



INFORME DE ENSAYOS DE VERIFICACIÓN DE SERVICIOS COMPLEMENTARIOS DE CONTROL TERCARIO DE FRECUENCIA PSFV WILLKA

Informe Técnico

Preparado para:



Julio - 2025

A 1158 | R 1329-24

Tabla de Contenidos

TABLA DE CONTENIDOS.....	2
ÍNDICE DE TABLAS Y GRÁFICOS.....	4
ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS.....	5
REGISTRO DE COMUNICACIONES	6
SECCIÓN PRINCIPAL	7
1. INTRODUCCIÓN	7
2. DESCRIPCIÓN DEL PARQUE FOTOVOLTAICO.....	7
3. MARCO NORMATIVO	11
4. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES DE LA PLANTA	12
4.1. Control de planta	12
4.1.1 Funciones de control de potencia activa.....	12
4.1.2 Funciones de control de potencia reactiva.....	12
4.1.3 Operación de la planta sin recurso primario.....	12
4.1.4 Configuración N-1 inversores desde el control de planta.....	12
4.2. Inversores.....	12
5. DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS.....	13
5.1. Verificación del gradiente de incremento / reducción de carga.....	13
5.1.1 Ensayo de tasa de variación de potencia activa de 10 %/min.....	14
5.1.2 Ensayo de tasa de variación de potencia activa de 20 %/min.....	14
5.1.3 Ensayo de tasa de variación de potencia activa de 70 %/min.....	15
5.2. Modificación de parámetros y limitaciones del sistema de control	15
5.3. Parámetros de partida en frío del parque.....	16
6. CONCLUSIONES	17
ANEXO	18
1. INFORMACIÓN TÉCNICA DEL EQUIPAMIENTO	18
1.1. Datos de los paneles solares.....	18
1.2. Datos de los inversores	19
1.3. Transformador de unidades	20
1.4. Transformador principal	21
1.5. Cables de media tensión	22
1.6. Reactor zig-zag para neutro artificial.....	23
1.7. Línea de interconexión	24

2. VERIFICACIÓN DE AJUSTES.....	28
2.1. Lógicas de inyección de corriente y LVRT.....	28
2.2. Ajuste de protecciones.....	31
2.2.1 Protección de tensión.....	31
2.2.2 Protección de frecuencia.....	31
3. ARCHIVOS ADJUNTOS ENTREGADOS	33

Índice de tablas y gráficos

Tabla 1. Rango de ajuste de parámetros CTF.	16
Tabla 2. Parámetros de partida PSFV Wilka.	16
Tabla 3. Especificación del transformador de potencia 220/33 kV de la SE Willka.	21
Tabla 4. Especificaciones de los tramos de cables del sistema colector.	22
Tabla 5. Parámetros eléctricos de los cables del sistema colector.	23
Tabla 6. Colector equivalente del PSFV Willka.	23
Tabla 7. Características técnicas principales del reactor de neutro.	24
Tabla 8. Ajuste de protección de tensión.	31
Tabla 9. Ajuste de protección de frecuencia.	32
Gráfico 1. Ubicación geográfica del PSFV Willka.	8
Gráfico 2. Esquema unilineal de la SE Willka.	9
Gráfico 3. Esquema unilineal del sistema colector.	10
Gráfico 4. Curva PQ del inversor.	13
Gráfico 5. Gradiente de Incremento de carga de 10 %/min.	14
Gráfico 6. Gradiente de Reducción de carga de 10 %/min.	14
Gráfico 7. Gradiente de Incremento de carga de 20 %/min.	14
Gráfico 8. Gradiente de Reducción de carga de 20 %/min.	15
Gráfico 9. Gradiente de Incremento de carga de 70 %/min.	15
Gráfico 10. Gradiente de Reducción de carga de 70 %/min.	15
Gráfico 11. Características técnicas de los paneles solares.	19
Gráfico 12. Características generales de los inversores.	19
Gráfico 13. Curva de capacidad de los inversores.	20
Gráfico 14. Curva límite tensión-tiempo Power Electronics HEMK GEN 3.	29
Gráfico 15. Curvas límite tensión-tiempo norma NT en punto de conexión.	29
Gráfico 16. Inyección de corriente reactiva ante huecos de tensión. Power Electronics HEMK GEN 3.	30
Gráfico 17. Ajuste de protección de frecuencia.	32

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

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

CPF: Control primario de frecuencia

CT: Control de tensión

CTF: Control Terciario de frecuencia

PA: Partida Autónoma

Registro de comunicaciones

Registro de las actividades, comunicaciones y aprobación de informes.

N°	Fecha dd/mm/año	Preparó	Revisó	Aprobó	Observaciones
0	08/07/25	PB	FG	FM	Emisión Inicial

Sección principal

1. Introducción

En el siguiente informe se describen los resultados obtenidos en los ensayos de verificación del servicio complementario de control terciario de frecuencia realizados en el parque solar fotovoltaico Willka, durante los días 13 a 23 de mayo, con el objetivo de dar cumplimiento a las exigencias establecidas en la norma técnica de servicios complementarios vigente.

Las verificaciones anteriormente señaladas se realizan siguiendo los lineamientos estipulados en las "Guía de Verificación Servicios Complementarios Control de Frecuencia" expedida por el Coordinador Eléctrico Nacional.

2. Descripción del parque fotovoltaico

El PSFV Willka se encuentra emplazado en la región de Arica y Parinacota en la zona norte de Chile. Está formado por 26 Inversores marca Power Electronics, modelo HEMK GEN 3 660 V – FS4200K de una capacidad nominal de 4,2 MVA cada uno, siendo la potencia instalada de 109,2 MVA (26x4,2 MVA). La Potencia Neta comprometida en el punto de conexión es de 98 MW.

Los 26 inversores se distribuyen en 15 centros de transformación de los cuales 11 contienen 2 inversores cada uno y el resto está formado por un inversor. La distribución en media tensión se realiza mediante un sistema colector desarrollado en 33 kV formado por 5 circuitos que colectan la potencia de los 15 centros de transformación. Los centros de transformación formados por dos inversores se conectan a la red mediante transformadores de 3 arrollamientos de 33/0,66/0,66 kV de una potencia de 8,4/4,2/4,2 MVA. Los centros de transformación formados por un inversor se conectan a la red de media tensión mediante transformadores de dos arrollamientos de 33/0,66 kV y una potencia de 4,2 MVA.

En el Gráfico 1 se muestra la ubicación geográfica del parque, en el Gráfico 2 el esquema unilineal de la SE Willka y en el Gráfico 3 muestra un esquema unilineal del sistema colector en 33 kV.

