



Ciente : Grenergy
País : CHILE
Proyecto : EEMT-2025-563
Revisión : B
Fecha : 04/07/2025

Protocolo de Ensayos: Verificación de Servicios
Complementarios
Quillagua II PFV + BESS



www.estudios-electromagneticos.com



Se elabora el siguiente documento por parte de Estudios-Electromagnéticos para la empresa Grenergy. Ante consultas técnicas comunicarse con:

Pablo Amoedo

Ingeniero de Ensayos

pablo.amoedo@estudios-electromagneticos.com

Lorena Otalora

Ingeniera de Ensayos

lorena.otalora@estudios-electromagneticos.com

Sebastián Fredes

Ingeniero de Ensayos

sebastian.fredes@estudios-electromagneticos.com

Cristian Albistur

Director de Estudios

cristian.albistur@estudios-electromagneticos.com

www.estudios-electromagneticos.com

Fecha	Rev.	Obs.	Preparó	Revisó	Aprobó
03/06/2025	A	Para revisión interna	LoO	SeF	PaA
04/07/2025	B	Observaciones del CEN	LoO	SeF	PaA

1 ÍNDICE

1	ÍNDICE	2
2	INTRODUCCIÓN	4
2.1	Nomenclatura	6
2.1	Variables necesarias para registrar	6
2.2	Equipo de medición.....	8
2.3	Puntos de medición a nivel de planta	8
2.4	Puntos de medición a nivel de inversor	13
2.5	Puntos de medición a nivel de inversor	14
2.6	Puntos de medición a nivel de convertidor	15
3	ENSAYOS AL CONTROLADOR LOCAL DE LOS INVERSORES	16
3.1	Verificación de la Curva PQ.....	16
3.2	Controlador de potencia reactiva	17
4	ENSAYOS AL CONTROLADOR LOCAL DE LOS CONVERTIDORES	18
4.1	Verificación de la Curva PQ.....	18
4.2	Controlador de potencia reactiva	19
5	ENSAYOS SERVICIOS COMPLETARIOS CONTROL DE TENSIÓN	20
5.1	Controlador de potencia reactiva PFV	22
5.2	Controlador de potencia reactiva BESS.....	22
5.3	Controlador de potencia reactiva PFV + BESS	22
5.4	Controlador de factor de potencia PFV.....	23
5.5	Controlador de factor de potencia BESS	23
5.6	Controlador de factor de potencia PFV + BESS.....	23
5.7	Controlador de tensión (Q/V) PFV	23
5.8	Controlador de tensión (Q/V) BESS.....	23
5.9	Controlador de tensión (Q/V) PFV + BESS	23
5.10	Verificación de la curva PQ teórica PFV + BESS en el POI.....	24
5.11	Verificación de la curva PQ teórica BESS en el POI	25
5.12	Verificación de la curva PQ PFV en el POI	26
5.13	Verificación de la curva PQ BESS en el POI.....	27
5.13.1	Regulador de tensión (AVR)	29
6	ENSAYOS SERVICIOS COMPLETARIOS CONTROL PRIMARIO DE FRECUENCIA	30

6.1	Determinación de estatismo y banda muerta	30
6.2	Determinación de la Banda Muerta	32
7	ENSAYOS SERVICIOS COMPLETARIOS CONTROL TERCARIO DE FRECUENCIA	33
7.1	Reserva en giro y medición de la capacidad de subida y bajada de carga	33
7.2	Verificación de CTF en frío	34
8	PLANILLA PARA ENSAYOS DE SERVICIOS COMPLEMENTARIOS	35
9	CRONOGRAMA	38
10	OBSERVACIONES GENERALES	40

2 INTRODUCCIÓN

El presente documento contiene el protocolo de pruebas para los ensayos de verificación de servicios complementarios que se realizarán en el Parque Fotovoltaico Quillagua II, de la empresa Greenergy, estos serán utilizados para verificar los Servicios Complementarios para el Control de Tensión (SC CT), Control Primario de Frecuencia (SC CPF) y Control Terciario de Frecuencia (SC CTF). Los ensayos serán liderados y desarrollados por el Experto Técnico Pablo Amoedo junto a Sebastián Fredes y Lorena Otalora (equipo de ensayos de Estudios Electromagnéticos).

El proyecto Quillagua II, se encuentra emplazado en la comuna de María Elena, Región de Antofagasta (Chile), es una instalación de generación fotovoltaica con capacidad de almacenamiento de energía a partir de baterías con una potencia declarada combinada de 105 MW en el punto de interconexión (a nivel de 220 kV) y una capacidad de almacenamiento nominal de 651 MWh (equivalente a 6,2 horas de operación).

La central cuenta con una subestación elevadora 220 kV/23 kV denominada PEQ (Parque Eólico Quillagua). Una línea de 220 kV.

El PFV este compuesto por 33 inversores, mientras que el sistema BESS está compuesto por 46 convertidores fabricados por INGTEAM. El control conjunto de planta opera de forma conjunta, repartiendo la potencia total del POI entre el parque fotovoltaico y el BESS.

El BESS Quillagua II está pensado para almacenar la energía producida durante el día por la planta fotovoltaica. La energía producida por la planta que no sea posible almacenar en el sistema BESS se seguirá inyectando a la red. Por otro lado, si la energía producida por la planta solar es deficitaria, la central cuenta con la viabilidad técnica de tomar energía de la red con el fin de completar el proceso de carga. Se aclara que esto último no refleja la operación habitual de la planta, aunque si resulta posible técnicamente con la configuración actual del sistema.

Durante la noche se procede a efectuar la descarga del sistema BESS para cumplir con compromisos de entrega de energía. El proceso de carga se realiza enteramente en horario solar.

El cliente, ha solicitado el servicio de Verificación de Servicios Complementarios a Estudios Electromagnéticos para Control de Tensión, Control Primario de Frecuencia y Control Terciario de Frecuencia. Dicho servicio será ejecutado considerando los requerimientos de los siguientes documentos oficiales:

- Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio vigente (NTSyCS).
- Norma Técnica de Servicios Complementarios (NTSSCC).
- Guía de Verificación de Servicios Complementarios Control de Tensión (versión 2 – febrero 2025).
- Guía de Verificación de Servicios Complementarios Control de Frecuencia (versión 2 – febrero 2025).

Como parte de los requerimientos para presentar Servicios Complementarios, el CEN solicita la realización de pruebas de verificación (auditoria) que prueban la capacidad de las instalaciones para llevarlos a cabo.

2.1 Nomenclatura

En este documento se empleará la siguiente notación:

Abreviatura	Descripción
BESS	Battery Energy Storage System
CEN	Coordinador Eléctrico Nacional
CPF	Control Primario de Frecuencia
CTF	Control Terciario de Frecuencia
CT	Control de Tensión
FRT	Frequency Ride Through
NTSyCS	Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio
NTSSCC	Norma Técnica de Servicios Complementarios
POI	Punto de interconexión, en 220 kV (<i>Point of interconnection</i>)
PPC	Control conjunto de planta (<i>Power Plant Controller</i>)
PFV	Parque Fotovoltaico
SE	Subestación Eléctrica
SoC	<i>State-of-Charge</i> de las baterías
fe	Frecuencia eléctrica
Pe	Potencia activa total
Qe	Potencia reactiva total
Vt	Tensión de terminales (fase-fase)
Pn	Potencia nominal
TP	Transformador de Potencial
TC	Transformador de Corriente
BT	Baja Tensión
MT	Media Tensión
AT	Alta Tensión

Tabla 2-1: Nomenclatura.

2.1 Variables necesarias para registrar

A continuación, se presenta una lista de señales que se necesitará registrar durante las pruebas en sitio. Se presentan dos tablas, la Tabla 2-2 contiene la lista de señales que se requieren para realizar los ensayos en los inversores, la Tabla 2-3 contiene la lista de señales que se requieren para realizar los ensayos en los convertidores y la Tabla 2-4 si presenta las señales que se requieren para el PPC.

Para ello se instalará instrumental propio de Estudios Electromagnéticos (Analizador de calidad de energía), el cual medirá tensión y corriente en los terminales del inversor y en los secundarios de los TP/ TC en el POI.

Además, si el sistema SCADA cuenta con registros disponibles, estos serán solicitados a personal de planta como sustento/ respaldo de los ensayos realizados.

Señal	Descripción	Observación
Vt	Tensión fase-fase RMS del inversor, medida en BT	Obligatoria
It	Corriente de fase RMS del inversor, medida en BT	Obligatoria
Pe	Potencia Activa del inversor, medida en BT	Obligatoria
Qe	Potencia Reactiva del inversor, medida en BT	Obligatoria

Tabla 2-2: Lista de señales para el inversor.

Señal	Descripción	Observación
Vt	Tensión fase-fase RMS del inversor, medida en BT	Obligatoria
It	Corriente de fase RMS del inversor, medida en BT	Obligatoria
Pe	Potencia Activa del inversor, medida en BT	Obligatoria
Qe	Potencia Reactiva del inversor, medida en BT	Obligatoria

Tabla 2-3: Lista de señales para el convertidor.

Señal	Descripción	Observación
Vbus	Tensión fase-fase RMS del parque, medida en AT	Obligatoria
Ibus	Corriente de fase RMS del parque, medida en AT	Obligatoria
Pbus	Potencia Activa del parque, medida en AT	Obligatoria
Qbus	Potencia Reactiva del parque, medida en AT	Obligatoria
Fe	Frecuencia eléctrica	Obligatoria

Tabla 2-4: Lista de señales para el PPC.

Se pueden agregar más señales en caso de disponibilidad, esto será acordado con el fabricante.

2.2 Equipo de medición

A continuación, se lista el instrumental a utilizar en la ejecución de los ensayos. El analizador que se utilizará sirve tanto para la adquisición de señales a nivel de inversor, convertidor y de planta.

Señal	Descripción	Fabricante	Observación
1	Analizador de redes	Hioki	PQ3100
2	Sonda de corriente secundaria	Hioki	CT7126
3	Sonda de corriente primaria	Hioki	CT7045

Tabla 2-5: Instrumental utilizado para la ejecución de los ensayos en sitio.

Las sondas primarias serán utilizadas para la medición de la corriente de línea al momento de ensayar los inversores PFV (a nivel de 630 V) y convertidores BESS (a nivel de 630 V), puntos de medida identificados como P4 y P5 respectivamente. Por su parte, las sondas secundarias serán utilizadas para la medición de los valores secundarios de la corriente de línea (a nivel de 220 kV, celda de *incoming* desde transformador principal) durante la ejecución de las pruebas al control conjunto de planta, punto de medida identificado como PAT. De esta forma, el analizador de redes propio se destina a la medición de las variables eléctricas totales de la central Quillagua II en 220 kV, incluyendo tanto a la parte fotovoltaica como de almacenamiento.

