part Number:</b>	198862C-01L
<b>Description:</b>	MODULE ASSY,NI 9225,3-PHASE +/-300V ANALOG INPUT MODULE		
<b>Calibration Date:</b>	17-SEP-2021	<b>Recommended Calibration Interval:</b>	12 Months
<b>Calibration Due Date*:</b>	-		
<b>Temperature:</b>	21.66 °C	<b>Humidity:</b>	52.83% RH

---

#### Standards Used

Manufacturer	Model	Tracking Number	Calibration Date	Calibration Due Date
KEITHLEY	2410	10506	12-JUL-2021	12-NOV-2022
VAISALA	HMT331	7886	19-JAN-2021	19-JAN-2022
National Instruments	PXI-4070	24107	26-APR-2021	26-APR-2022
National Instruments	PXI-4071	24488	10-NOV-2020	10-NOV-2021
National Instruments	PXI-4110	6059	22-FEB-2021	22-FEB-2022
National Instruments	PXI-4110	23082	02-SEP-2021	02-NOV-2022
National Instruments	PXI-4461	23320	05-MAY-2021	05-MAY-2022
National Instruments	PXI-6653	23080	07-JUL-2021	07-JUL-2022

---

#### Calibration Due Date Calculator

\*For new products, the calibration interval begins when the customer receives the product. You can use the following table to calculate the calibration due date for your product.

Calibration Details	Example	Actual
Calibration Date	28-JAN-2020	17-SEP-2021
Product Received Date	14-APR-2020	
Customer Calibration Interval	12 Months	
Calibration Due Date	14-APR-2021	


For most products, you can store the calibration due date in the product's EEPROM, either programmatically or using Measurement & Automation Explorer (NI MAX).

National Instruments certifies that at the time of test, the above product was calibrated in accordance with applicable National Instruments procedures. These procedures are designed to ensure that the product listed above meets or exceeds National Instruments specifications.

We further certify that the environment in which this product was calibrated is maintained within the operating specifications of the instrument(s) and standards. The measurement standards used during calibration are traceable to National Institute of Standards and Technology (NIST) and/or other International Measurement Institutes (NMI's) that are signatories of the International Committee of Weights and Measure (CIPM) Mutual Recognition Agreement (MRA).

The information shown on this certificate applies only to the instrument identified above and this certificate may not be reproduced, except in full, without the prior written consent of National Instruments.


For questions or comments, please contact NI Technical Support at [ni.com/support](http://ni.com/support)



**Cheryl Tulkoff**  
Director of Corporate Quality

---

National Instruments Corporation  
11500 N. Mopac Expressway  
Austin, TX 78759-3504  
USA  
Tel: (800) 531-5066



[https://sine.ni.com/apps/utf8/nical.main?action=cert&serial\\_number=1FEFB0B](https://sine.ni.com/apps/utf8/nical.main?action=cert&serial_number=1FEFB0B)
1/1

28/9/21 17:28

Certificate of Calibration

## Certificate of Calibration

<b>Certificate Number:</b>	6857137	<b>Date Printed:</b>	28-SEP-2021
<b>Serial Number:</b>	1FD98D4	<b>Part Number:</b>	198860C-01L
<b>Description:</b>	MODULE ASSY,NI 9215,4-CHANNEL SSH ANALOG INPUT		
<b>Calibration Date:</b>	16-AUG-2021	<b>Recommended Calibration Interval:</b>	12 Months
<b>Calibration Due Date*:</b>	-		
<b>Temperature:</b>	23.45 °C	<b>Humidity:</b>	56.94% RH

### Standards Used

Manufacturer	Model	Tracking Number	Calibration Date	Calibration Due Date
VAISALA	HMT331	7886	19-JAN-2021	19-JAN-2022
NATIONAL INSTRUMENTS	PXI 4110	1857	01-OCT-2020	01-OCT-2021
NATIONAL INSTRUMENTS	PXI-4070	7044	19-APR-2021	19-APR-2022
NATIONAL INSTRUMENTS	PXI-6120	6546	16-APR-2021	16-APR-2022

### Calibration Due Date Calculator

\*For new products, the calibration interval begins when the customer receives the product. You can use the following table to calculate the calibration due date for your product.

