

**Empresa**  
**País**  
**Proyecto**  
**Descripción**

AES Andes  
Chile  
BESS Alfalfal VR2  
Procedimiento de ensayos PPOO

**aes** Andes | **aes** Chile

**CÓDIGO DE PROYECTO** EE-2023-111  
**CÓDIGO DE INFORME** EE-EN-2023-1225  
**REVISIÓN** A

**1 dic. 23**



Este documento **EE-EN-2023-1225-RA** fue preparado para AES Andes por el Grupo Estudios Eléctricos.

Para consultas técnicas respecto del contenido del presente comunicarse con:

**Ing. Andrés Capalbo**  
Sub-Gerente Dpto. Ensayos  
[andres.capalbo@estudios-electricos.com](mailto:andres.capalbo@estudios-electricos.com)

**Ing. Claudio Celman**  
Sub-Gerente Dpto. Ensayos  
[claudio.celman@estudios-electricos.com](mailto:claudio.celman@estudios-electricos.com)

**Ing. Pablo Rifrani**  
Gerente Dpto. Ensayos  
[pablo.rifrani@estudios-electricos.com](mailto:pablo.rifrani@estudios-electricos.com)

Informe realizado en colaboración con todas las empresas del grupo: **Estudios Eléctricos S.A., Estudios Eléctricos Chile, Estudios Eléctricos Colombia y Electrical Studies Corp.**

Este documento contiene 15 páginas y ha sido guardado por última vez el 01/12/2023 por César Colignon; sus versiones y firmantes digitales se indican a continuación:

<b>Revisión</b>	<b>Fecha</b>	<b>Comentarios</b>	<b>Realizó</b>	<b>Revisó</b>	<b>Aprobó</b>
<b>A</b>	12.9.2023	Para presentar.	CiC	AC	PR

Todas las firmas digitales pueden ser validadas y autenticadas a través de la web de Estudios Eléctricos; <http://www.estudios-electricos.com/certificados>.



# ÍNDICE

1	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>4</b>
2	<b>PREPARACIÓN DE ENSAYOS.....</b>	<b>5</b>
	2.1 Reuniones de coordinación en planta .....	5
	2.2 Ajustes de protecciones.....	5
	2.3 Registro de señales con equipos de planta.....	5
	2.4 Personal de apoyo durante los ensayos .....	6
3	<b>Aspectos técnicos de la instalación.....</b>	<b>7</b>
4	<b>Potencia Máxima.....</b>	<b>10</b>
	4.1 Ensayos de Potencia Máxima: Escenario 1 .....	10
	4.2 Ensayos de Potencia Máxima: Escenario 2 .....	10
5	<b>Mínimo Técnico .....</b>	<b>12</b>
	5.1 Ensayos de Mínimo Técnico .....	12
6	<b>Parámetros de Partida y Detención.....</b>	<b>13</b>
	6.1 Ensayos de Parámetros de Partida y Detención .....	13
7	<b>CRONOGRAMA DE PRUEBAS.....</b>	<b>14</b>



# 1 INTRODUCCIÓN

El presente procedimiento de ensayos tiene como objetivo definir las pruebas a realizar en el BESS Alfalfal VR2, con el fin de cumplir con los requerimientos exigidos según la normativa vigente para su respectiva habilitación comercial.

Se consideran los ensayos para cumplir con los siguientes alcances:

- Potencia Máxima (P<sub>MAX</sub>)
- Mínimo Técnico (MT)
- Parámetros de Partida y Detención (PPyD)

El BESS Alfalfal VR2 tiene una capacidad instalada en AC de 53.4 MW y está constituido por 15 inversores marca Power Electronics modelo FP3670K, de 3.67/3.80 MVA (@50/40°C) de capacidad nominal y 690 V de tensión nominal. Cuenta con 4 transformadores de bloque de tres devanados de relación 0.69 kV / 0.69 kV / 34.5 kV ( $\pm 2 \times 2.5\%$ ) y 7.6 MVA de potencia aparente nominal y 7 transformadores de bloque de dos devanados de relación 0.69 kV / 34.5 kV ( $\pm 2 \times 2.5\%$ ) y 3.8 MVA de potencia aparente nominal.