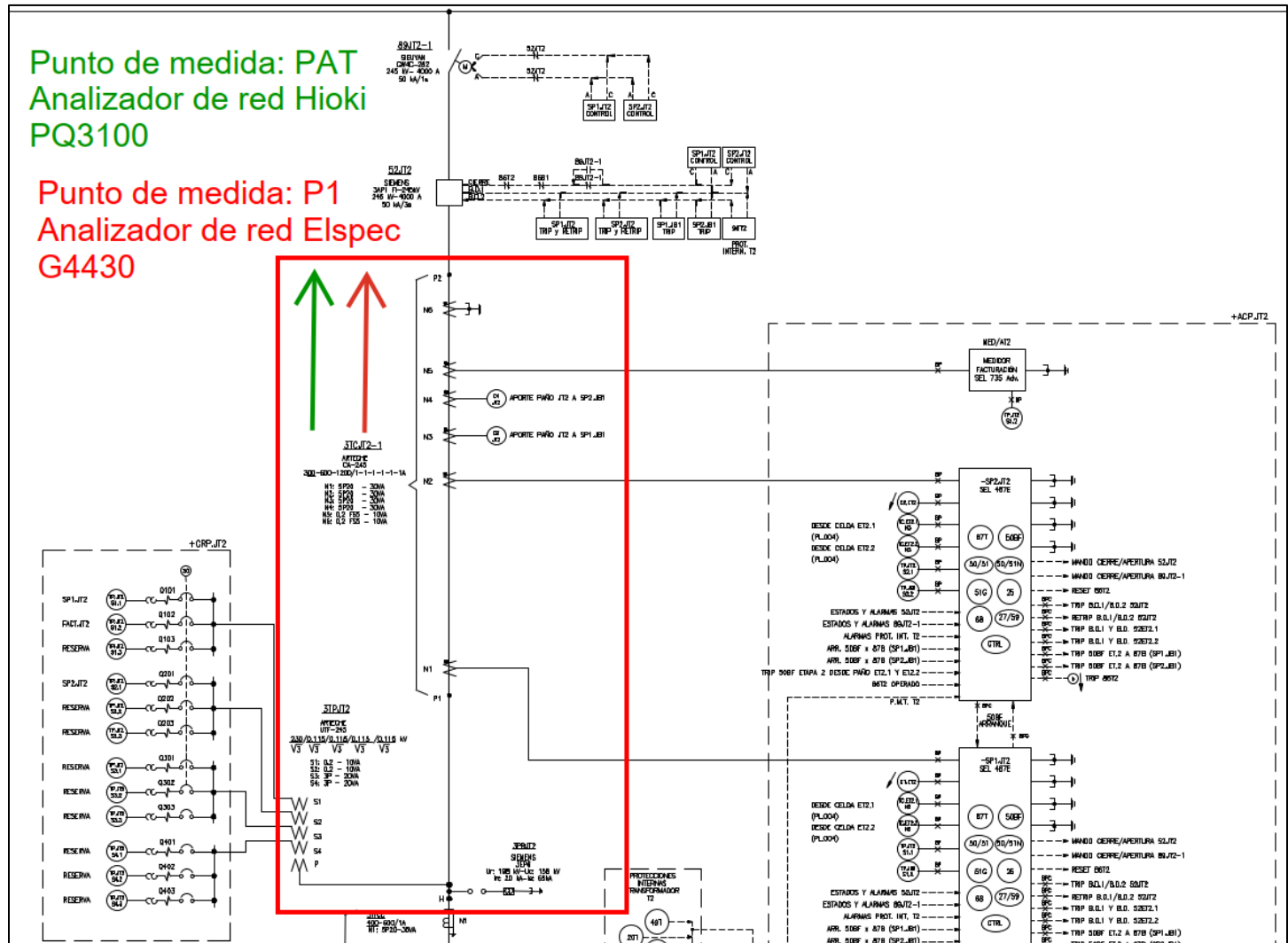
Los registros de los ensayos serán procesados por el analizador de forma tal de convertir las variables instantáneas medidas (tensiones y corrientes) en sus correspondientes valores RMS. La frecuencia de muestreo utilizada será de 100 muestras/segundo.

2.3 Puntos de medición a nivel de planta

Para el desarrollo de los ensayos asociados al presente informe, se llevarán a cabo distintas mediciones en sitio.

Los puntos de medición son ubicados gráficamente en los diagramas unifilares y cada punto se ha incluido una flecha que indica el sentido positivo de la potencia medida.

El registro de las variables eléctricas a nivel de planta se realiza a través de los transformadores de corriente y potencial dispuestos en el punto de interconexión del PFV + BESS Quillagua II, en 220 kV. La Figura 2-1, muestra un recorte del diagrama unifilar resaltando el punto de medición del analizador de red Elspec G4430 instalado en el POI, identificado como P1. Además, a modo de respaldo se instalará instrumental propio, el que corresponde al analizador de red portátil Hioki PQ3100, el punto de medición es identificado como PAT.



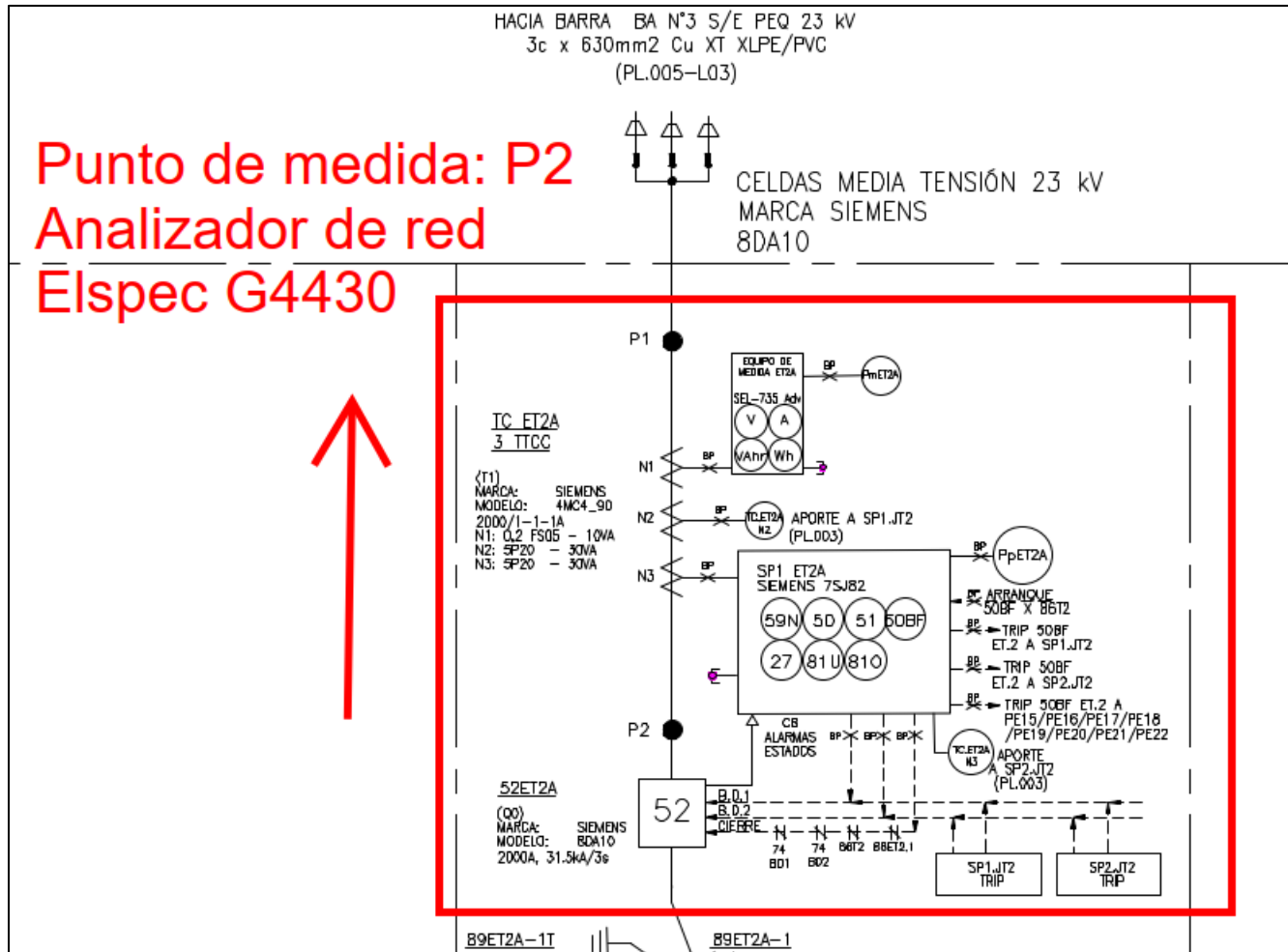


Figura 2-2: Extracto DUF Punto de medición incoming celda 1 MT 23 kV (PFV + BESS Quillagua II).

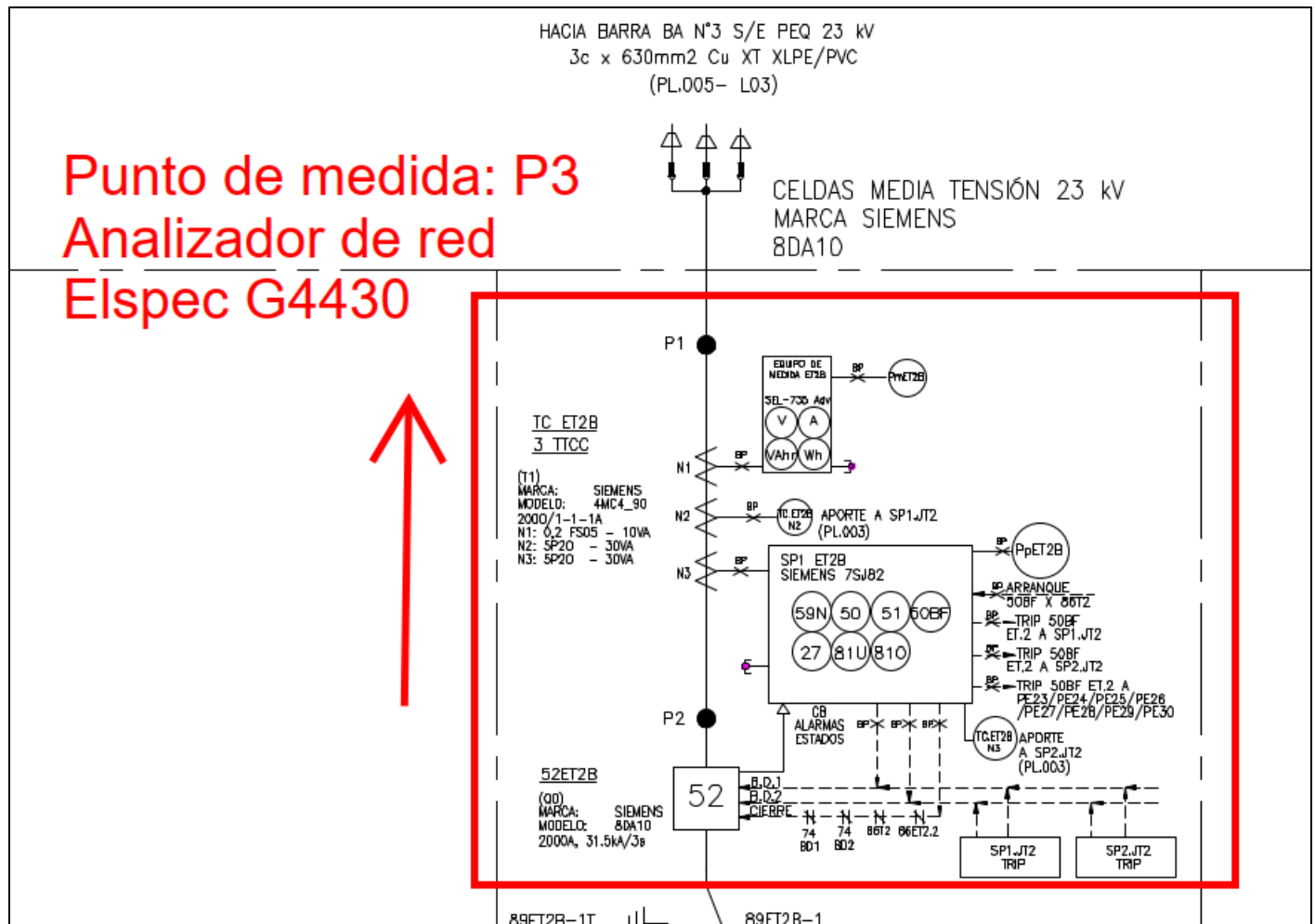


Figura 2-3: Extracto DUF Punto de medición incoming celda 2 MT 23 kV (PFV + BESS Quillagua II).