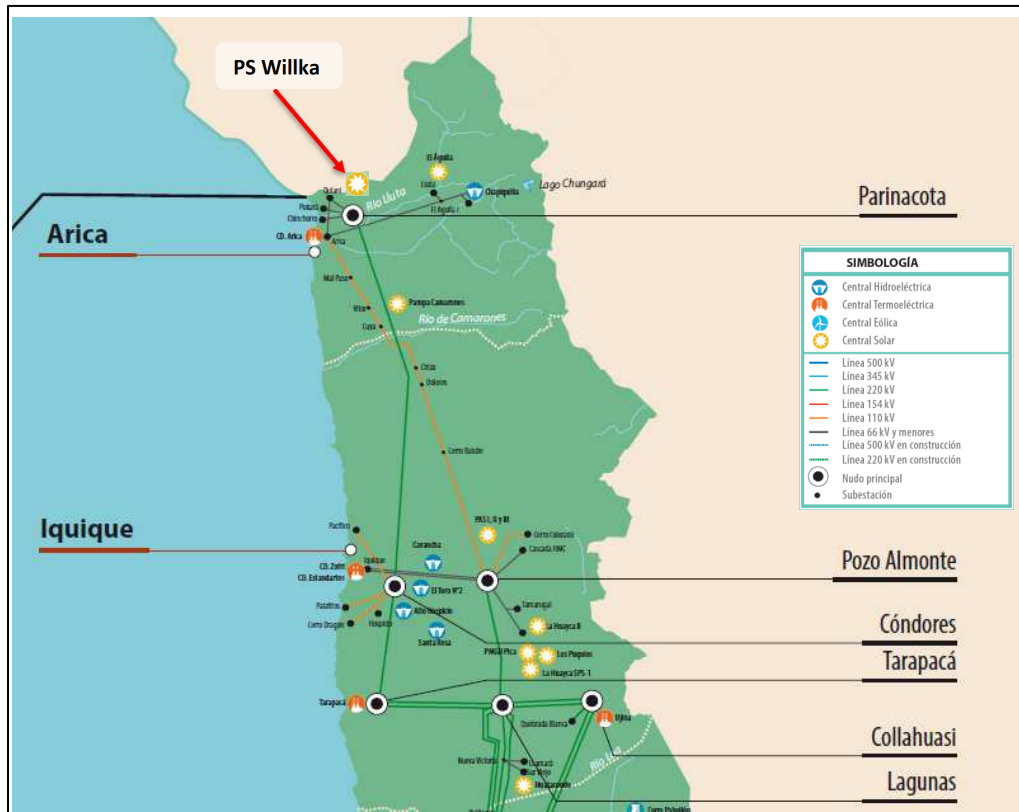
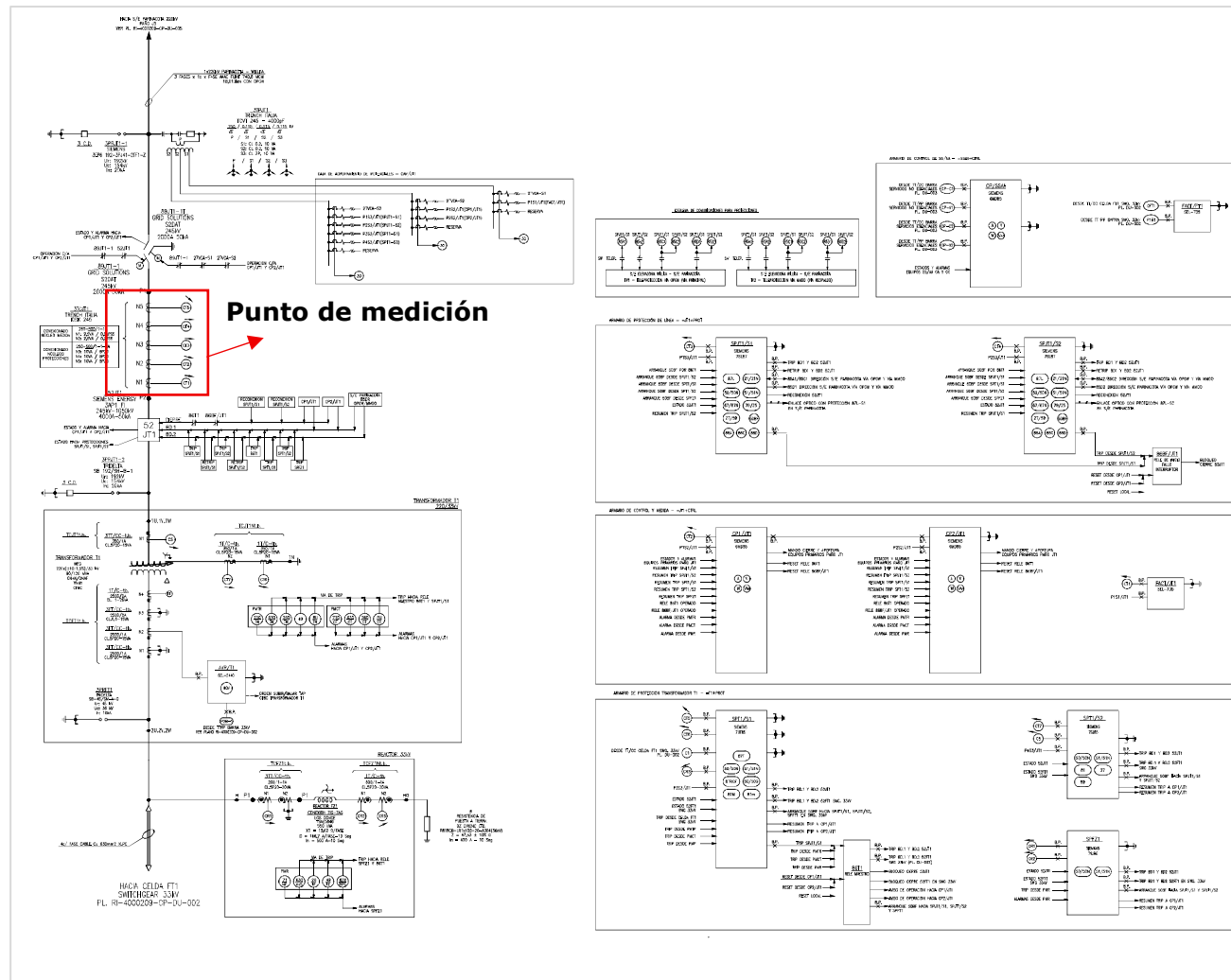
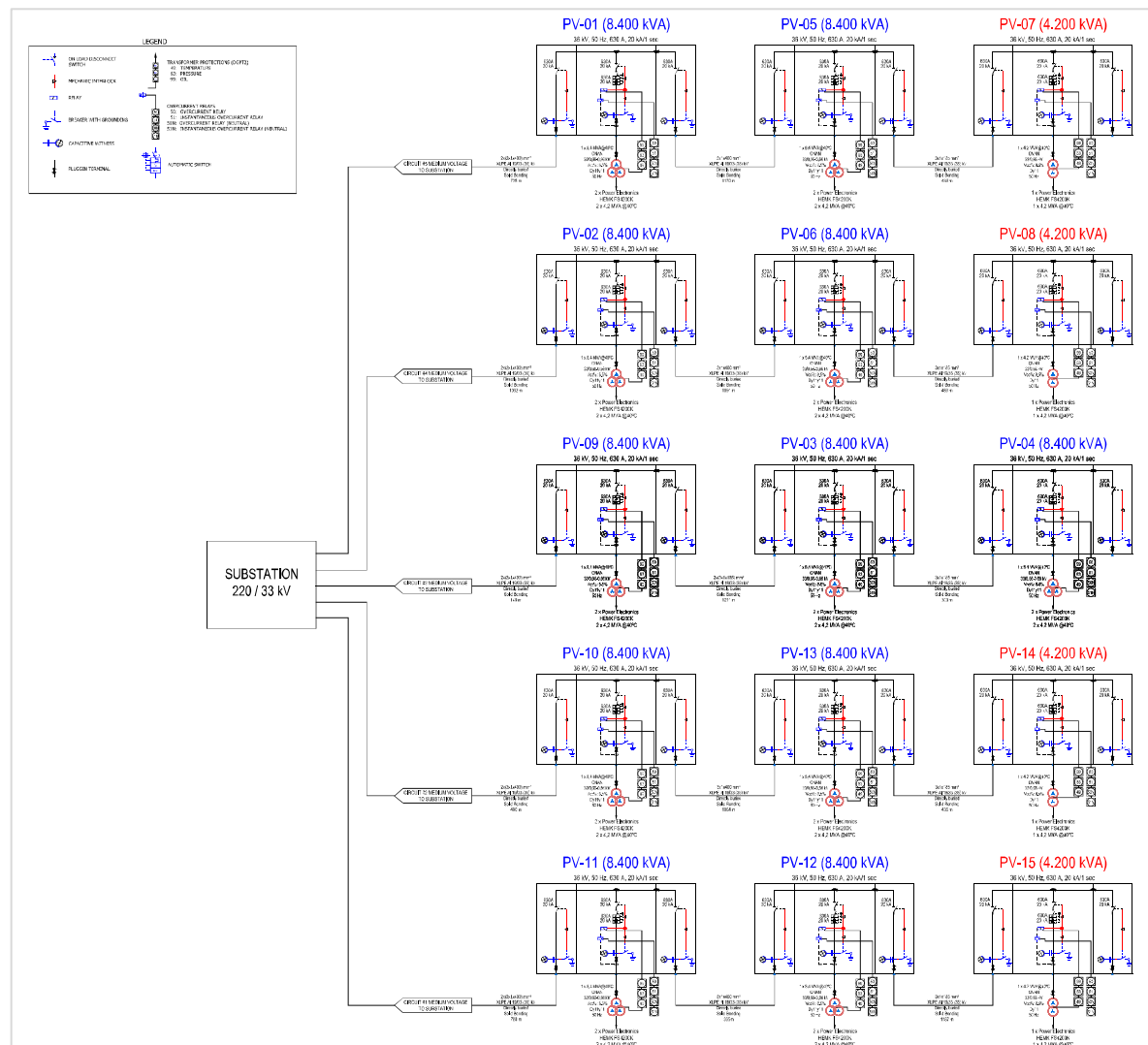


Gráfico 1. Ubicación geográfica del PSV Willka.





3. MARCO NORMATIVO

Los ensayos que se detallan a continuación siguen los requerimientos establecidos 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, a los fines de verificar la prestación del recurso técnico de instalaciones para la prestación del Servicio Complementario de Control Terciario de Frecuencia (CTF).

En particular, los sistemas de control de las plantas se deben ensayar para cumplir con los requerimientos establecidos a continuación.

ANEXO TÉCNICO: VERIFICACIÓN DE INSTALACIONES PARA LA PRESTACIÓN SSCC, TÍTULO IX. VERIFICACION DE RECURSOS TÉCNICOS ASOCIADOS A INSTALACIONES PARA EL SC DE CTF.

Artículo 28 Objetivo de los ensayos

La verificación de prestación del recurso técnico de instalaciones para la prestación del SC de CTF tiene por objetivo verificar la respuesta de dicha instalación ante instrucciones de modificar su intercambio de potencia de acuerdo con el requerimiento del servicio.

El titular de toda instalación que participe en el SC de CTF deberá realizar ensayos y/o mediciones a efectos de demostrar que la instalación dispone de los equipos y medios requeridos por el Coordinador para efectuar un adecuado monitoreo de la disponibilidad y desempeño del servicio CTF, de acuerdo con lo establecido en la presente norma, y los Artículos 4-17 y 4-27 de la NTSyCS.

Artículo 29 Ensayos para verificación de recursos técnicos asociados a instalaciones para la prestación del SC de CTF

Para la verificación de recursos técnicos asociados a instalaciones para la prestación del SC de CTF, mediante mediciones en terreno, se deberá verificar como mínimo que:

- a. Para distintos valores de reserva para CTF, verificar que la instalación y su recurso técnico cumple con los tiempos establecidos en la Resolución SSCC.*
- b. Medir el rango en el que puede ser ajustada la tasa de reducción y toma de carga de la instalación.*

4. Descripción de los componentes principales de la planta

4.1. Control de planta

El control del PSFV Willka se realiza a través de un único PPC (Power Plant Controller), siendo la barra de control del parque la situada eléctricamente en la barra de 220 kV de la SE Willka. El PPC puede operar en los siguientes modos de control:

4.1.1 Funciones de control de potencia activa

- **Control de potencia activa de 0-100%:** Permite ajustar la consigna de potencia activa a un valor determinado, el cual es distribuido entre todos los inversores. Si se activa la función de limitación de rampa, tanto la rampa de bajada como de subida o toma de carga quedarán limitadas a una tasa de crecimiento determinada (en %/min). Para el caso del PSFV Willka esta tasa estaba configurada en 19,6 MW/min (20%/min respecto a la potencia base de 98 MW), la cual cumple con la máxima tasa de toma de carga exigida en la norma técnica NTSyCS.
- **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 un estatismo y una banda muerta. Para el caso particular del PSFV Willka este posee una banda muerta configurada en ± 200 mHz, con un estatismo de 5%.