Por el lado DC el BESS Alfalfal VR2 cuenta con una capacidad instalada de 224.8 MWh con el propósito de exportar 197 MWh en el POI. Se espera que la descarga se realice en dos modos de operación según el diseño presentado por el fabricante:

- Escenario 1: Carga/Descarga a 49.25 MW en el POI durante 4 horas
- Escenario 2: Carga/Descarga a 39.4 MW en el POI durante 5 horas

Las pruebas descritas se basan en la versión preliminar de la “Guía de Verificación de Equipos BESS” emitida por el CEN y las características nominales del proyecto.

En las siguientes secciones se detallan los ensayos relacionados a cada uno de los alcances mencionados, considerando los escenarios de inyección y absorción de energía que permitan caracterizar correctamente las opciones operativas de la instalación.



## 2 PREPARACIÓN DE ENSAYOS

### 2.1 Reuniones de coordinación en planta

Las siguientes actividades están planeadas realizarse durante el primer día en planta: curso de inducción, reunión de inicio de tareas, revisión del cronograma y procedimiento de ensayo, inspección visual de equipos a ensayar y puntos de conexión de equipos, preparación para el conexionado de equipos, etc. Se considera que estas tareas pueden realizarse en las dos primeras horas del día 1.

### 2.2 Ajustes de protecciones

Los ajustes de las protecciones más relevantes deberán ser chequeadas de manera de definir los límites de operación segura durante los ensayos. De ser necesario, se sugerirá la modificación temporal de alguna de ellas de manera de poder realizar los ensayos correctamente.

### 2.3 Registro de señales con equipos de planta

Se deberá coordinar con personal de AES Andes la adquisición de señales de interés a partir del sistema SCADA instalado en planta.

La adquisición de señales de interés incluye:

- Variables en POI:
  - Potencia activa y reactiva
  - Corriente y tensión
  - Frecuencia eléctrica
  - Energía exportada/importada
- Variables de todos los inversores:
  - Potencia activa y reactiva en bornes
  - Tensión y corriente AC
  - Tensión y corriente DC
- Variables de baterías:
  - Nivel de carga
  - Tensión y corriente en bornes
  - Temperatura
- Potencia activa en transformador de SSAA
- Consumos propios de cada inversor

Las señales deberán ser registradas y exportados en un formato \*.csv o \*.xls. Se requiere de la configuración del sistema SCADA de forma tal de contar con la máxima tasa de muestro posible.



## 2.4 Personal de apoyo durante los ensayos

Durante los ensayos será necesario el siguiente personal de apoyo:

- **Operaciones:** Será necesario la presencia de persona de operaciones con conocimientos de los ensayos a realizar durante todo el desarrollo de las pruebas.
- **Control:** Será necesario la presencia de personal con conocimiento en los sistemas de control involucrados en los ensayos.
- **Electricista:** Será necesario la presencia de un electricista a fin de realizar al conexionado a las instalaciones.



### 3 Aspectos técnicos de la instalación

En la Figura 3.1 se muestra el diagrama unilineal del punto de interconexión (POI). En tanto, en la Figura 3.2 se presenta la distribución de los equipos en la red interna de la instalación.