La Figura 2-4 y la Figura 2-5, muestra un recorte del diagrama unifilar resaltando los puntos de medición de los analizadores de red Elspec G4430 instalados en los alimentadores BESS II en las celdas de 23 kV, identificados como PBESS A19 al A22 y PBESS A27 al A30.

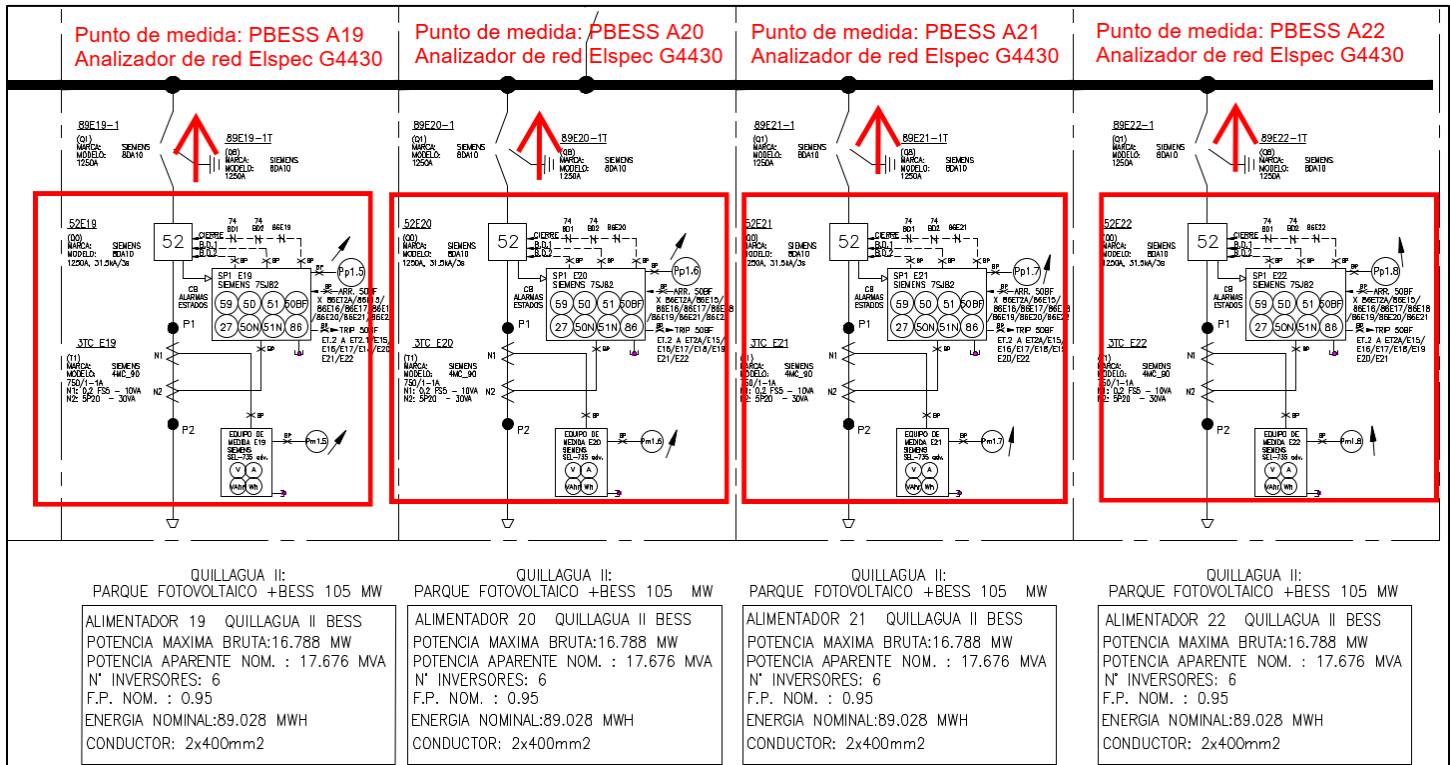


Figura 2-4: Extracto DUF Punto de medición alimentadores MT BESS II (23 Kv).

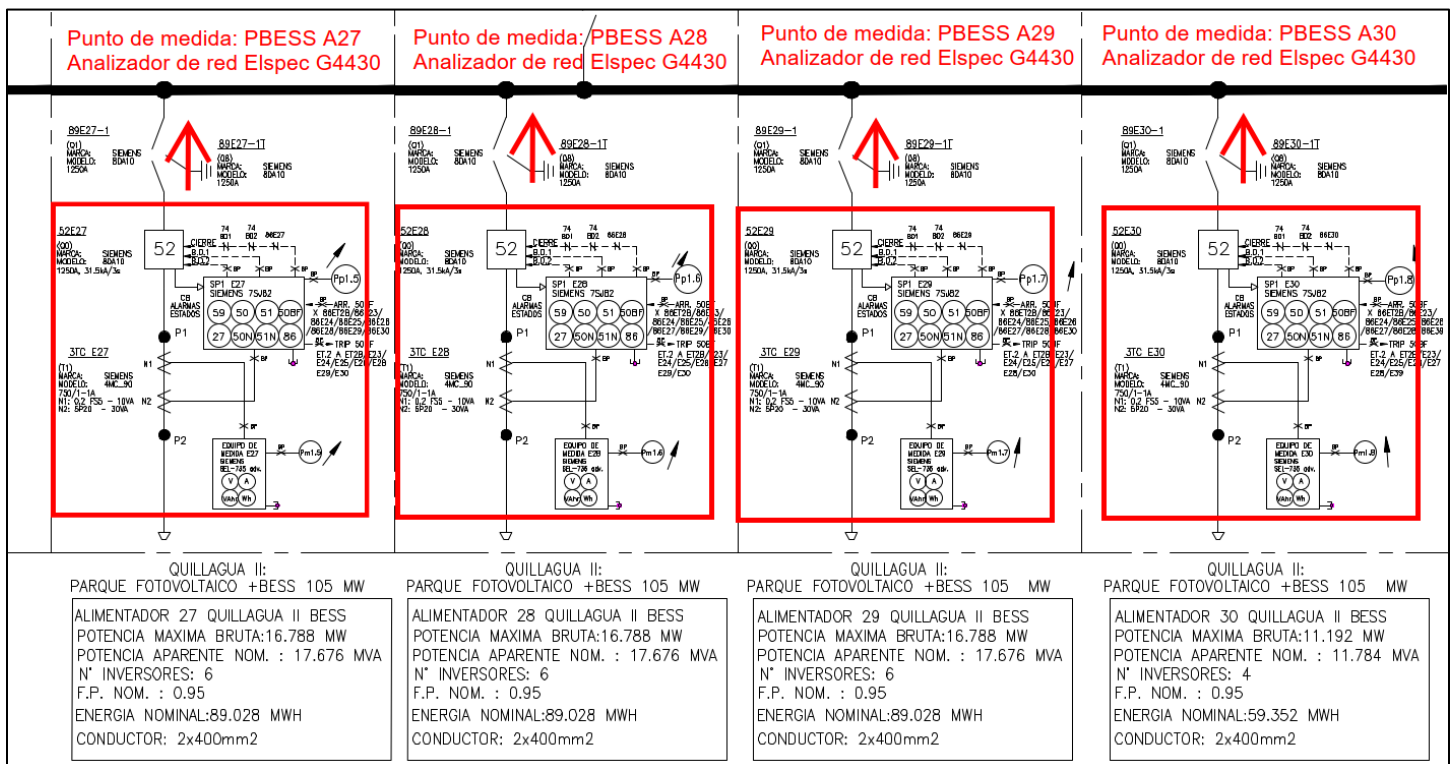


Figura 2-5: Extracto DUF Punto de medición alimentadores MT BESS II (23 kv).

Los registros de las variables eléctricas a nivel de planta son utilizados para los ensayos de curva de capacidad y los distintos modos de control disponibles en el PPC como, potencia reactiva (Q), factor de potencia (FP) y tensión (Q(V)).

2.4 Puntos de conexión equipo portátil

La Tabla 2-6 resume los puntos de conexión del equipo Hioki PQ3100. El esquema de conexión se muestra en la Figura 2-1.

Subestación			
PEQ 220 kV			
Identificación Armario			
+ACP.JT2			
Identificación puntos de conexión			
Sonda corriente		Sonda tensión	
Regleta	XC1	Regleta	XPL
Puntos	1 – 2 – 3	Puntos	1 – 2 – 3 – 4

Tabla 2-6: Puntos de conexión Hioki PQ3100.

El registro de las variables eléctricas a nivel de planta es utilizado para los ensayos de curva de capacidad y los distintos modos de control disponibles en el PPC como, potencia reactiva (Q), factor de potencia (FP) y tensión (Q(V)).

2.5 Puntos de medición a nivel de inversor

El registro de las variables eléctricas a nivel de inversor se realiza a través de la conexión directa del equipo adquisidor a sus barras de salida. La Figura 2-6, muestra un recorte del diagrama unifilar de los inversores del PFV. Se resalta el punto de medida, identificado como P4.

Los inversores por medir corresponden al más cercano y al más lejano.

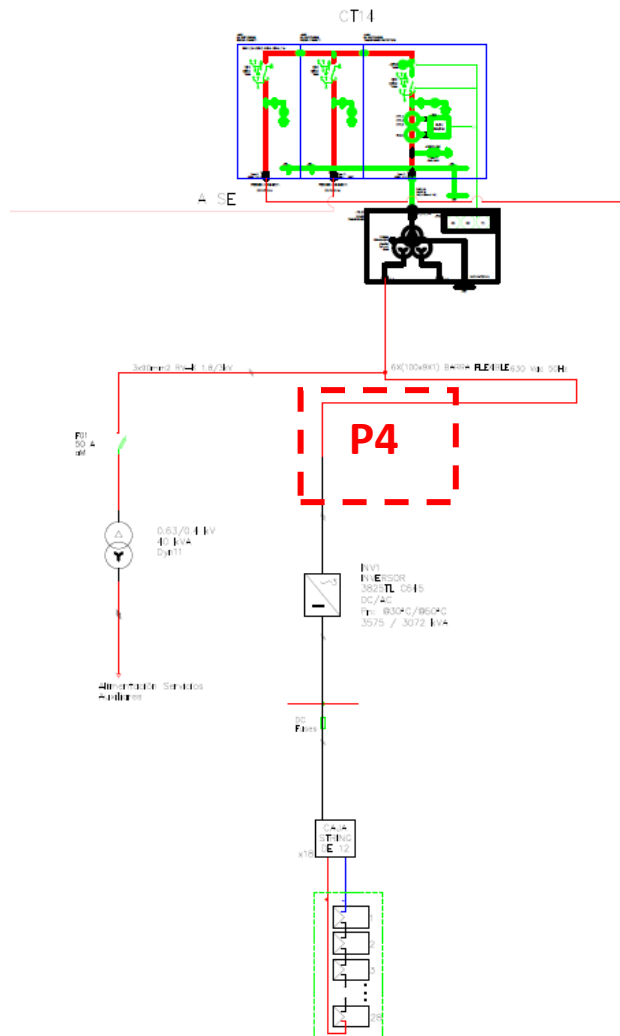


Figura 2-6: Punto de medición de las variables eléctricas a nivel de inversor.