4.1.2 Funciones de control de potencia reactiva

- **Control de tensión VQ:** permite definir un valor de consigna de tensión, controlando la inyección de potencia reactiva según una recta VQ predefinida (estatismo V/Q). Se puede configurar la pendiente y la banda muerta de dicha recta. Para el PSFV Willka la banda muerta es de 0% y el estatismo estaba configurado en 5%.
- **Control de potencia reactiva:** Permite definir un valor de consigna de potencia reactiva en el punto de conexión, la cual es distribuida entre todas las unidades. Este tipo de control permite además agregar una limitación de la rampa de subida y de bajada que para el caso del PSFV Willka estaba configurada en 10 MVar/min.
- **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.

4.1.3 Operación de la planta sin recurso primario

Se aclara en este informe que la planta puede operar sin recurso primario, es decir, la función Q night se encuentra habilitada.

4.1.4 Configuración N-1 inversores desde el control de planta

- Se aclara en este informe que desde el PPC de la planta no es posible apagar N-1 inversores.

4.2. Inversores

En el siguiente gráfico se muestra la curva de capacidad del inversor TBEA modelo TC3750KF:

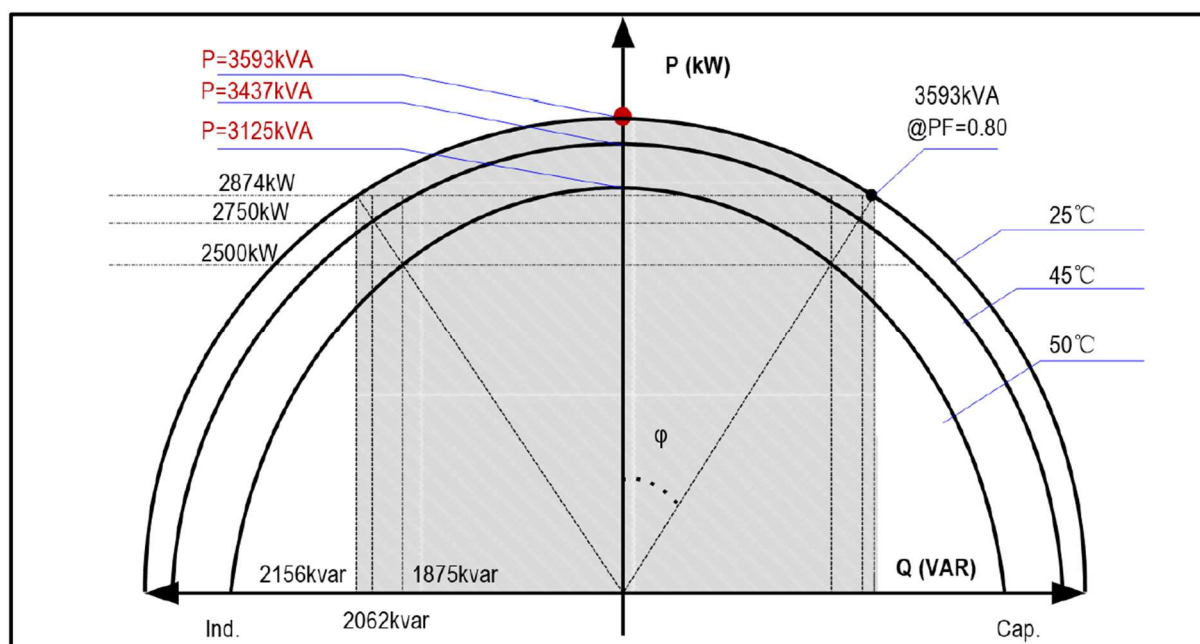


Gráfico 4. Curva PQ del inversor.

5. 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.

Se probaron las tasas 10 % /min, 20 % /min y 70%/min, registrando la potencia activa en el punto de conexión, 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 Tamaya es de 10 %/min, la cual cumple con la tasa máxima de toma de carga establecida en la normativa NTSyCS.

5.1. Verificación del gradiente de incremento / reducción de carga

El ensayo se realizó desde la potencia máxima disponible (75 MW) hasta el mínimo técnico que en el caso del PSFV Willka es de 1.7 MW. A continuación, en Gráfico 5, Gráfico 6, Gráfico 7 y Gráfico 8, se muestran los resultados obtenidos para las distintas pendientes de incremento / reducción de carga ensayadas:

5.1.1 Ensayo de tasa de variación de potencia activa de 10 %/min

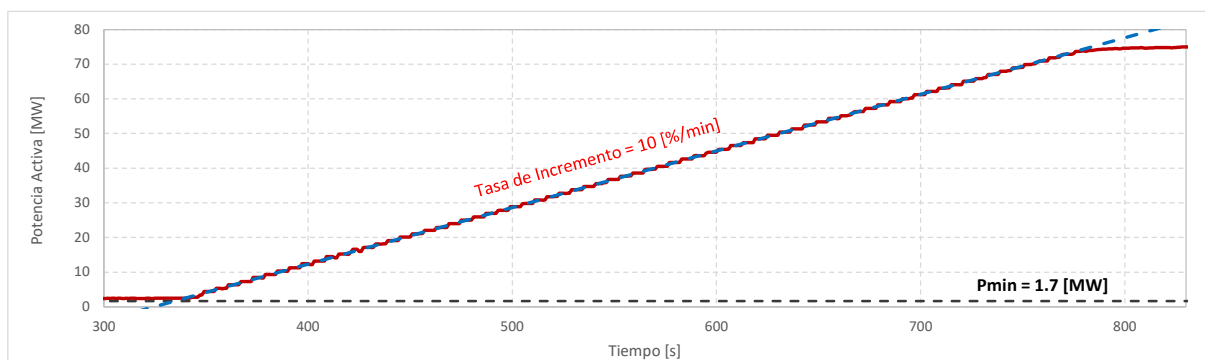


Gráfico 5. Gradiante de Incremento de carga de 10 %/min.

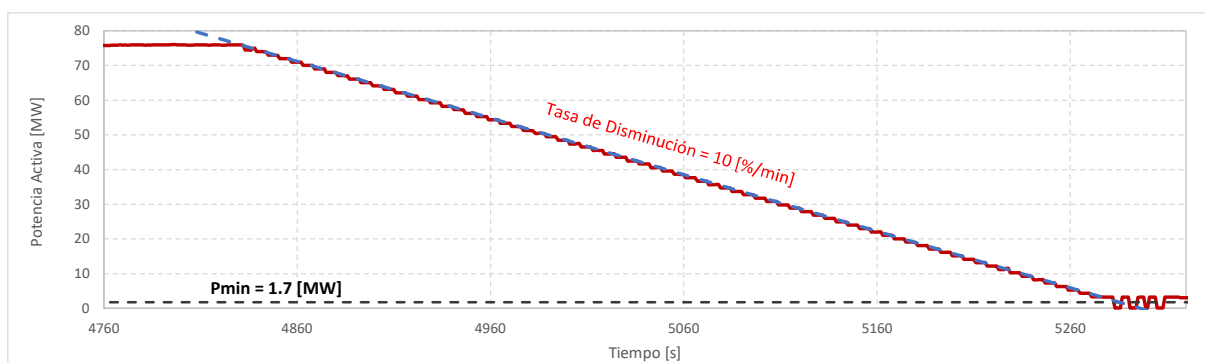


Gráfico 6. Gradiante de Reducción de carga de 10 %/min.

5.1.2 Ensayo de tasa de variación de potencia activa de 20 %/min

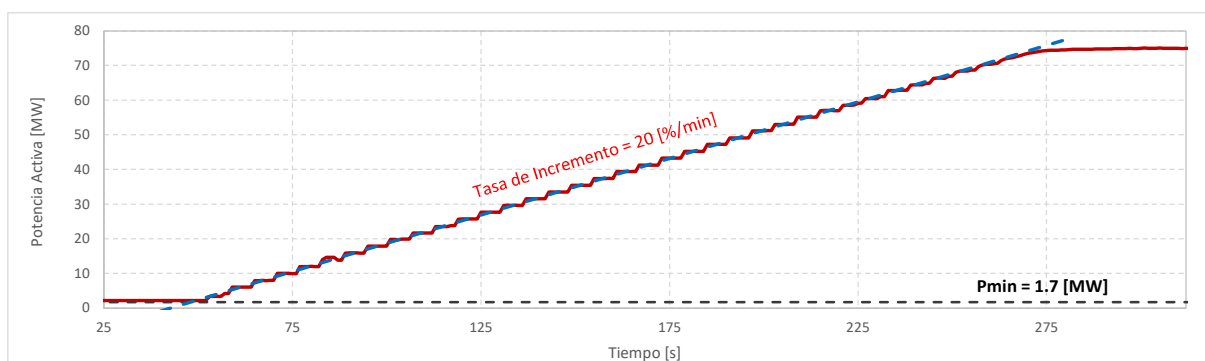


Gráfico 7. Gradiante de Incremento de carga de 20 %/min.