Calibration Details	Example	Actual
Calibration Date	28-JAN-2020	16-AUG-2021
Product Received Date	14-APR-2020	
Customer Calibration Interval	12 Months	
Calibration Due Date	14-APR-2021	

For most products, you can store the calibration due date in the product's EEPROM, either programmatically or using Measurement & Automation Explorer (NI MAX).

National Instruments certifies that at the time of test, the above product was calibrated in accordance with applicable National Instruments procedures. These procedures are designed to ensure that the product listed above meets or exceeds National Instruments specifications.

We further certify that the environment in which this product was calibrated is maintained within the operating specifications of the instrument(s) and standards. The measurement standards used during calibration are traceable to National Institute of Standards and Technology (NIST) and/or other International Measurement Institutes (NMI's) that are signatories of the International Committee of Weights and Measure (CIPM) Mutual Recognition Agreement (MRA).

The information shown on this certificate applies only to the instrument identified above and this certificate may not be reproduced, except in full, without the prior written consent of National Instruments.

For questions or comments, please contact NI Technical Support at [ni.com/support](http://ni.com/support)



**Cheryl Tulkoff**  
Director of Corporate Quality

National Instruments Corporation  
11500 N. Mopac Expressway  
Austin, TX 78759-3504  
USA  
Tel: (800) 531-5066



28/9/21 18:00

Certificate of Calibration

## Certificate of Calibration

<b>Certificate Number:</b>	6857092	<b>Date Printed:</b>	28-SEP-2021
<b>Serial Number:</b>	1FD98C9	<b>Part Number:</b>	198860C-01L
<b>Description:</b>	MODULE ASSY,NI 9215,4-CHANNEL SSH ANALOG INPUT		
<b>Calibration Date:</b>	16-AUG-2021	<b>Recommended Calibration Interval:</b>	12 Months
<b>Calibration Due Date*:</b>	-		
<b>Temperature:</b>	23.41 °C	<b>Humidity:</b>	58.43% RH

### Standards Used

Manufacturer	Model	Tracking Number	Calibration Date	Calibration Due Date
VAISALA	HMT331	7886	19-JAN-2021	19-JAN-2022
NATIONAL INSTRUMENTS	PXI 4110	1857	01-OCT-2020	01-OCT-2021
NATIONAL INSTRUMENTS	PXI-4070	7044	19-APR-2021	19-APR-2022
NATIONAL INSTRUMENTS	PXI-6120	6546	16-APR-2021	16-APR-2022

### Calibration Due Date Calculator

\*For new products, the calibration interval begins when the customer receives the product. You can use the following table to calculate the calibration due date for your product.

Calibration Details	Example	Actual
Calibration Date	28-JAN-2020	16-AUG-2021
Product Received Date	14-APR-2020	
Customer Calibration Interval	12 Months	
Calibration Due Date	14-APR-2021	

For most products, you can store the calibration due date in the product's EEPROM, either programmatically or using Measurement & Automation Explorer (NI MAX).

National Instruments certifies that at the time of test, the above product was calibrated in accordance with applicable National Instruments procedures. These procedures are designed to ensure that the product listed above meets or exceeds National Instruments specifications.

We further certify that the environment in which this product was calibrated is maintained within the operating specifications of the instrument(s) and standards. The measurement standards used during calibration are traceable to National Institute of Standards and Technology (NIST) and/or other International Measurement Institutes (NMI's) that are signatories of the International Committee of Weights and Measure (CIPM) Mutual Recognition Agreement (MRA).

The information shown on this certificate applies only to the instrument identified above and this certificate may not be reproduced, except in full, without the prior written consent of National Instruments.

For questions or comments, please contact NI Technical Support at [ni.com/support](https://ni.com/support)



**Cheryl Tulkoff**  
Director of Corporate Quality

National Instruments Corporation  
11500 N. Mopac Expressway  
Austin, TX 78759-3504  
USA  
Tel: (800) 531-5066