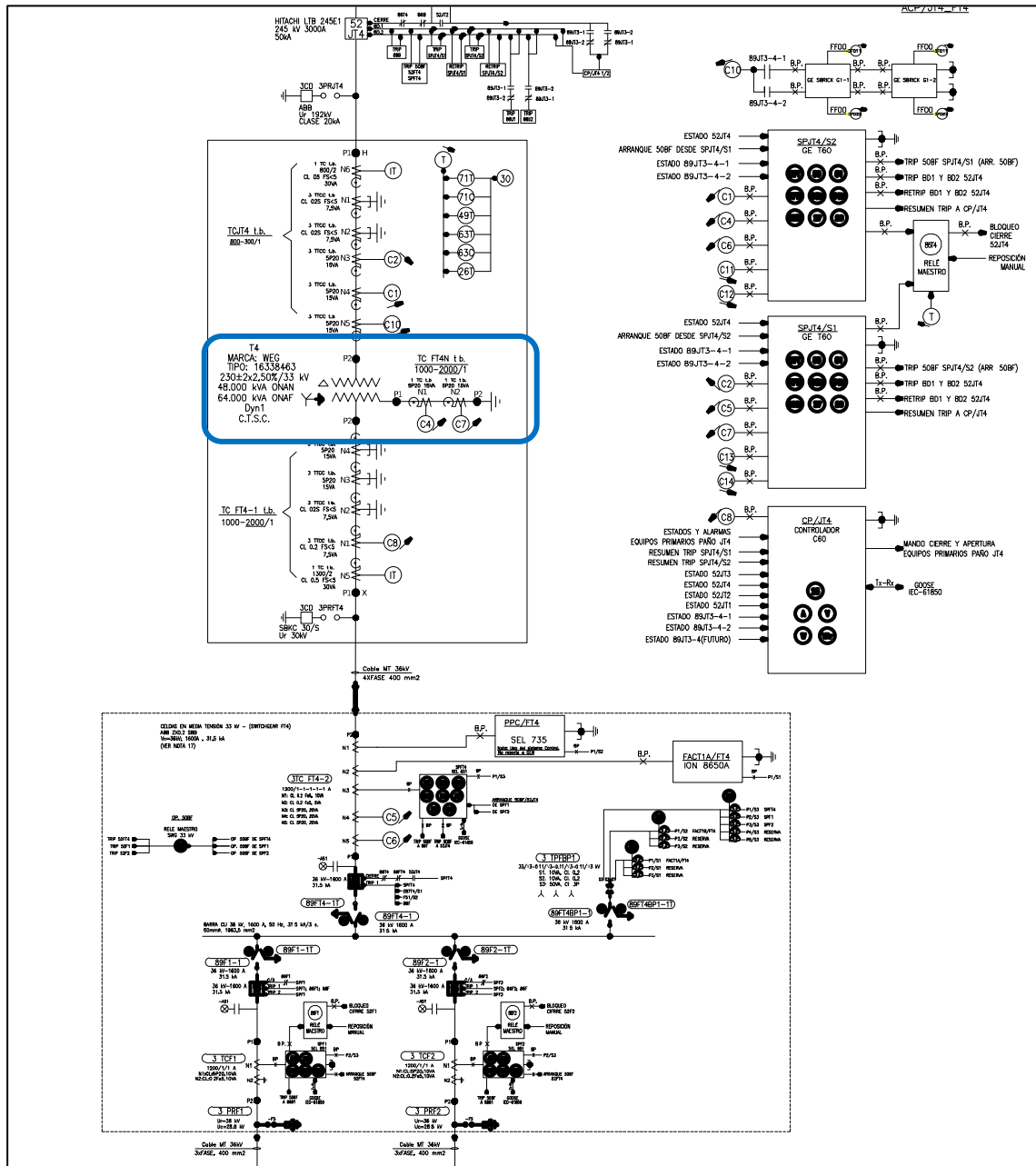


Figura 3.1 – Diagrama unilineal punto de interconexión BESS Alfalfal VR2

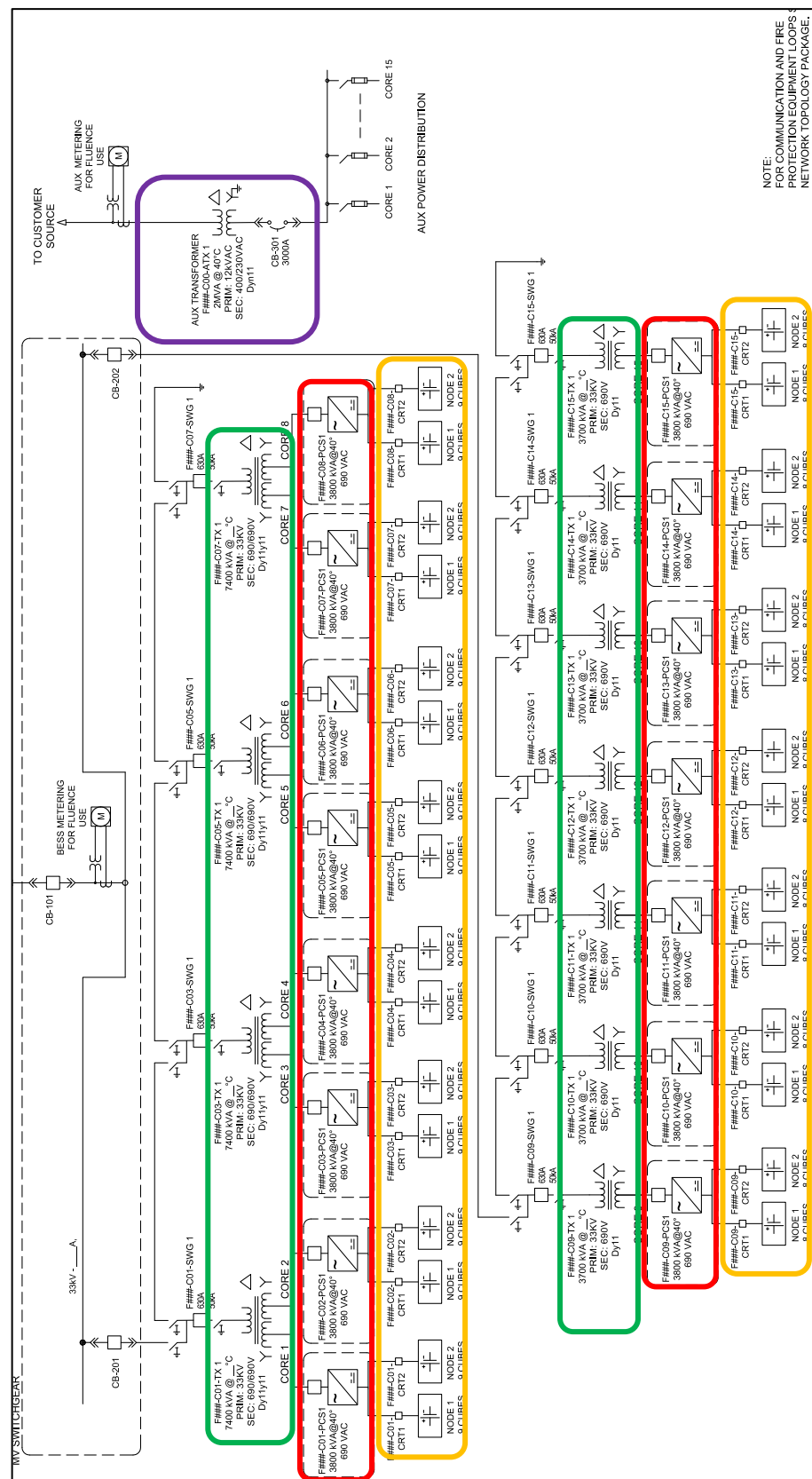


Figura 3.2 – Diagrama unilineal red de media tensión BESS Alfalfa VR2





Con el objetivo de describir correctamente la operación de la instalación en cada uno de los ensayos propuestos, se presenta en la Figura 3.2 el detalle de la red interna del BESS Alfalfal VR2.

En el recuadro **naranja** se muestran los módulos de baterías y el recuadro **rojo** presenta los inversores en cuya salida AC se realiza la medición de potencia bruta.

En el recuadro **verde** se muestran los transformadores de bloque y en el recuadro **azul** de la Figura 3.1 el transformador principal, equipos que concentrarán las pérdidas. La medición de potencia neta se realiza en el lado de alta del transformador principal.