2.6 Puntos de medición a nivel de convertidor

El registro de las variables eléctricas a nivel de convertidor se realiza a través de la conexión directa del equipo adquisidor a sus barras de salida. La Figura 2-7, muestra un recorte del diagrama unifilar de los convertidores del BESS. Se resalta el punto de medida, identificado como P5.

Los convertidores por medir corresponden al más cercano y al más lejano.

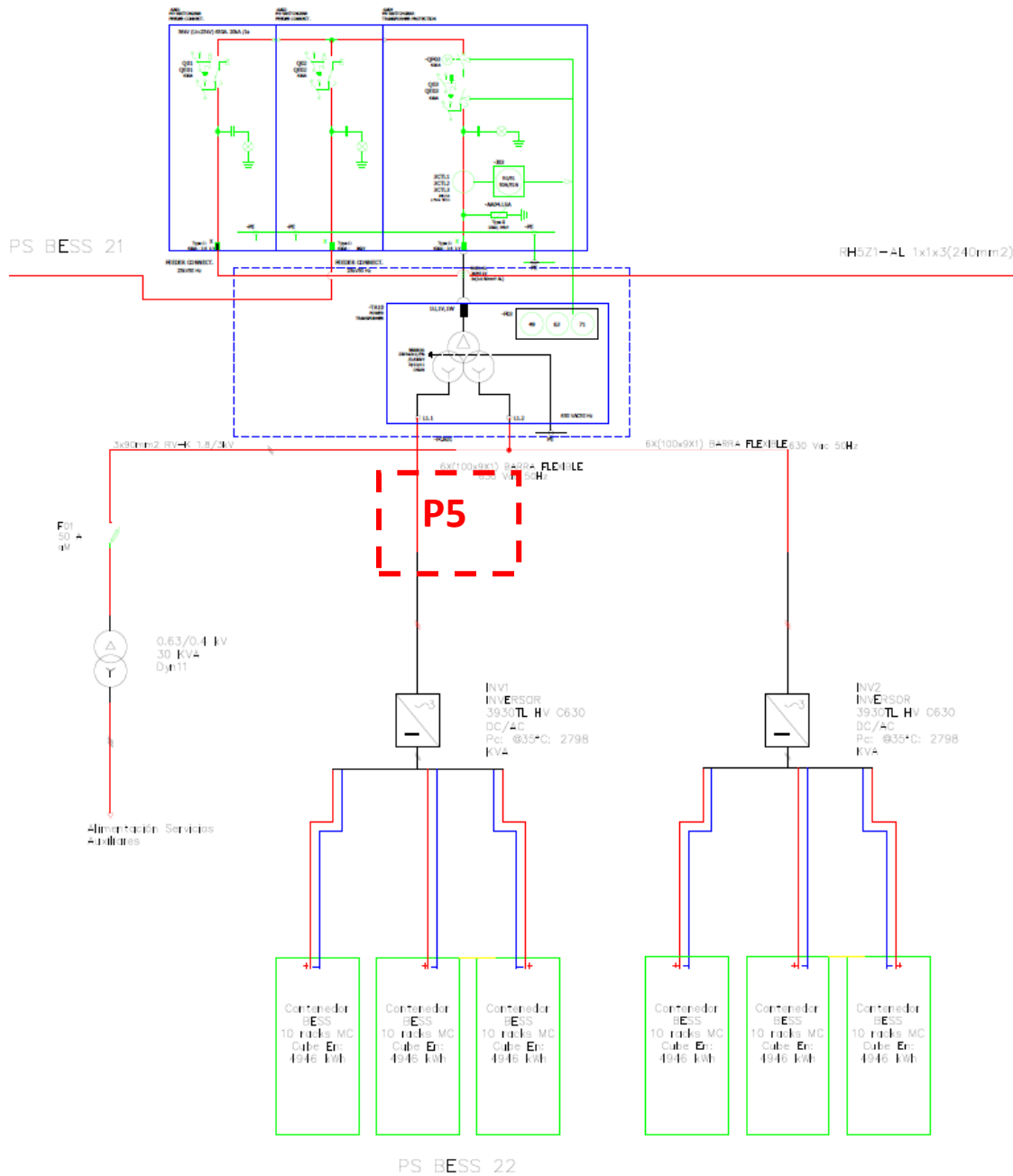


Figura 2-7: Punto de medición de las variables eléctricas a nivel de convertidor.

3 ENSAYOS AL CONTROLADOR LOCAL DE LOS INVERSORES

Los ensayos al o los inversores se realizarán a través de los controladores locales de los mismos, ya que están fuera de la acción del PPC.

Los ensayos se realizarán sobre el inversor más cercano y el inversor más lejano del PFV Quillagua II. Esto se establece en el inciso 6. "Ensayos para la verificación de parques eólicos y fotovoltaicos" de la "Guía de verificación de Control de Tensión (febrero 2025).

Antes de iniciar la prueba, se requerirá identificar las protecciones que permiten operar el parque dentro de los límites de operación en sobretensiones y subtensión según lo establecido en el Capítulo 5 de la NTSyCS.

Los ensayos que se realizaran se presentan en la siguiente lista:

- Verificación de la curva PQ.
- Escalón en la referencia de potencia reactiva del controlador.

3.1 Verificación de la Curva PQ

El propósito del presente ensayo es mostrar la operación de los inversores a ensayar en los límites establecidos por su curva de capacidad. Para ello, es necesario obtener los puntos de régimen permanente dentro de la curva PQ de los inversores para determinar los parámetros del modelo y también verificar los límites de inyección/ absorción de potencia reactiva.

Durante este ensayo se requiere registrar las siguientes variables: tensión de fase, corriente de fase, frecuencia eléctrica de la red, potencia reactiva, tensión de fase-fase y potencia activa del inversor. Esta prueba apunta en la verificación de la curva de capacidad declarada por el fabricante sin exceder sus límites.

Los ensayos se realizarán a 3 niveles de potencia activa y a 2 niveles de potencia reactiva, como se presenta en la Figura 3-1, ejemplo de una curva de capacidad:

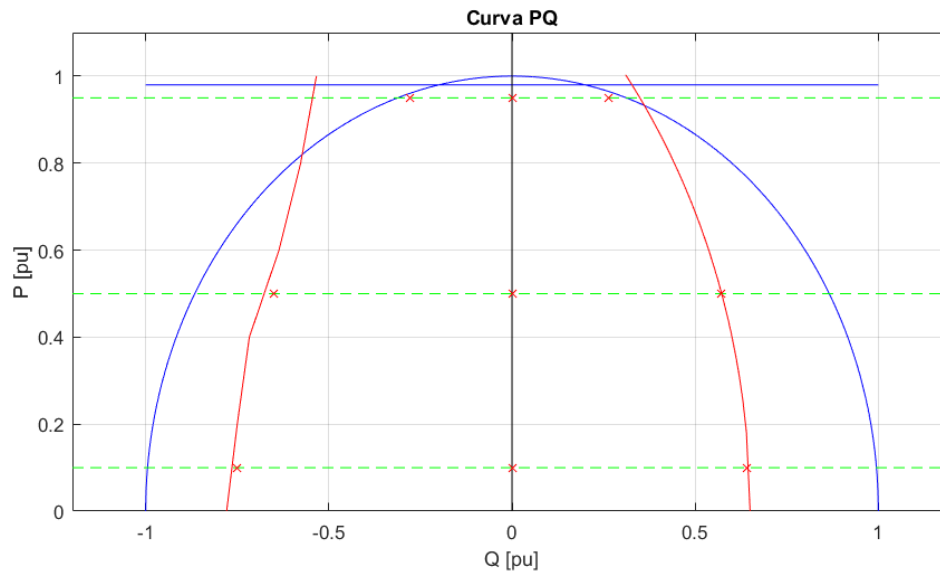


Figura 3-1: Niveles de Potencia Activa y Reactiva de la curva PQ.

Los valores de potencia activa y reactiva son valores genéricos que se definirán en sitio de acuerdo con las condiciones que existan.

Potencia Activa	Potencia Reactiva			Descripción
Pmin (Mínimo Técnico)	-Q1	0	+Q2	Q1: Potencia reactiva cercana al límite para Pmin. Q2: Potencia reactiva cercana al límite para Pmin.
Pmed (Potencia comprendida entre el 30% y el 95%)	-Q3	0	+Q4	Q1: Potencia reactiva cercana al límite para Pmed. Q2: Potencia reactiva cercana al límite para Pmed.
Pmax (Potencia mayor o igual al 95%)	-Q5	0	+Q6	Q1: Potencia reactiva cercana al límite para Pmax. Q2: Potencia reactiva cercana al límite para Pmax.

Tabla 3-1: Lista de señales para el inversor.

3.2 Controlador de potencia reactiva

El objetivo de este ensayo es verificar el desempeño del control de reactivo de la planta para distintas condiciones de disponibilidad del recurso primario, para ello se consideran 3 niveles de carga, realizando a 95%, 60% y 30% de potencia activa. Se aplicará un cambio de tipo escalón de $\pm 10\%$ Pn en la referencia de potencia reactiva.

4 ENSAYOS AL CONTROLADOR LOCAL DE LOS CONVERTIDORES

Los ensayos a los convertidores se realizarán a través de los controladores locales de los mismos, ya que están fuera de la acción del PPC.

Los ensayos se realizarán sobre el inversor más cercano y el inversor más lejano del PFV Quillagua II. Esto se establece en el inciso 6. "Ensayos para la verificación de parques eólicos y fotovoltaicos" de la "Guía de verificación de Control de Tensión (febrero 2025).

Antes de iniciar la prueba, se requerirá identificar las protecciones que permiten operar el parque dentro de los límites de operación en sobretensiones y subtensión según lo establecido en el Capítulo 5 de la NTSyCS.

Los ensayos que se realizaran se presentan en la siguiente lista:

- Verificación de la curva PQ.
- Escalón en la referencia de potencia activa del controlador local.
- Escalón en la referencia de potencia reactiva del controlador local.

4.1 Verificación de la Curva PQ

El propósito del presente ensayo es mostrar la operación de los convertidores a ensayar en los límites establecidos por su curva de capacidad. Para ello, es necesario obtener los puntos de régimen permanente dentro de la curva PQ de los convertidores para determinar los parámetros del modelo y también verificar los límites de inyección/ absorción de potencia reactiva.

Durante este ensayo se requiere registrar las siguientes variables: tensión de fase, corriente de fase, frecuencia eléctrica de la red, potencia reactiva, tensión de fase-fase y potencia activa del inversor. Esta prueba apunta en la verificación de la curva de capacidad declarada por el fabricante sin exceder sus límites.

Los ensayos para los convertidores en el BESS se realizarán a 5 niveles de potencia activa y a 2 niveles de potencia reactiva, como se presenta en la Figura 3-1, ejemplo de una curva de capacidad:

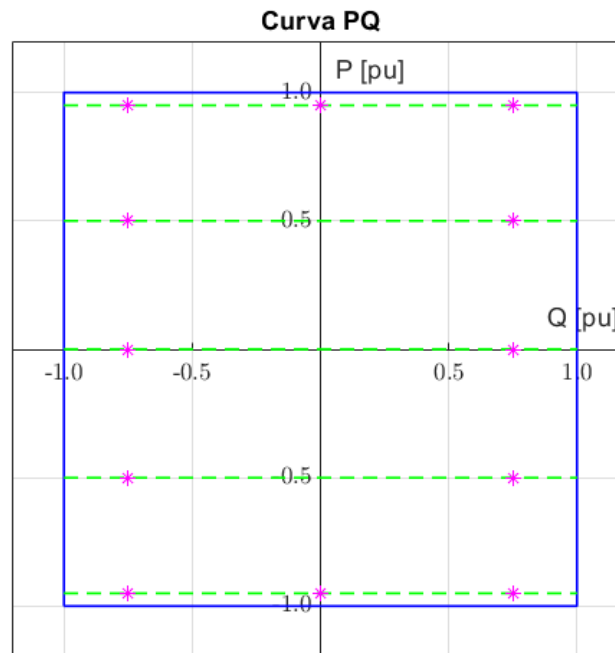


Figura 4-1: Niveles de Potencia Activa y Reactiva de la curva PQ.