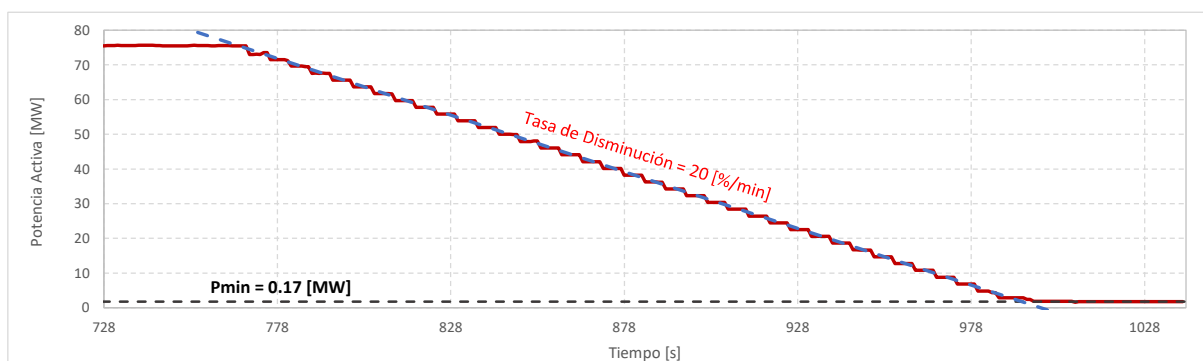


Gráfico 8. Gradiente de Reducción de carga de 20 %/min.

5.1.3 Ensayo de tasa de variación de potencia activa de 70 %/min

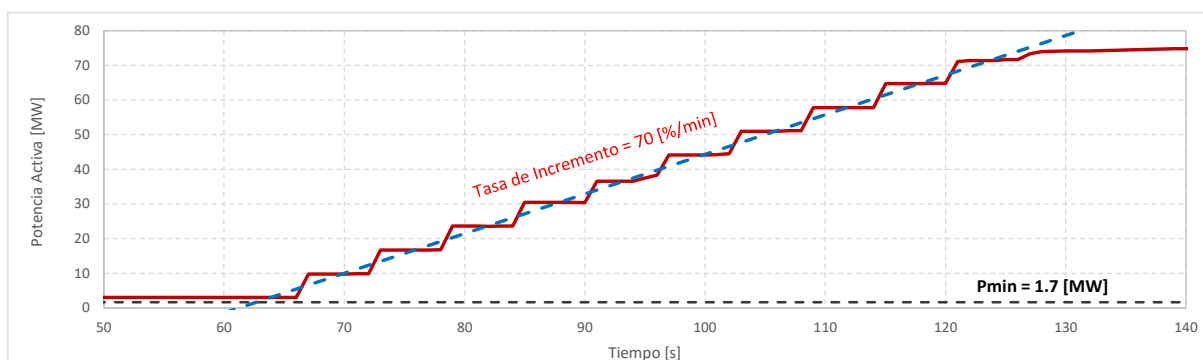


Gráfico 9. Gradiente de Incremento de carga de 70 %/min.

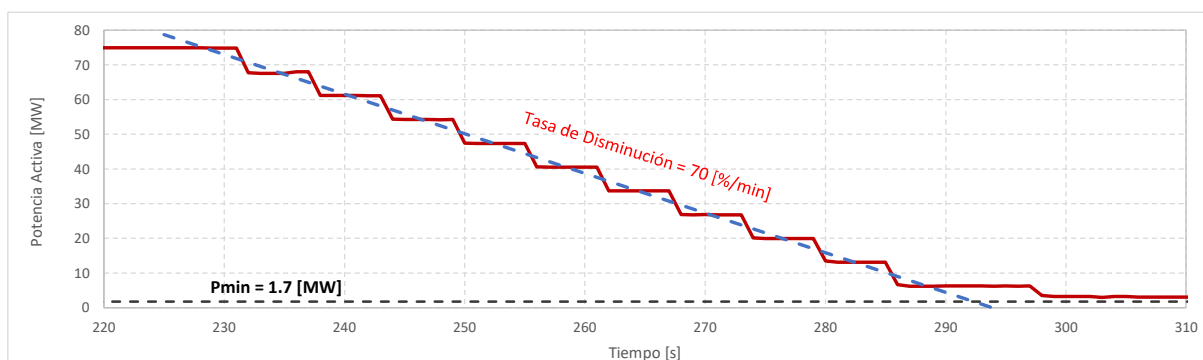


Gráfico 10. Gradiente de Reducción de carga de 70 %/min.

A partir 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.

5.2. Modificación de parámetros y limitaciones del sistema de control

Como pudo observarse de las pruebas realizadas las pendientes configuradas coinciden con la respuesta analizada. Los cambios en la pendiente del control de potencia activa se realizan desde el sistema SCADA de la central por el operador.

En la siguiente tabla se muestra el rango de ajuste de dichos parámetros.

Tabla 1. Rango de ajuste de parámetros CTF.

Parámetro	Ajuste Original	Rango de Ajuste
Gradiente de subida	19.6 MW/min	Sin límite
Gradiente de bajada	19.6 MW/min	Sin límite

5.3. Parámetros de partida en frío del parque

Los parámetros de partida del parque se obtuvieron del informe de Parámetros de Partida y detención "A 0950 - Mytilineos - PSFV Wilka - Informe de determinación de Parámetros de Partida y Detención - V2", cuyos resultados se resumen a continuación a continuación:

Tabla 2. Parámetros de partida PSFV Wilka.

Etapas	Tiempo [min]	Criterio	Observación
Partida - Sincronización	0,0000	< 5 min	Cumple
Sincronización - Mínimo técnico	0,033333	< 10 min	Cumple

De las tablas anteriores se verifican los siguientes ítems:

- El tiempo hasta la sincronización es menor a 5 minutos
- El PSFV alcanza una potencia superior al mínimo técnico a los 15 minutos de aplicada la orden de partida de la central.

Finalmente, la reserva de CTF en frío se determina mediante la fórmula que se detalla a continuación:

$$CTF_{frio} = \min\{(15 \text{ minutos} - \text{tiempo entre orden de partida y MT}) * \text{tasa de subida de carga} + MT; P_{MAX} \text{ neta}\}$$

Donde:

MT = Mínimo técnico de la central (obtenido del informe de mínimo técnico de la central)

P_{MAX} neta = Potencia máxima neta de la central (obtenido del informe de potencia máxima de la central)

Aplicando la fórmula se obtiene:

$$CTF_{frio \text{ carga}} = \min\left\{(15 \text{ min} - 0,033333) * 19,6 \frac{MW}{min} + 1,7010 \text{ MW} ; 98,0000 \text{ MW}\right\} = 98,0000 \text{ MW}$$

6. Conclusiones

En relación con los ensayos realizados en campo, 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.
- A partir de los parámetros de partida de la central se comprobó que el tiempo hasta la sincronización es inferior a 5 minutos y que el PSFV alcanza una potencia superior al mínimo técnico a los 15 minutos de aplicada la orden de partida.

De lo anterior el PSFV Willka, es apto para prestar servicios de control terciario de frecuencia.

ANEXO

1. INFORMACIÓN TÉCNICA DEL EQUIPAMIENTO

1.1. Datos de los paneles solares

Los paneles solares del PSFV Willka son de marca Jinko Solar y sus principales características se muestran a continuación:

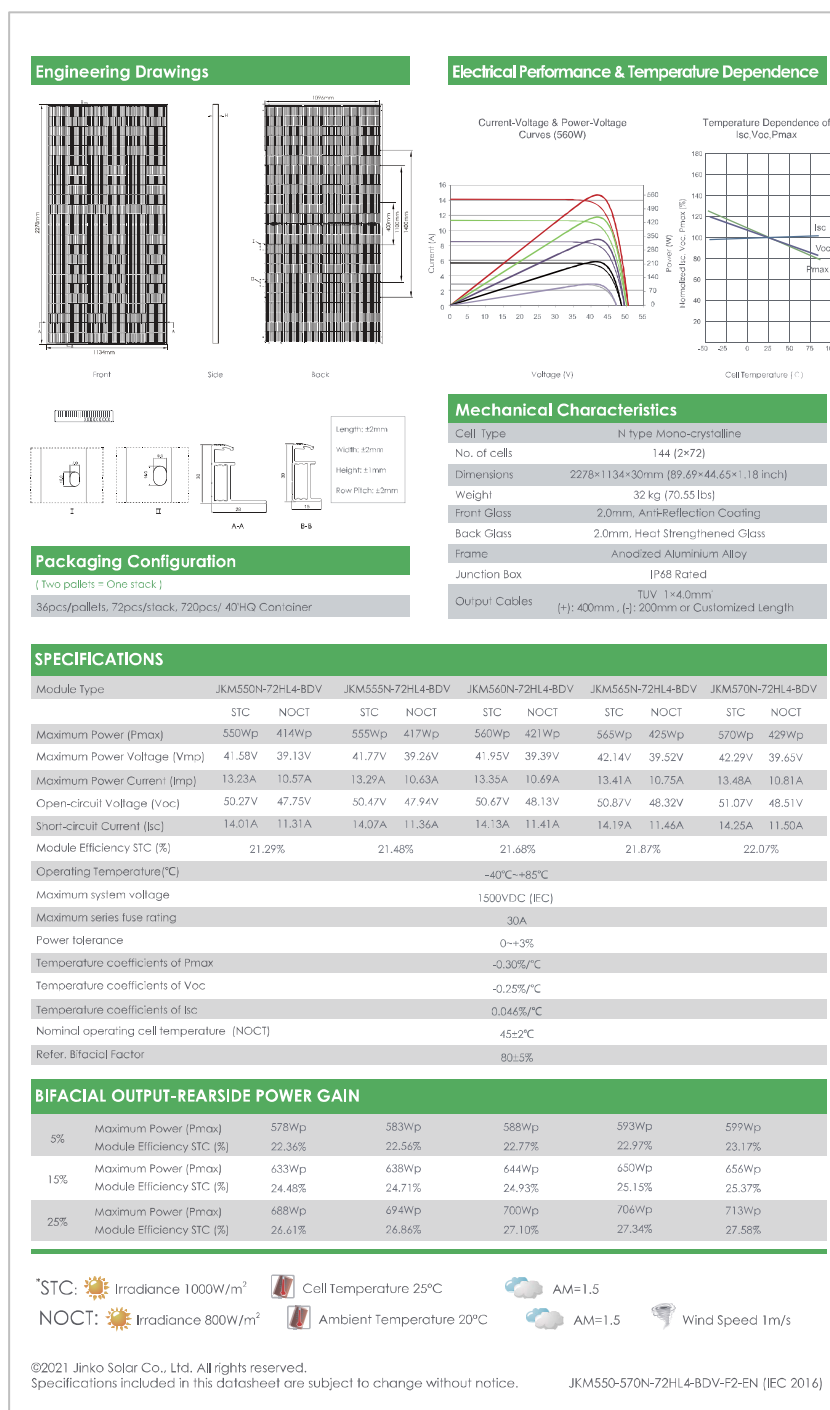


Gráfico 11. Características técnicas de los paneles solares.

1.2. Datos de los inversores

El parque solar fotovoltaico Willka cuenta con 26 inversores marca PowerElectronics modelo HEMK GEN 3 660V – FS4200K, cuyas características técnicas se muestran en la siguiente figura:

		FRAME 2	FRAME 3	FRAME 4
REFERENCES		FS2101K	FS3151K	FS4200K
OUTPUT	AC Output Power (kVA/kW) @40°C ^[1]	2100	3150	4200
	AC Output Power (kVA/kW) @50°C ^[1]	1950	2925	3900
	Max. AC Output Current (A) @40°C	1837	2756	3674
	Operating Grid Voltage (VAC)	660V ±10%		
	Operating Grid Frequency (Hz)	50/60Hz		
	Current Harmonic Distortion (THDi)	< 3% per IEEE519		
	Power Factor (cosine phi) ^[2]	0.5 leading ... 0.5 lagging adjustable / Reactive power injection at night		
INPUT	DC Voltage Range ^[3]	934V - 1500V		
	Maximum DC Voltage	1500V		
	Number of Inputs	Up to 20	Up to 30	Up to 40
	Max. DC Continuous Current (A) ^[4]	2295	3443	4590
	Max. DC Short Circuit Current (A) ^[4]	3470	5205	6940
	Number of MPPT (floating systems)	1	1	1, optionally 2 or 4
	Number of Freemaq DC/DC ^[4]	Up to 2 (Bus Plus Basic) or 4 (Bus Plus Advanced)		
EFFICIENCY	Efficiency (Max) (η)	98.81%	98.84%	98.90%
	Euroeta (η)	98.45%	98.48%	98.65%
CABINET	Dimensions [WxDxH] (ft)	9.8 x 6.6 x 7.2		
	Dimensions [WxDxH] (m)	3.0 x 2.0 x 2.2		
	Weight (lbs)	11465	11795	12125
	Weight (kg)	5200	5350	5500
	Type of Ventilation	Forced air cooling		
ENVIROMENT	Degree of Protection	NEMA 3R / IP55		
	Permissible Ambient Temperature ^[5]	-25°C to +60°C, >50°C / Active Power derating		
	Relative Humidity	4% to 100% non-condensing		
	Max. Altitude (above sea level)	2000m / >2000m power derating (Max. 4000m)		
CONTROL INTERFACE	Communication Protocol	Modbus TCP		
	Power Plant Controller	Optional		
	Keyed ON/OFF Switch	Standard		
PROTECTIONS	Ground Fault Protection	GFDI and isolation monitoring device		
	Humidity Control	Active heating		
	General AC Protection & Disconn.	Circuit breaker		
	General DC Protection & Disconn.	Fuses, DC switch-disconnectors		
	Overvoltage Protection	Type 2 protection for AC and DC (optionally, Type 1+2)		
CERTIFICATIONS & STANDARDS	Safety	UL 1741 / CSA 22.2 No.107.1-16 / IEC 62109-1 / IEC 62109-2		
	Installation	NEC 2020 / IEC		
	Utility Interconnect	IEEE 1547:2018 / UL 1741 SB / IEC 62116:2014		

Gráfico 12. Características generales de los inversores.

El consumo máximo de potencia en operación es de $P_{SSAA\ INV} = 10\ kW$ según lo manifestado por el fabricante y se utilizará este valor en el cálculo de los servicios auxiliares del parque. La curva de capacidad de los inversores se muestra a continuación:

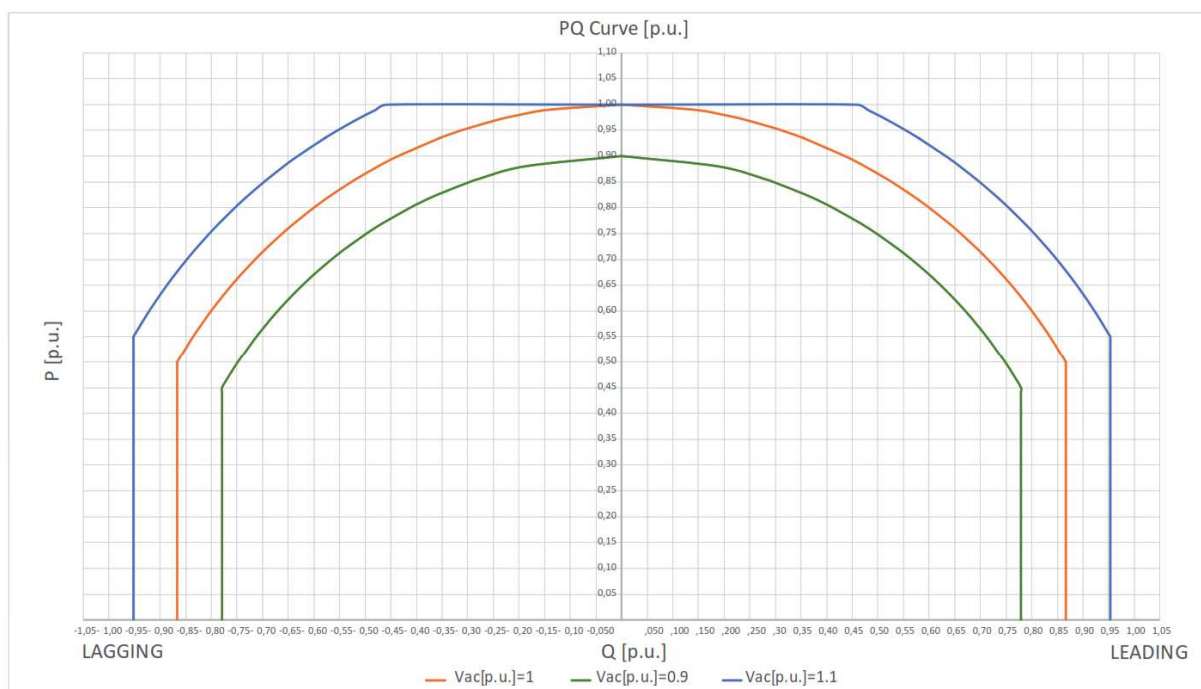


Gráfico 13. Curva de capacidad de los inversores.

1.3. Transformador de unidades

* Anma Gücü (kVA)	: 8400	* Marka	: ELTAŞ
* <i>Rated Power</i>		* <i>Brand</i>	
* Anma Gerilimi (kV)	: 33 / 0.66-0.66	* Seri No	: YT-22-12977
* <i>Rated Voltage</i>		* <i>Serial Number</i>	
* Bağlantı Grubu	: Dy11y11	* Proje No:	: IEC.8400.33.AL.AY.60.H1
* <i>Vector Group</i>		* <i>Project Number</i>	
* Frekans (Hz)	: 50	Rapor No	: 22.YDT.1836
* <i>Frequency</i>		<i>Report Number</i>	
* Soğutma Tipi	: ONAN	* Tip	: ELT-8400 / 36
* <i>Cooling</i>		* <i>Type</i>	
* YG / AG Sargı İletkeni	: AL/AL	* İmal Tarihi	: 11/2022
* <i>HV / LV Winding Conductor</i>		* <i>Production Date</i>	
* Faz Sayısı	: 3		
* <i>Number of Phases</i>			
* Yalıtım Sınıfı	: A		
* <i>Insulation Class</i>			
* Isınma Yağ/Sargı	: 60 / 65 K		
* <i>Temp. Rise Oil / Winding</i>			

* Anma Gücü (kVA)	: 4200	* Marka	: ELTAŞ
* <i>Rated Power</i>		* <i>Brand</i>	
* Anma Gerilimi (kV)	: 33 / 0.66	* Seri No	: YT-22-12989
* <i>Rated Voltage</i>		* <i>Serial Number</i>	
* Bağlantı Grubu	: Dy11	* Proje No:	: IEC.4200.33.AL.AY.60.H1
* <i>Vector Group</i>		* <i>Project Number</i>	
* Frekans	: 50 Hz	* Rapor No	: 22.YDT.1903
* <i>Frequency</i>		* <i>Report Number</i>	
* Soğutma Tipi	: ONAN	* Tip	: ELT-4200 / 36
* <i>Cooling</i>		* <i>Type</i>	
* YG / AG Sargı İletkeni	: AL/AL	* İmal Tarihi	: 11/2022
* <i>HV / LV Winding Conductor</i>		* <i>Production Date</i>	
* Faz Sayısı	: 3		
* <i>Number of Phases</i>			
* Yalıtım Sınıfı	: A		
* <i>Insulation Class</i>			
* Isınma Yağ/Sargı	: 60 / 65 K		
* <i>Temp. Rise Oil / Winding</i>			
		* Çalışma sıcaklığı ve Anma gücü	
		* <i>Power Derating</i>	
		Çalışam Sıcaklığı / Ambient Temp. (°C)	Anma Gücü / Rated Power (kVA)
		40	4200

1.5. Cables de media tensión

Tabla 4. Especificaciones de los tramos de cables del sistema colector.