Potencia Activa	Potencia Reactiva			Descripción
Potencia 0	-Q1	0	+Q2	Q1: Potencia reactiva cercana al límite para $P = 0$ pu. Q2: Potencia reactiva cercana al límite para $P = 0$ pu.
Pmed (Potencia en $\pm 50\%$)	-Q3	0	+Q4	Q1: Potencia reactiva cercana al límite para $P = 0,5$ pu. Q2: Potencia reactiva cercana al límite para $P = 0,5$ pu..
Pmax (Potencia igual al $\pm 95\%$)	-Q5	0	+Q6	Q1: Potencia reactiva cercana al límite para $P = 0,95$ pu. Q2: Potencia reactiva cercana al límite para $P = 0,95$ pu.

Tabla 4-1: Lista de señales para el convertidor.

4.2 Controlador de potencia reactiva

El objetivo de este ensayo es verificar el desempeño del control de reactivo de la planta para distintas condiciones de disponibilidad del recurso primario, para ello se consideran 5 niveles de carga, realizando a $\pm 95\%$, $\pm 50\%$ y 0% de potencia activa.

Se aplicará un cambio de tipo escalón de $\pm 10\%$ P_n en la referencia de potencia reactiva.

5 ENSAYOS SERVICIOS COMPLETARIOS CONTROL DE TENSION

Las pruebas que se presentan en esta sección corresponden a pruebas que se aplicaran sobre el Control Conjunto de Planta para la verificación del Servicio Complementario de Control de Tensión de la central híbrida Quillagua II PFV + BESS en sus diferentes modos de operación disponibles, tanto al nivel de tensión/ potencia reactiva como potencia/ frecuencia.

Esto se establece en el inciso 8. "Ensayos para la verificación controladores de tensión/ potencia reactiva de centrales con sistema de almacenamiento" de la "Guía de verificación de Control de Tensión" (febrero 2025).

La Figura 5-1, muestra las distintas combinaciones posibles de operación para una central fotovoltaica con almacenamiento. Cada una de estas alternativas se identifica conforme a la denominación del CEN:

- a. Generación directa y carga, en la que la generación fotovoltaica permite la carga de las baterías, mientras que el excedente se inyecta a la red eléctrica.
- b. Generación directa y descarga, en la que la generación fotovoltaica, en conjunto con las baterías, se despachan para alcanzar una cierta consigna de potencia activa en el punto de interconexión.
- c. Generación directa, en el que las baterías se encuentran fuera de servicio y la generación es puramente de la componente fotovoltaica.
- d. Descarga, en el que la central fotovoltaica se encuentra fuera de servicio y las baterías inyectan potencia activa a la red.
- e. Carga, en el que la central fotovoltaica se encuentra fuera de servicio y las baterías se cargan desde la red eléctrica.

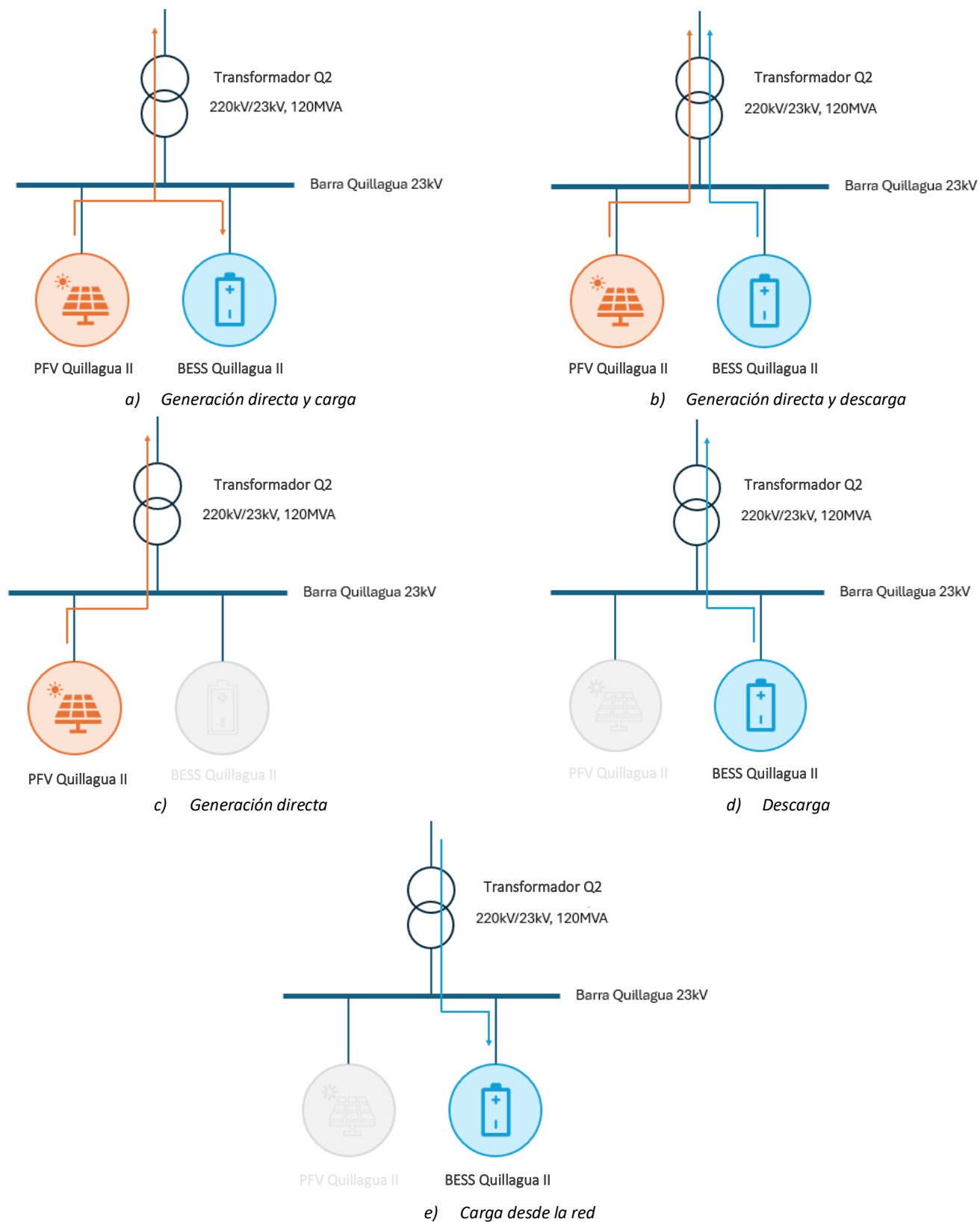


Figura 5-1: Modos de operación disponibles para centrales fotovoltaicas con capacidad de almacenamiento.

Los ensayos que se realizarán se presentan en la siguiente lista:

- Escalón en la referencia de potencia reactiva del PPC.
- Escalón en la referencia del factor de potencia del PPC.
- Escalón en la consigna de tensión del PPC.
- Verificación de la curva PQ en el POI.

5.1 Controlador de potencia reactiva PFV

El objetivo de este ensayo es verificar el desempeño del control de reactivos en el PPC a nivel de PFV para distintas condiciones de disponibilidad del recurso primario, para ello se consideran 3 niveles de carga: baja, media. Se aplicará un cambio de tipo escalón de $\pm 10\%$ Pn en la referencia de potencia reactiva del PPC.

Además, se ensayará el controlador de potencia reactiva sin el recurso primario (modo Qnight). Se aplicará un cambio de tipo escalón de $\pm 10\%$ Pn en la referencia de potencia reactiva del PPC.

5.2 Controlador de potencia reactiva BESS

El objetivo de este ensayo es verificar el desempeño del control de reactivos en el PPC a nivel de BESS para distintas condiciones de disponibilidad del recurso primario, para ello se consideran 5 niveles de carga: nula, media y alta, tanto para carga y descarga. Se aplicará un cambio de tipo escalón de $\pm 10\%$ Pn en la referencia de potencia reactiva del PPC.

5.3 Controlador de potencia reactiva PFV + BESS

El objetivo de este ensayo es verificar el desempeño del control de reactivos en el PPC a nivel de PFV + BESS para distintas condiciones de disponibilidad del recurso primario, para ello se consideran 5 niveles de carga: nula, media y alta, tanto para carga y descarga. Se aplicará un cambio de tipo escalón de $\pm 10\%$ Pn en la referencia de potencia reactiva del PPC.

Además, se ensayará el controlador de potencia reactiva sin el recurso primario (modo Qnight). Se aplicará un cambio de tipo escalón de $\pm 10\%$ Pn en la referencia de potencia reactiva del PPC.

5.4 Controlador de factor de potencia PFV

Se aplicará un cambio de tipo escalón en la referencia de factor de potencia en el PPC a nivel de PFV, produciendo una variación del $\pm 10\%$ Pn en la potencia reactiva, este ensayo se realizará a 3 niveles de carga: baja, media y alta.

5.5 Controlador de factor de potencia BESS

Se aplicará un cambio de tipo escalón en la referencia de factor de potencia en el PPC a nivel de BESS, produciendo una variación del $\pm 10\%$ Pn en la potencia reactiva, este ensayo se realizará a 5 niveles de carga: nula, media y alta, tanto para carga y descarga.

5.6 Controlador de factor de potencia PFV + BESS

Se aplicará un cambio de tipo escalón en la referencia de factor de potencia en el PPC a nivel de PFV + BESS, produciendo una variación del $\pm 10\%$ Pn en la potencia reactiva, este ensayo se realizará a 5 niveles de carga: nula, media y alta, tanto para carga y descarga.

5.7 Controlador de tensión (Q/V) PFV

Se aplicará un cambio de tipo escalón en la referencia de tensión en el PPC a nivel de PFV del $\pm 3\%$ de la tensión nominal en el POI (220 kV), este ensayo se realizará a 3 niveles de carga: baja, media y alta.

Además, se ensayará el controlador de potencia reactiva sin el recurso primario (modo Qnight). Se aplicará un cambio de tipo escalón en la referencia de tensión en el PPC a nivel de PFV del $\pm 3\%$ de la tensión nominal en el POI (220 kV).

5.8 Controlador de tensión (Q/V) BESS

Se aplicará un cambio de tipo escalón en la referencia de tensión en el PPC a nivel de BESS del $\pm 3\%$ de la tensión nominal en el POI (220 kV), este ensayo se realizará a 5 niveles de carga: nula, media y alta, tanto para carga y descarga.

5.9 Controlador de tensión (Q/V) PFV + BESS

Se aplicará un cambio de tipo escalón en la referencia de tensión en el PPC a nivel de PFV + BESS del $\pm 3\%$ de la tensión nominal en el POI (220 kV), este ensayo se realizará a 5 niveles de carga: nula, media y alta, tanto para carga y descarga.

Además, se ensayará el controlador de potencia reactiva sin el recurso primario (modo Qnight). Se aplicará un cambio de tipo escalón en la referencia de tensión en el PPC a nivel de PFV del $\pm 3\%$ de la tensión nominal en el POI (220 kV).

5.10 Verificación de la curva PQ teórica PFV + BESS en el POI

A partir de los antecedentes técnicos de parque y el diagrama PQ obtenido en la “evaluación del diagrama PQ Ajustado en el Parque”, se determinará por cálculo analítico si existen mayores rangos de operación que permitan maximizar el aporte o inyección de reactivos, respetando la seguridad e integrar de la central. La determinación se realiza en el punto de interconexión de 220 kV.

En el diagrama PQ, se indicarán la intersección de las siguientes curvas:

- Potencia aparente nominal del transformador principal.
- Potencia aparente nominal de los transformadores de bloque.
- Potencia aparente nominal de los inversores.
- Potencia nominal declarada.

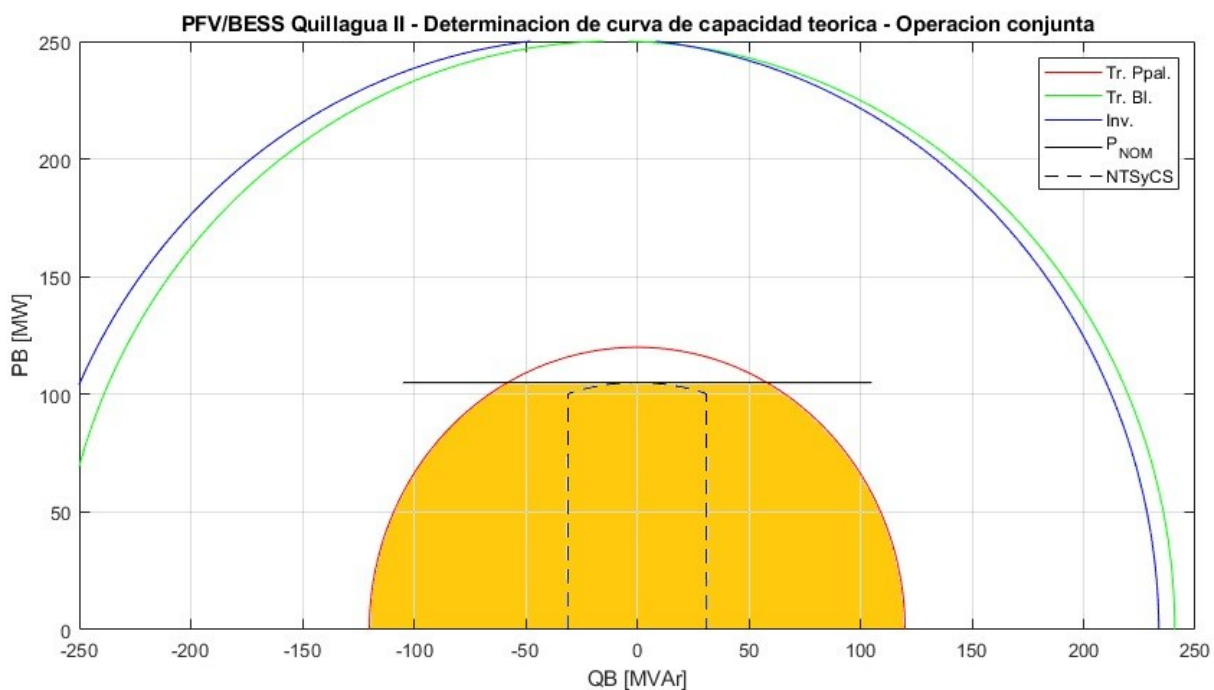


Figura 5-2: Curva de capacidad teórica para la central híbrida Quillagua II PFV + BESS.

5.11 Verificación de la curva PQ teórica BESS en el POI

A partir de los antecedentes técnicos de parque y el diagrama PQ obtenido en la “evaluación del diagrama PQ Ajustado en el Parque”, se determinará por cálculo analítico si existen mayores rangos de operación que permitan maximizar el aporte o inyección de reactivos, respetando la seguridad e integrar de la central. La determinación se realiza en el punto de interconexión de 220 kV.

En el diagrama PQ, se indicarán la intersección de las siguientes curvas:

- Potencia aparente nominal del transformador principal.
- Potencia aparente nominal de los transformadores de bloque.
- Potencia aparente nominal de los inversores.
- Potencia nominal declarada.

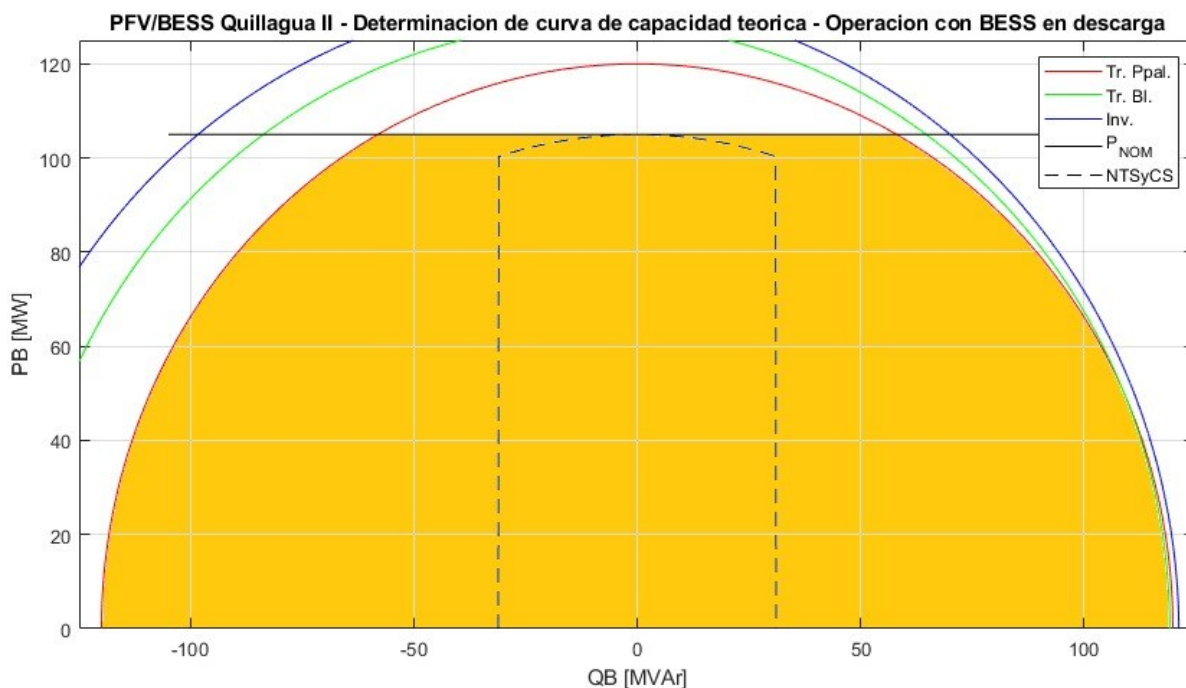


Figura 5-3: Curva de capacidad teórica para la central híbrida Quillagua II PFV + BESS – BESS en descarga.

5.12 Verificación de la curva PQ PFV en el POI

El objetivo de estos ensayos es verificar la curva de capacidad del PFV Quillagua II, para ello es necesario realizar la inyección y absorción de potencia activa y potencia reactiva. Para realizar esta prueba se debe contar con todos los inversores en servicio.

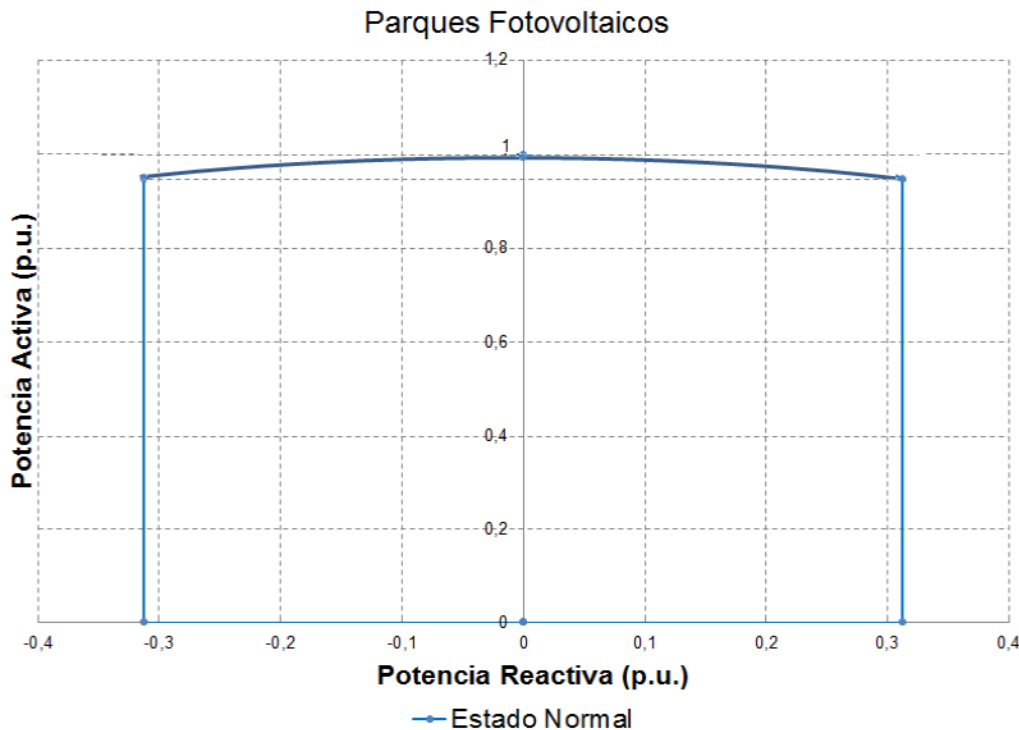


Figura 5-4: Niveles de Potencia Activa y Reactiva de la curva PQ.

Zona de operación entregando y absorbiendo reactivos:

- Potencia activa positiva, potencia activa negativa y potencia reactiva nula.
- Potencia activa nominal del BESS ($P_{nom} = 105 \text{ MW}$ en el POI) con potencia reactiva nula.
- Potencia activa correspondiente al $\pm 95\%$ de la potencia nominal del BESS ($P = 99,75 \text{ MW}$) con una potencia reactiva correspondiente a $\pm 34,5 \text{ MVar}$
- Potencia activa nula y potencia reactiva correspondiente al punto anterior precedente ($Q = \pm 34,5 \text{ MVar}$).

Además, se ensayará la curva de capacidad sin el recurso primario (modo Qnight). Moviendo potencia reactiva dentro de los límites establecidos por la NTSyCS.

Zona de operación entregando y absorbiendo reactivos:

- Potencia activa nula y potencia reactiva correspondiente a $\pm 34,5$ MVar.

5.13 Verificación de la curva PQ BESS en el POI

El objetivo de estos ensayos es verificar la curva de capacidad teórica máxima del BESS Quillagua II, para ello es necesario realizar la inyección y absorción de potencia activa y potencia reactiva. Para realizar esta prueba se debe contar con todos los convertidores en servicio. Como indica la guía de ensayos de verificación de SS.CC de control de tensión, la curva PQ será presentada para tensiones entre 0,9 pu y 1,1 pu en el punto de interconexión. Se ensayarán al menos 8 puntos de carga, 4 en modo carga y 4 en modo descarga. Cabe destacar que, la curva PQ esta referida a nivel de 220 kV.

Cabe destacar que el BESS tiene la capacidad de inyectar y absorber reactivos sin carga. El sistema de control de planta cuenta con un limitador superior e inferior, que en operación normal imposibilita al operador la introducción de consignas de potencia reactiva por fuera de los valores establecidos en la NTSyCS. Este limitador se aplica sobre la consigna de potencia reactiva y su valor coincide con los límites de la curva de capacidad exigida para instalaciones fotovoltaicas en el artículo 3-9, que aplicaría para este caso, ya que, el BESS operara en forma conjunta con el PFV. Normativamente, dichos limites corresponden a $\pm 34,5$ MVar.