Circuito	Tramo	Long [km]	Cantidad y Secc [mm ²]	Circuito	Tramo	Long [km]	Cantidad y Secc [mm ²]
1	SE-PV11	0.78	2x400	4	SE-PV02	1.032	2x400
	PV11-PV12	0.335	1x400		PV02-PV06	1.091	1x400
	PV12-PV15	1.187	1x185		PV06-PV08	0.469	1x185
2	SE-PV10	0.49	2x400	5	SE-PV01	0.735	2x400
	PV10-PV13	1.084	1x400		PV01-PV05	1.170	1x400
	PV13-PV14	0.436	1x185		PV05-PV07	0.486	1x185
3	SE-PV09	0.149	2x400				
	PV09-PV03	1.211	2x185				
	PV03-PV04	0.303	1x185				

Tabla 5. Parámetros eléctricos de los cables del sistema colector.

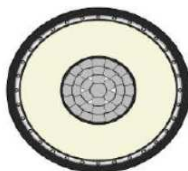


POLYCARB
Connection Zindagi Ki

Technical Data Sheet of Cables

Document ID: TE/QMS/F/02

Rev. No. : 01 Issued Date : 10/06/2021





S.No	Particulars	1 X 185	1 X 400
1	Name of Manufacturer	Polycab India Ltd.	
2	Type of Cable	AL/XLPE/CWS/PVC	
3	Voltage Grade kV	19/33 (36)	
4	No of cores X size in sqmm	1 X 185	1 X 400
5 a)	Maximum conductor temperature under normal operating conditions	90°C	
b)	Maximum conductor temperature at the termination of short circuit	250°C	
6 a)	Permissible Voltage Variation	± 10%	
b)	Permissible Frequency Variation	± 5%	
c)	Combined Voltage & Frequency variation	± 10%	
7	Conductor		
a)	Material	Aluminium as per Class 2 of IEC 60228:2004	
b)	Maximum d.c. resistance of conductor at 20° C (ohm/km)	0.164	0.0778
c)	Shape	Stranded Compact Circular	
8	Conductor Screening		
a)	Material	Extruded Semi-conducting Compound	
b)	Nominal thickness (mm)	0.3	
9	Insulation		
a)	Material	XLPE as per IEC 60502 - 2	
b)	Nominal thickness (mm)	8	
c)	Minimum thickness (mm)	7.1	
10	Insulation Screening		
(i)	Non - Metallic		
a)	Material	Extruded Semi-conducting Compound	
b)	Nominal thickness (mm)	0.3	
(ii)	Metallic		
a)	Material	Copper wire with open helix copper tape	
b)	Combined Area (Sqmm)	25	35
11	Oversheath		
a)	Material	PVC Type 'ST2' as per IEC 60502 - 2	
b)	Minimum thickness (mm)	1.56	1.80
c)	Colour	Black	

r1 [Ω/km]	x1 [Ω/km]	B1 [μS/km]	r0 [Ω/km]	x0 [Ω/km]	B0 [μS/km]
0.009289	0.007891	1534.505	0.018673	0.005381	1534.505

Tabla 6. Colector equivalente del PSFV Willka.

1.6. Reactor zig-zag para neutro artificial

Tabla 7. Características técnicas principales del reactor de neutro.

3.0	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS DE SERVICIO			
3.2	Patio de 33 kV			
3.2.1	Tensión nominal de servicio	kV	33	33
3.2.2	Tensión máxima de servicio	kV	36	36
3.2.3	Frecuencia	Hz	50	50
3.2.4	Número de Fases		3	3
3.2.5	Nivel básico de impulso de la aislación (BIL)	kVcr	170	170
3.2.6	Clase de aislamiento a la altura de instalación	kV	36	36
4.0	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS			
4.1	Tensión máxima del equipo	kV	36	36
4.3	Potencia de cortocircuito asignada	kVA	Por Fabricante	9527
4.4	Potencia permanente	kVA	550	550
4.5	Corriente asignada de falla a tierra en el neutro soportada por 10s	A	500	500
4.6	Duración del cortocircuito	seg	10	10
4.7	Impedancia de secuencia cero en base a 550 kVA	Ω /Fase	13,62	13,62
4.8	Corriente asignada permanente en fase	A	16,67	16,67
4.9	Corriente asignada de falla en fases	A	166,7	166,7
4.10	Pérdidas en vacío	W	Por Fabricante	1400
4.11	Pérdidas totales bajo carga	W	Por Fabricante	2800

 ÖZ DİRENC SANAYİ ve TİCARET LTD.ŞTİ. NEUTRAL GROUNDING RESISTOR (IEEE-C57.32a) 33/√3 kV , 47.63 Ohm, 400 A, 10 sec, IP33 (OUTDOOR)	
SERIAL NO	: SN22-6159
YEAR OF MANUFACTURE	: 2022
REF STANDARD	: IEEE Std C57.32-2015 + C57.32a(2020)
TYPE DESIGNATION	: NGR-33000LL(19052LN)-47R63-400A-10S-IP33 HDG
RESISTOR ELEMENT	: AISI 304 Stainless Steel Grid
NUMBER OF PHASES	: SINGLE PHASE
TEMP. COEFFICIENT (/ °C)	: 0.0009
MAX. TEMPERATURE RISE (°C)	: < 650 C (760 C max IEEE-32)
RESISTANCE (Ohms, at 30 °C)	: 47.63 Ohm ±10%
RATED CONT CURRENT(Amper)	: 10 A max
RATED THERMAL CURRENT(Amper)	: 400 A initial(@t=0), 267 A after rated time(@t=10 sec)
RATED FREQUENCY (Hz)	: 50 Hz
RATED TIME (Seconds)	: 10 sec
MAX. SYSTEM VOLTAGE (kV)	: 36 kV
SYSTEM VOLTAGE (kV, L-L)	: 33 kV
RATED VOLTAGE (kV, L-N)	: 33/√3 kV(19052 V L-N)
INSULATOR TYPE	: J4-170, 36 kV porcelain (IEC 60273)
BIL RATING (kV)	: 170 kV
1 MIN WITHSTAND VOLTAGE (kV)	: 70 kV-1 min
SERVICE (INDOOR / OUTDOOR)	: Outdoor
DEGREE OF PROTECTION (IP)	: IP33 with IP56 Cable Box (IEC 60529)
ENCLOSURE FINISH	: Hot Dip Galv, natural finish
WEIGHT (kg)	: approx 1200 kg
TECH DRAWING	: TR-2603-J-R0
SKU Code	: P818CB-LR1x100-20-A304(36kV)

1.7. Línea de interconexión

La planta solar se vincula a la SE Parinacota 220 kV mediante una línea simple circuito de 17,935 km. A continuación, se detallan características de este enlace y su modelado.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO	OFRECIDO
D.2	Nombre código		FLINT	FLINT
D.3	Normas que cumple		B 398 B 399	B 398 B 399
D.4	Área de la sección transversal nominal	mm ²	375,4	375,4
D.5	Diámetro exterior nominal	mm	25,16	25,16
D.6	Diámetro de las hebras	mm	3,59	3,59
D.7	Peso unitario nominal	kg/m	1,034	1,03
D.8	Resistencia mínima a la rotura	kg	11067	11067
D.9	Número de hebras		37	37
D.10	Radio medio geométrico	m	0,00966	0,00966
D.11	Módulo de elasticidad final	kg/mm ²	6187	6187
D.12	Coefficiente de dilatación térmica	1/°C	23x10-6	23x10-6
D.13	resistencia eléctrica en corriente alterna 50 hz a 25 °C	ohm/km	0,090114	0,091882
D.14	Dirección del cableado		Mano derecha	Mano derecha
D.15	Tensión de operación de la línea eléctrica		220	220

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICADO	OFRECIDO
D.2	Tipo de cable		OPGW	OPGW
D.3	Normas con que cumple		ASTM B-415, IEEE STD 1138	ASTM B-415, IEEE STD 1138
D.4	Diámetro exterior nominal	mm	≤ 11.4	11.4
D.5	Peso unitario nominal	kg/km	476.6	476.6
D.6	Resistencia mínima a la rotura	kg	Por Proveedor	8684
D.7	Número de alambres	c/u	Por Proveedor	6
D.8	Dirección del cableado		Izquierda	Izquierda
D.9	Módulo de elasticidad final promedio (3% alargamiento)	kg/mm ²	Por Proveedor	16531
D.10	Coefficiente de dilatación lineal	1/°C	Por Proveedor	13*10 ⁻⁶
D.11	Resistencia eléctrica en corriente alterna 50 Hz a 25°C	ohm/km	Por Proveedor	1.345
D.12	Capacidad de cortocircuito mínima	kA ² s	19.7	19.7
E	ALAMBRES COMPONENTES DEL CABLE OPGW			
E.1	Normas con que cumple		ASTM B-416	ASTM B-416
E.2	Diámetro nominal	mm	Por Proveedor	3.8
E.3	Espesor mínimo de la capa de aluminio	mm	Por Proveedor	0.19
E.4	Alargamiento promedio mínimo en 254 mm	%	Por Proveedor	1.5
E.5	Resistencia mínima a la rotura	kg	Por Proveedor	1446.6