Como se mencionó anteriormente, dicho ajuste del limitador esta alineado con el cumplimiento de la NTSyCS y es la curva en la cual se puede garantizar la estabilidad de la planta. La ingeniería, la selección de equipos principales y la parametrización de estos equipos se hizo para cumplir con la curva normativa. Por lo que, no es posible garantizar la estabilidad en otras condiciones y no reflejaría el comportamiento real de la planta.

A modo de referencia, la siguiente figura presenta un ejemplo de la curva de capacidad.

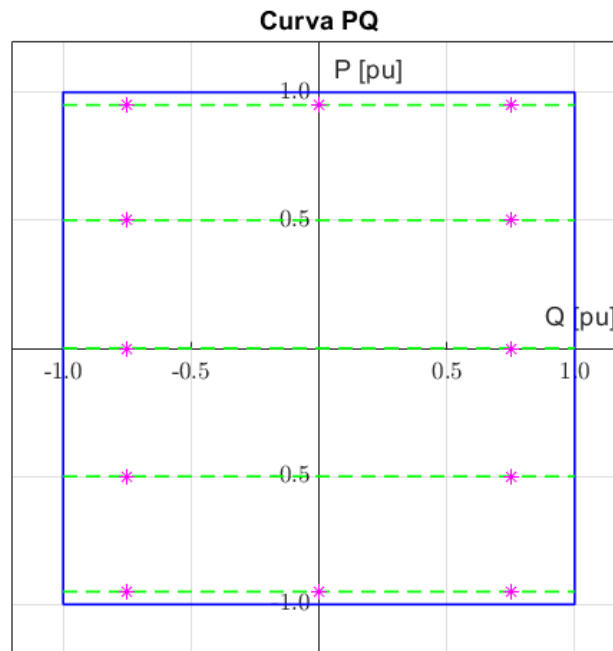


Figura 5-5: Niveles de Potencia Activa y Reactiva de la curva PQ.

Zona de operación entregando y absorbiendo reactivos:

- Potencia activa positiva, potencia activa negativa y potencia reactiva nula.
- Potencia activa nominal del BESS ($P_{nom} = 105 \text{ MW}$ en el POI) con potencia reactiva nula.

La prueba se realizará con modo de control de potencia reactiva, incrementando progresivamente la potencia reactiva hasta alcanzar el límite práctico que se puede dar por sobretensión de 23 kV. El valor teórico esperado es de 120 MVar. Una vez alcanzado el punto, permanecer 10 minutos en régimen permanente, en cada nivel de carga. Repetir el procedimiento con la disminución progresiva de la potencia reactiva, hacia el lado de subexcitación. Permanecer en el punto extremo alcanzado por 10 minutos en cada nivel de carga y luego normalizar.

La Tabla 5-1 resume los niveles de carga de potencia activa en los que se evaluará la curva de capacidad, junto con los tiempos de registro en cada punto P-Q.

Punto	P [MW]	Q [MVar]	Tiempo [min]
1	0	± 120	10
2	20	± 120	10
3	40	± 120	10
4	60	± 120	10
5	105	± 120	10
6	-20	± 120	10
7	-40	± 120	10
8	-60	± 120	10
9	-105	± 120	10
10	± 105	0	10

Tabla 5-1: Valores de carga y tiempo para cada punto de la curva de capacidad a ensayar.

5.13.1 Regulador de tensión (AVR)

El cambio en la relación de transformación es de $\pm 10\%$, con una cantidad de 21 pasos. El tap central corresponde a la posición 11 y con una de variación de 1% cada paso (relación tensión/tap). Los cambiadores de derivación están localizados en los devanados primarios (de alto voltaje). Opera bajo carga de manera automática, cuándo exista una diferencia de tensión $\pm 2\%$ durante 1 minuto, realiza el cambio de toma. También se puede accionar de manera manual para efectos de mantenimiento y pruebas.

6 ENSAYOS SERVICIOS COMPLETARIOS CONTROL PRIMARIO DE FRECUENCIA

Las pruebas que se presentan en esta sección corresponden a pruebas que se aplicarán sobre el Control Conjunto de Planta de la central híbrida Quillagua II PFV + BESS para la verificación del Servicio Complementario del Control Primario de Frecuencia, acorde a los requerimientos planteados en la “Guía de Verificación de Servicios Complementarios de Control de Frecuencia” (Versión 2 – febrero 2025).

El objetivo de estos ensayos es verificar la respuesta de la central híbrida Quillagua II ante variaciones de la frecuencia debido a la variación instantánea de la demanda y generación variable y excursiones de la frecuencia sobre la banda normal de regulación de $\pm 0,2$ Hz, conforme a las exigencias establecidas en el TITULO 3-3 de la NTSSCC.

La central híbrida Quillagua II al contar con sistema de almacenamiento, los ensayos serán considerados para 3 modos de operación: modo carga, modo descarga y modo generación directa. El operador solo puede ajustar la rampa en MW/min, mientras que los parámetros de estatismo y banda muerta no cuentan con permiso para ser modificados durante la operación normal de la central, sólo el fabricante puede cambiar los valores.

6.1 Determinación de estatismo y banda muerta

Para estos ensayos la verificación se realizará considerando una banda muerta de ± 25 mHz y se verificará la operación del estatismo de la central híbrida Quillagua II. El rango de ajuste de estatismo recomendado debe ser entre 0% y 8%, debiendo quedar ajustado su valor en el orden del 4%.

Los ensayos consideran los siguientes puntos de operación de la central.

- a) Potencia Máxima menos bloque de reserva (85 MW).
- b) Mínimo Técnico más bloque de reserva (20 MW).
- c) Dos cargas intermedias entre a) y b) (40 y 70 MW).

El valor de reserva disponible se calcula bajo la fórmula de determinación de reserva que se muestra a continuación. Al aplicar un escalón de frecuencia se espera medir el aporte de potencia esperado. Mientras que los puntos de carga a ensayar con la central híbrida y operando solo el BESS en descarga considerará 8 puntos de carga. El cambio de estatismo máximo y mínimo solo se realizarán en los niveles de alta carga y mínima carga, no en cargas intermedias.

$$RPF_{normal}(\Delta f) = \frac{(\Delta f[Hz] - BM[Hz])}{50[Hz]} \cdot \frac{Potencia_{Máxima}[MW]}{R\%}$$

Donde:

- $RPF_{normal}(\Delta f)$: Reserva primaria para control de frecuencia en estado normal para el escalón de frecuencia Δf correspondiente.
- Δf : Escalón de frecuencia aplicado, correspondiente a 0,2 Hz o 0,7 Hz.
- $Potencia_{Máxima}$: Se utilizará el parámetro informado de potencia nominal.
- BM : Banda Muerta de la curva frecuencia/potencia.
- $R\%$: Estatismo de la maquina en operación normal.

Por otra parte, el valor del estatismo y el aporte de potencia activa, deben ser constantes en todo el rango de operación de la instalación.

La central híbrida y el sistema BESS operaran con un valor de estatismo nominal de 4%.

Los ensayos de verificación de estatismo se realizarán para cuatro niveles de carga, indicados anteriormente, los escalones serán de ± 200 mHz y ± 700 mHz para cada uno de ellos y se registrarán las respuestas de aporte de potencia para cada uno de los escalones ensayados. Estos escalones tendrán cinco minutos de duración para las configuraciones con estatismo de 4%, mientras que, para las configuraciones de estatismo de 2% y 8% serán de dos minutos de duración debido a la amplia cantidad de ensayos a realizar, considerando que en ese rango de tiempo el sistema habrá alcanzado su régimen permanente. La central no tiene limitaciones técnicas que impida generar una respuesta al escalón en un corto periodo de tiempo. En los puntos de alta y mínima carga se verificará estatismo para los valores de 2% y 8%, utilizando el mismo valor de banda muerta y escalones.

Durante las pruebas se ensayará el cambio de estatismo y la banda muerta (BM) por el operador de la planta en la Operación en Tiempo Real (OTR). Esto se realiza con el objetivo de evaluar si el operador de la planta tiene la capacidad de realizar el ajuste de estatismo y banda muerta mientras el sistema está en operación.

Para la determinación del estatismo permanente, se inyectará valores de frecuencia ficticios en el controlador, registrándose la reducción de potencia para cada señal de sobrefrecuencia inyectada,

partiendo por una señal de frecuencia de 50 Hz. La potencia base a utilizar será en este caso la potencia nominal.

6.2 Determinación de la Banda Muerta

Para estos ensayos se realizará un ajuste temporal de la banda muerta, pasando de su ajuste actual de ± 200 mHz a uno de ± 25 mHz. En esta prueba se realizarán perturbaciones pequeñas en la referencia del simulador de frecuencia, con el objetivo de observar el actuar de la banda muerta y el comportamiento de la potencia activa.

Además, se realizará un registro de red para observar el comportamiento de la potencia activa ante variaciones naturales de la frecuencia de la red eléctrica. Se tomará un registro de 10 minutos de duración.

Para la medición de la banda muerta del controlador de frecuencia/potencia, se utilizará el método XY.

En los ensayos se medirá el retardo inicial del sistema frecuencia/potencia, desde la detección de la sub o sobrefrecuencia, hasta el comienzo de la acción, este valor debe ser inferior a 2 segundos.

Para cada uno de los escalones se registrará el aporte a los 10 segundos hasta el minuto planteado anteriormente, también se indicará los siguientes valores:

- Tiempo de inicio de activación o retardo (T_a/T_r): tiempo desde que se inicia la perturbación en frecuencia hasta el inicio de la respuesta en potencia.
- Tiempo total de activación (T_{ta}): periodo en que se entrega la totalidad del recurso comprometido, incluyendo el tiempo de inicio de activación.
- Tiempo máximo de establecimiento (T_e): tiempo para que la respuesta permanezca dentro de una banda de error menor al $\pm 5\%$ de la respuesta esperada, ante una variación de frecuencia, medido desde el inicio de la respuesta.

En el documento anexo, se presenta la tabla de resultados para CPF para cada ensayo que se efectuará en la central híbrida Quillagua II PFV + BESS, incluyendo la tabla que se indica en la "Guía de Verificación de Servicios Complementarios" (versión 2 – febrero 2025).

7 ENSAYOS SERVICIOS COMPLETARIOS CONTROL TERCIARIO DE FRECUENCIA

Las pruebas que se presentan en esta sección corresponden a pruebas que se aplicaran sobre el Control Conjunto de Planta para la verificación del Servicio Complementario del Control Terciario de Frecuencia sobre la central híbrida Quillagua II PFV + BESS.

El objetivo de estos ensayos es verificar que la central híbrida Quillagua II tenga la capacidad técnica de responder con el 100% de la carga comprometida frente a desviaciones de la frecuencia de la red eléctrica para la estabilización del sistema en el tiempo establecido en el informe de SS.CC vigente.

El sistema de almacenamiento BESS posee una capacidad para cambiar del modo de carga al modo de descarga de +100% Pnom a -100% Pnom, en forma continua y viceversa, desde el modo carga al modo descarga, sin necesidad de pausas intermedias ni interrupciones en el suministro o absorción de potencia, sin embargo, el sistema BESS de Quillagua II está diseñado para ser cargado mediante el parque fotovoltaico y así poder suministrar potencia activa al sistema eléctrico cuando esta sea requerido. Por otra parte, y en caso menos probable el sistema BESS puede cargarse a través de la red en caso de ser necesario, sin embargo, este no es un modo de operación de la central híbrida Quillagua II.