	Fase A	Fase B	Fase C	CG
Altura Cruceta [m]	26.28	31.48	26.28	34.38
Long CA [m]	2.19	2.19	2.19	-
Flecha [m]	8.95	8.95	8.95	8.95
Alt Media [m]	18.12	23.32	18.12	28.41

Number of parallel Lines 1		Resulting Values	
Parameters		Nominal Current (act.) 1. kA	
Thermal Rating v →		Pos. Seq. Impedance, Z1 7.718153 Ohm	
Meteo. Station v →		Pos. Seq. Impedance, Angle 77.89819 deg	
Length of Line 17.935 km		Pos. Seq. Resistance, R1 1.618106 Ohm	
Derating Factor 1.		Pos. Seq. Reactance, X1 7.54663 Ohm	
		Zero Seq. Resistance, R0 8.190754 Ohm	
		Zero Seq. Reactance, X0 25.45918 Ohm	
		Earth-Fault Current, Ice 11.50663 A	
		Earth Factor, Magnitude 0.8240457	
		Earth Factor, Angle -8.047788 deg	

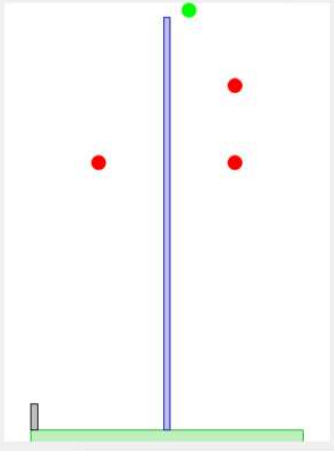
Name
S1x220.1CF
System Type
AC
Nominal Frequency
50, Hz
Number of Earth Wires
1
Number of Line Circuits
1
Transposition
none
Input Mode
Geometrical Parameter
Electrical Parameter
Earth resistivity
4526, Ohm*m
Earth return formula
Carson

Coordinate of Line Circuits [m]:

	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3
► Circuit 1	4,6	4,6	-4,6	18,12	23,32	18,12

Coordinate of Earth Conductors [m]:

	X	Y
► Earth Conductor 1	1,5	28,41



Name
AAAC Flint
Rated Voltage
220, kV
Rated Current
1, kA
Number of Subconductors
1
Conductor Model
Solid Conductor
Tubular Conductor
(Sub-)Conductor
DC-Resistance (20°C)
0,089 Ohm/km
GMR (Equivalent Radius)
9,79 mm
Outer Diameter
25,16 mm

Name
OPGW 48F
Rated Voltage
220, kV
Rated Current
1, kA
Number of Subconductors
1
Conductor Model
Solid Conductor
Tubular Conductor
(Sub-)Conductor
DC-Resistance (20°C)
1,17 Ohm/km
GMR (Equivalent Radius)
4,439 mm
Outer Diameter
11,4 mm

2. VERIFICACIÓN DE AJUSTES

2.1. Lógicas de inyección de corriente y LVRT

En los siguientes gráficos se presentan la curva FRT del inversor Power Electronics HEMK GEN 3 (en bornes del inversor) y la comparación entre esta y el requisito fijado en la NT (en el punto de conexión a la red).

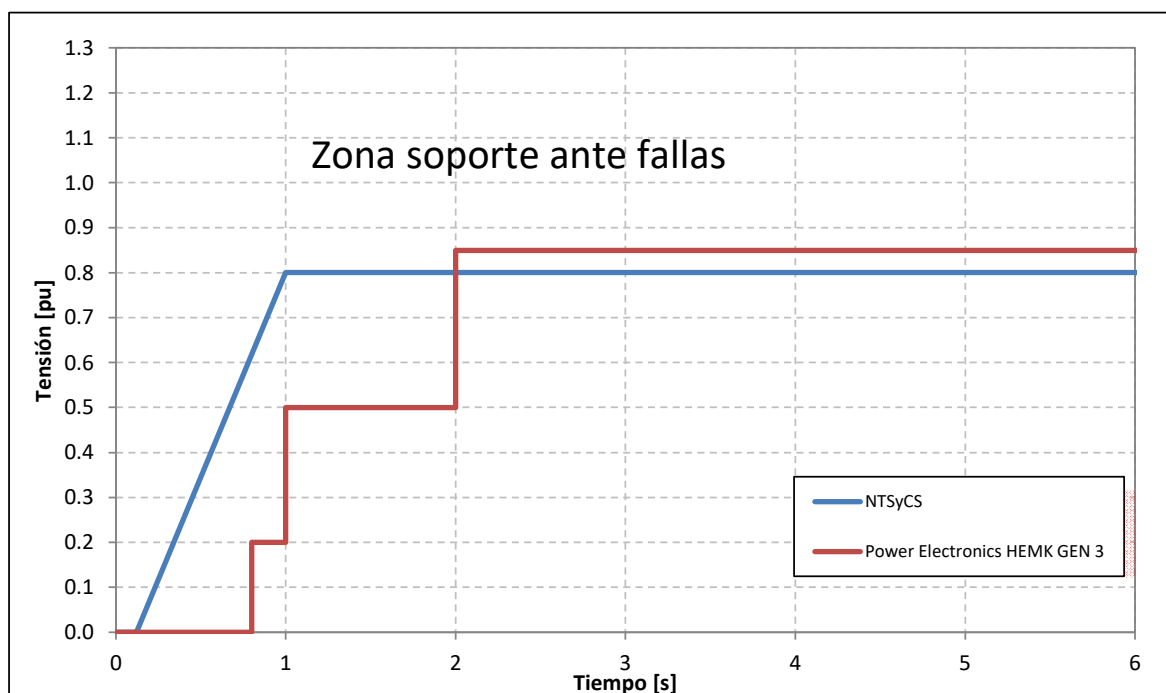


Gráfico 14. Curva límite tensión-tiempo Power Electronics HEMK GEN 3.

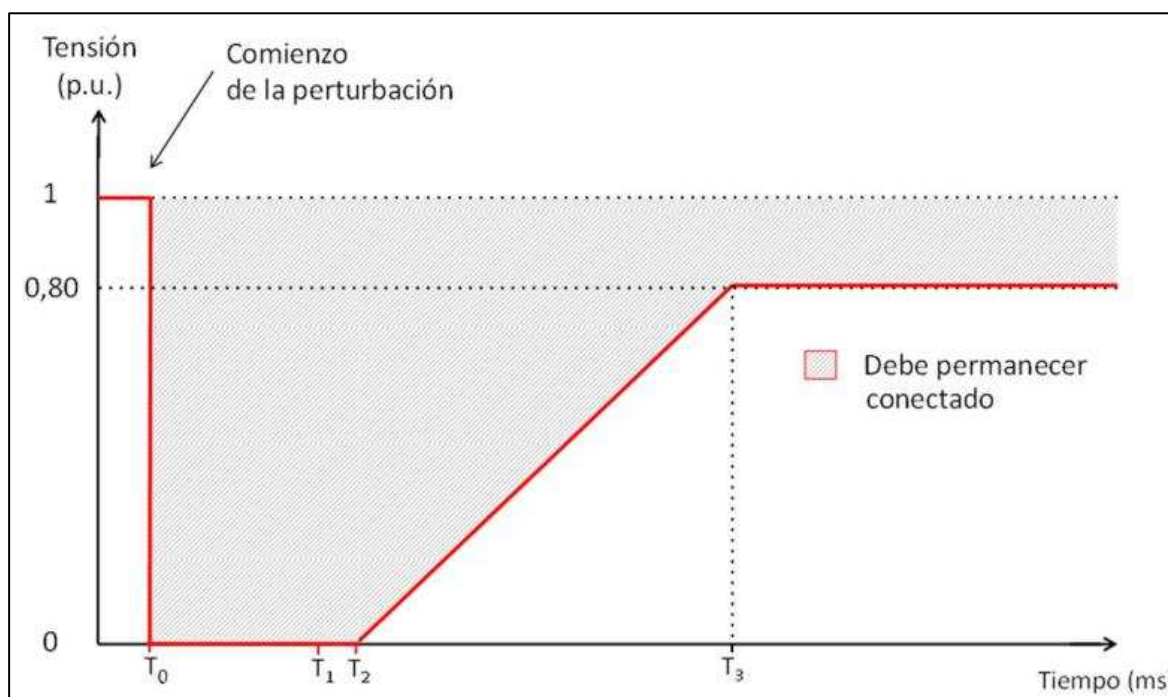


Gráfico 15. Curvas límite tensión-tiempo norma NT en punto de conexión.

Siendo:

T0 = 0 [ms], tiempo de inicio de la falla.

T1 = tiempo máximo de despeje de falla establecido en el Artículo 5-45, según el nivel de tensión del Punto de Conexión.

T2 = T1+20 [ms].

T3 = 1000 [ms].

Durante los huecos de tensión, el control cambia del modo normal (control de potencia activa y reactiva) al modo de control de corriente de rotor. Esto habilita al inversor a realizar soporte de tensión inyectando corriente reactiva a la red. La corriente reactiva en bornes del generador se encuentra configurada de acuerdo al Gráfico 16.