Por otra parte, estos ensayos serán realizados junto a los de Parámetros de Partida y Detención como recomienda el CEN en la "Guía de Verificación de Servicios Complementarios Control de Frecuencia (versión 2 – febrero 2025)". Además, la central híbrida Quillagua II al contar con sistema de almacenamiento, los ensayos serán considerados para 3 modos de operación: modo carga, modo descarga y modo generación directa.

7.1 Reserva en giro y medición de la capacidad de subida y bajada de carga

Para los ensayos de Control Terciario de Frecuencia se realizarán tomas y bajadas de carga con distintos valores de rampas en MW/min, incluyendo la tasa de toma y bajada de carga nominal de la instalación, estos valores se indican a continuación:

- Tasa de toma y bajada de carga de 5% Pnom/min.
- Tasa de toma y bajada de carga de 20% Pnom/min (valor nominal de la instalación).
- Tasa de toma y bajada de carga de 40% Pnom/min.

El objetivo de estos ensayos es verificar la capacidad de la central fotovoltaica para aumentar o reducir la potencia activa en forma controlada mediante la prueba de medición de tasa de toma y bajada de carga. Se analizará que el PPC puede disminuir de manera controlada y estable la generación de potencia activa y evaluar la tasa en MW/min, para ello se opera la central con carga reducida, cambiando la potencia de potencia activa en el sistema de control. En esta prueba es necesario contar por al menos con el 95% de la potencia nominal del parque.

- **Ensayo de Toma de carga:** Esta prueba se realizará desde Mínimo Técnico a Potencia Máxima del parque. Realizándose con tres valores diferentes de rampa, considerando un valor menor a la rampa actual, valor actual de rampa con el que opera el parque y un valor mayor a la rampa actual del parque.
- **Ensayo de Bajada de carga:** Esta prueba se realizará desde Potencia Máxima del parque a Mínimo Técnico. Realizándose con tres valores diferentes de rampa, considerando un valor menor a la rampa actual, valor actual de rampa con el que opera el parque y un valor mayor a la rampa actual del parque.

Por otra parte, se medirá la capacidad de cambiar la tasa de toma de carga por el operador y con la central en servicio.

Cómo se mencionó antes, actualmente la tasa de rampa de carga se encuentra ajustada en 20%Pnom/min, correspondiente a 21 MW/min para una potencia nominal de 105 MW. Este valor es configurable mediante el sistema de control del PPC y puede ser ajustado a rangos inferiores o superiores según requerimientos operativos.

7.2 Verificación de CTF en frío

Para este ensayo se tomará como recurso los parámetros de partida y detención aprobados por el Coordinador y vigentes a la fecha de validación. Por lo tanto, se realizará una prueba de partida y detención con el objetivo de determinar los siguientes valores:

- Tiempo de inicio de subida de carga inferior a 5 minutos.
- Tiempo de llegada a mínimo técnico inferior a 10 minutos.
- Rangos de ajuste de la tasa de toma de carga.

				SS.CC.	Control de frecuencia						
				Categoría	Control Primario de Frecuencia						
				Subcat.	CPF+ y CPF-						
				Valor determinado							
				PFV	BESS (carga)	BESS (desc.)	PFV + BESS				
Estatismo permanente		Estatismo del lazo automático de control de velocidad (%)									
Estatismo global		Estatismo global (%)									
Estatismo ajustado al 4%	Perturbación de 0,20 Hz	Mínimo Técnico	Reserva comprometida (escalón 0,2Hz)								
			Banda muerta [mHz]								
			Tiempo de activación CPF+ [s]								
			Tiempo de activación CPF- [s]								
			Tiempo total de activación CPF+ [s]								
			Tiempo total de activación CPF- [s]								
			Tiempo máximo de establecimiento CPF+ [s]								
			Tiempo máximo de establecimiento CPF- [s]								
			Reserva alcanzada [MW]								
			P1	Banda muerta [mHz]							
				Tiempo de activación CPF+ [s]							
				Tiempo de activación CPF- [s]							
		Tiempo total de activación CPF+ [s]									
		Tiempo total de activación CPF- [s]									
		Tiempo máximo de establecimiento CPF+ [s]									
		Tiempo máximo de establecimiento CPF- [s]									
		Reserva alcanzada [MW]									
		P2		Banda muerta [mHz]							
				Tiempo de activación CPF+ [s]							
				Tiempo de activación CPF- [s]							
				Tiempo total de activación CPF+ [s]							
			Tiempo total de activación CPF- [s]								
			Tiempo máximo de establecimiento CPF+ [s]								
			Tiempo máximo de establecimiento CPF- [s]								
			Reserva alcanzada [MW]								
			Potencia máxima	Banda muerta [mHz]							
				Tiempo de activación CPF+ [s]							
				Tiempo de activación CPF- [s]							
				Tiempo total de activación CPF+ [s]							
		Tiempo total de activación CPF- [s]									
		Tiempo máximo de establecimiento CPF+ [s]									
		Tiempo máximo de establecimiento CPF- [s]									
		Reserva alcanzada [MW]									
		Estatismo ajustado al 4%		Perturbación de 0,70 Hz	Mínimo Técnico	Reserva comprometida (escalón 0,7Hz)					
						Banda muerta [mHz]					
						Tiempo de activación CPF+ [s]					
						Tiempo de activación CPF- [s]					
			Tiempo total de activación CPF+ [s]								
			Tiempo total de activación CPF- [s]								
			Tiempo máximo de establecimiento CPF+ [s]								
			Tiempo máximo de establecimiento CPF- [s]								
			P1			Reserva alcanzada [MW]					
						Banda muerta [mHz]					
						Tiempo de activación CPF+ [s]					
						Tiempo de activación CPF- [s]					
		Tiempo total de activación CPF+ [s]									
		Tiempo total de activación CPF- [s]									
		Tiempo máximo de establecimiento CPF+ [s]									
Tiempo máximo de establecimiento CPF- [s]											
P2	Reserva alcanzada [MW]										
	Banda muerta [mHz]										
	Tiempo de activación CPF+ [s]										
	Tiempo de activación CPF- [s]										
	Tiempo total de activación CPF+ [s]										
	Tiempo total de activación CPF- [s]										
	Tiempo máximo de establecimiento CPF+ [s]										
	Tiempo máximo de establecimiento CPF- [s]										
	Potencia máxima	Reserva alcanzada [MW]									
		Banda muerta [mHz]									
		Tiempo de activación CPF+ [s]									
		Tiempo de activación CPF- [s]									
Tiempo total de activación CPF+ [s]											
Tiempo total de activación CPF- [s]											
Tiempo máximo de establecimiento CPF+ [s]											
Tiempo máximo de establecimiento CPF- [s]											
Reserva alcanzada [MW]											

Figura 8-2: Planilla para Control Primario de Frecuencia (SC CPF).

SS.CC.		Control de Frecuencia					
Categoría		Control Terciario de Frecuencia					
Subcategoría		CTF + y CTF - en giro					
Central	Comb.	Parámetro		Valor			
				PFV	BESS (carga)	BESS (desc.)	PFV + BESS
Quillagua II	PFV y Almac.	Tasa normal de operación [MW/min]	Subida				
			Bajada				
		Tasa máxima de operación [MW/min]	Subida				
			Bajada				
		Tiempo de respuesta [minutos]	Subida				
			Bajada				
		Aporte CTF [MW]	Subida				
			Bajada				
Límite de regulación superior [MW]							
Límite de regulación inferior [MW]							
Subcategoría		CTF en frío					
Quillagua II	PFV y Almac.	Tiempo de sincronización [min]					
		Tiempo hasta mínimo técnico [min]					
		Reserva fría [MW]					

Figura 8-3: Planilla para Control de Terciario de Frecuencia (SC CTF).

		Staff involucrado:		Planilla de ensayos de servicios complementarios			
		Sebastián Fredes		Control terciario de frecuencia (CPF)			
		Lorena Otalora		Central: Quillagua II PFV + BESS			
		Pablo Amoedo		Pot. nominal [MW]:	105	POI [kV]:	220

Experto Técnico (Estudios Electromagnéticos)

Representante Quillagua II PFV + BESS

Figura 8-4: Firma representantes.

9 CRONOGRAMA

Los ensayos consideran dos días para el control conjunto de planta (2 días en total). A continuación, se presenta una planificación tentativa de las tareas en campo:

Día	1		
N° Actividad	Tipo	P	Actividad
1	-	-	Llegada a las instalaciones del PFV Quillagua II
2	-	-	Instalación de equipo de medición en POI
3	Nula	0%	Ensayos sobre PPC - Control de reactivo (PFV y BESS)
4	Descarga	30%	
5		50%	
6		100%	
7		-50%	
8	Carga	-100%	
9	Nula	0%	Ensayos sobre PPC - Control de factor de potencia (PFV y BESS)
10	Descarga	30%	
11		50%	
12		100%	
13		-50%	
14	Carga	-100%	
15	Nula	0%	Ensayos sobre PPC - Control de tensión (PFV y BESS)
16	Descarga	30%	
17		50%	
18		100%	
19		-50%	
20	Carga	-100%	
21	Nula	0%	Ensayos sobre PPC - Control de potencia (PFV y BESS)
22	Descarga	30%	
23		50%	
24		100%	
25		-50%	
26	Carga	-100%	
27	-	-	Desinstalación equipo de medición
28	-	-	Retirada de las instalaciones del PFV Quillagua II

Tabla 9-1: Cronograma día 1 de ensayos en PPC - Quillagua II PFV + BESS.

Día	2		
N° Actividad	Tipo	P	Actividad
1	-	-	Llegada a las instalaciones del PFV Quillagua II
2	-	-	Instalacion de equipo de medición en POI
3	Nula	0%	Ensayos sobre PPC - Control Frecuencia/ Potencia (PFV y BESS)
4	Descarga	30%	
5		50%	
6		100%	
7		-50%	
8	Carga	-100%	
9	Nula	0%	Ensayos sobre PPC - Carga y Descarga (PFV y BESS)
10	Descarga	30%	
11		50%	
12		100%	
13		-50%	
14	Carga	-100%	
15	Nula	0%	Ensayos sobre PPC - Curva PQ (PFV y BESS)
16	Descarga	30%	
17		50%	
18		100%	
19		-50%	
20	Carga	-100%	
21	-	-	Desinstalación equipo de medición
22	-	-	Retirada de las instalaciones del PFV Quillagua II

Tabla 9-2: Cronograma día 8 de ensayos en PPC - Quillagua II PFV + BESS.

Observación: Los cronogramas por día presentados en este ítem son tentativos y podrán ser modificados de acuerdo a condiciones o actividades en planta, condiciones en el sistema de transmisión u otras actividades que puedan generar un cambio en el itinerario propuesto.

10 OBSERVACIONES GENERALES

Durante las pruebas, personal de Estudios Electromagnéticos requerirá contar con el apoyo de los siguientes especialistas:

- **Electricista:** Asistirá a personal de Estudios Electromagnéticos en la búsqueda de puntos de conexión y realizarán las conexiones de los terminales del equipo.
- **Personal de Operaciones:** Se necesitará que el personal de operaciones realice las maniobras necesarias y gestione los avisos/permisos correspondientes con el Coordinador en la realización de las pruebas.
- **Técnico Especialista:** Será el encargado de realizar las pruebas de acuerdo con lo solicitado por personal de Estudios Electromagnéticos. Se necesitará un especialista para inversor BESS y Control Conjunto de Planta (PPC).

Esta página en blanco representa el fin del documento.