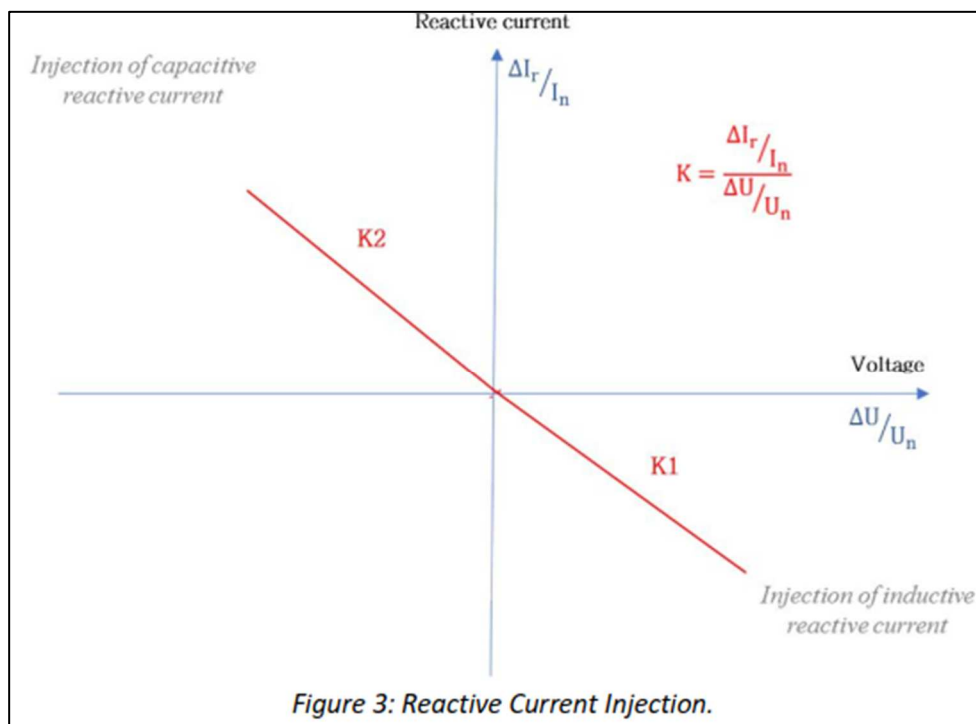


Gráfico 16. Inyección de corriente reactiva ante huecos de tensión. Power Electronics HEMK GEN 3.

Low Voltage Ride Through Parameters*			
G4.3.1.1	LVRT Model Enable*	Mode 1	-
G4.3.1.2	LVRT Threshold*	90,0	%
G4.3.1.4	LVRT Configuration Mode*	Is prev + kdVdir	-
G4.3.2.2	Vset	100,0	%
G4.3.2.7	K DIR	2	
G4.3.2.9	K INV	0	
G4.3.3.3	Hysteresis %*	5	%
G4.3.3.7	ID Recover Ramp	3000,0	%/s

High Voltage Ride Through Parameters*			
G4.4.1.1	OVRT Model Enable*	Mode 1	-
G4.4.1.2	OVRT Threshold*	110,0	%
G4.4.1.4	OVRT Configuration Mode*	Is prev + kdVdir	-
G4.4.2.2	Vset	89,9	%
G4.4.2.7	K Factor*	2	-
G4.4.3.2	Hysteresis %*	5	%
G4.4.3.7	ID Recover Ramp	Disabled	%

2.2. Ajuste de protecciones

2.2.1 Protección de tensión

En las siguientes gráficos y tablas se muestra el ajuste de protecciones de tensión de los inversores, según la información proporcionada por el fabricante:

Tabla 8. Ajuste de protección de tensión.

High Input Voltage			
G5.1.2.1	High V Enable	XX000	
G5.1.2.2	Slow Protection	110,00	%
G5.1.2.3	Delay for Slow Protection (0.0 – 6550.0)	1,00	sec
G5.1.2.4	Fast Protection	120,00	%
G5.1.2.5	Delay for Fast Protection (0.00-655.00)	0,20	sec
G5.1.2.6	Fast 2 Protection	Disabled	%
G5.1.2.7	Delay for Fast 2 Protection (0.00-655.00)	Disabled	sec
G5.1.2.8	Very Fast Protection	Disabled	%
G5.1.2.9	Delay for Very Fast Protection (0.000-65.500)	Disabled	sec
G5.1.2.10	Second Very Fast 2 Protection	Disabled	%
G5.1.2.11	Delay Very Fast 2 Protection (0.000-65.500)	Disabled	sec

Low Input Voltage			
G5.1.1.1	Low V Enable	XXX00	
G5.1.1.2	Slow Protection	85,00	%
G5.1.1.3	Delay for Slow Protection (0.0 – 6550.0)	2,00	sec
G5.1.1.4	Fast Protection	50,00	%
G5.1.1.5	Delay for Fast Protection (0.00-655.00)	1,00	sec
G5.1.1.6	Fast 2 Protection	20,00	%
G5.1.1.7	Delay for Fast 2 Protection (0.00-655.00)	0,80	sec
G5.1.1.8	Very Fast Protection	Disabled	%
G5.1.1.9	Delay for Very Fast Protection (0.000-65.500)	Disabled	sec
G5.1.1.10	Second Very Fast 2 Protection	Disabled	%
G5.1.1.11	Delay Very Fast 2 Protection (0.000-65.500)	Disabled	sec

2.2.2 Protección de frecuencia

En las siguientes gráficos y tablas se muestra el ajuste de protecciones de tensión de los inversores, según la información proporcionada por el fabricante:

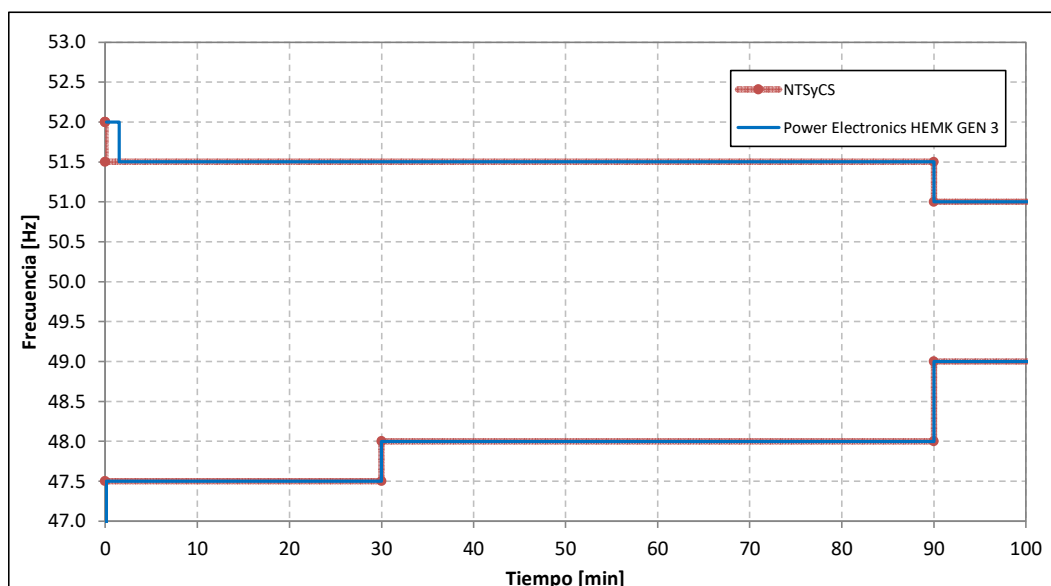


Gráfico 17. Ajuste de protección de frecuencia.

Tabla 9. Ajuste de protección de frecuencia.

Low Input Frequency			
G5.1.3.1	Low f Enable	XXX00	
G5.1.3.2	Slow Protection	49,00	Hz
G5.1.3.3	Delay for Slow Protection (0.0 – 6550.0)	5400,00	Second
G5.1.3.4	Fast Protection	48,00	Hz
G5.1.3.5	Delay for Fast Protection (0.00-655.00)	1800,00	Second
G5.1.3.6	Fast 2 Protection	47,50	Hz
G5.1.3.7	Delay for Fast 2 Protection (0.00-655.00)	0,10	Second
G5.1.3.8	Very Fast Protection	Disabled	Hz
G5.1.3.9	Delay for Very Fast Protection (0.000-65.500)	Disabled	Second
G5.1.3.10	Second Very Fast 2 Protection	Disabled	Hz
G5.1.3.11	Delay Very Fast 2 Protection (0.000-65.500)	Disabled	Second

High Input Frequency			
G5.1.4.1	High f Enable	XXX00	
G5.1.4.2	Slow Protection	51,00	Hz
G5.1.4.3	Delay for Slow Protection (0.0 – 6550.0)	5400,00	Second
G5.1.4.4	Fast Protection	51,50	Hz
G5.1.4.5	Delay for Fast Protection (0.00-655.00)	90,00	Second
G5.1.4.6	Fast 2 Protection	52,00	Hz
G5.1.4.7	Delay for Fast 2 Protection (0.00-655.00)	0,10	Second
G5.1.4.8	Very Fast Protection	Disabled	Hz
G5.1.4.9	Delay for Very Fast Protection (0.000-65.500)	Disabled	Second
G5.1.4.10	Second Very Fast 2 Protection	Disabled	Hz
G5.1.4.11	Delay Very Fast 2 Protection (0.000-65.500)	Disabled	Second

3. ARCHIVOS ADJUNTOS ENTREGADOS

Forman parte integral del presente informe los siguientes archivos que se entregan en forma adjunta:

- Registro de ensayos: Registros_PSFV_Willka_SSCC.rar

Todos los registros de ensayos del presente informe son entregados adjuntos en formato “.csv”.