Finalmente, en el recuadro **morado** de la Figura 3.2 se muestra el transformador de servicios auxiliares, donde se miden los consumos propios de la instalación, los cuáles junto a los consumos propios de los inversores representan los consumos auxiliares de la instalación en su totalidad.



## 4 Potencia Máxima

En la presente sección se detallan las pruebas relacionadas al alcance de Potencia Máxima considerando la operación de la instalación en sus condiciones nominales, además de la operación durante 5 horas en línea con el Anexo Técnico: “Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras”.

En el caso particular de la instalación, la operación durante 5 horas es uno de los modos propuestos desde el diseño por el fabricante.

### 4.1 Ensayos de Potencia Máxima: Escenario 1

Para la operación del escenario 1 ( $\pm 49.25$  MW durante 4 horas) se realizarán los siguientes ensayos:

- Ensayo PMAX 1: Inyectar 49.25 MW en el POI durante al menos 4 horas, monitoreando la evolución del SOC desde el valor máximo al valor mínimo según indicación del fabricante.
- Ensayo PMAX 2: Absorber 49.25 MW en el POI durante al menos 4 horas. Monitoreando la evolución del SOC desde el valor mínimo al valor máximo según indicación del fabricante.

### 4.2 Ensayos de Potencia Máxima: Escenario 2

Para la operación del escenario 2 ( $\pm 39.4$  MW durante 5 horas) se realizarán los siguientes ensayos:

- Ensayo PMAX 3: Inyectar 39.4 MW en el POI durante al menos 5 horas, monitoreando la evolución del SOC desde el valor máximo al valor mínimo según indicación del fabricante.
- Ensayo PMAX 4: Absorber 39.4 MW en el POI durante al menos 5 horas. Monitoreando la evolución del SOC desde el valor mínimo al valor máximo según indicación del fabricante.

De forma complementaria se detallan las pruebas mencionadas en la versión preliminar de la “Guía de Verificación de Equipos BESS” que se propone no realizar, mencionando los sustentos técnicos correspondientes a cada caso.

Los incisos 4.1.5 y 4.1.7 describen pruebas de inyección y absorción de potencia durante el máximo tiempo que permita una operación segura y estable del BESS, respectivamente. Para el caso particular del BESS Alfalfal VR2 no existe un tiempo máximo de descarga/carga definido por el fabricante, ya que se espera que pueda operar en un rango continuo de potencia de inyección/absorción a nivel de POI.

En tanto, en el inciso 4.1.6 se describe la absorción de potencia, tal que el proceso de carga se realice en el menor tiempo posible. Se aclara que el BESS Alfalfal VR2 cuenta con una potencia bruta



instalada de  $\pm 53.4$  MW, sin embargo, esta holgura de capacidad permite garantizar la operación de la instalación en los escenarios de operación ya mencionados y no se consideran escenarios de operación con potencias superiores a los  $\pm 49.25$  MW a nivel de POI. Por lo tanto, los tiempos mínimos de carga/descarga serán los asociados al Escenario 1.



## 5 Mínimo Técnico

En la presente sección se detallan las pruebas relacionadas al alcance de Mínimo Técnico, el cual se entiende como el valor de potencia bruta mínima que permite a la instalación operar en forma permanente, segura y estable para los escenarios de inyección/absorción de energía.

### 5.1 Ensayos de Mínimo Técnico

Para abordar el alcance de Mínimo Técnico se propone realizar los siguientes ensayos:

- Ensayo MT 1: Inyectar el valor mínimo de potencia a nivel de POI que permita la operación estable de los inversores en modalidad de inyección (descarga) de energía. Este valor de potencia podría ser 0 MW en el POI con los inversores inyectando potencia para compensar las pérdidas internas de la instalación y el consumo de servicios auxiliares.
- Ensayo MT 2: Absorber el valor mínimo de potencia a nivel de POI que permita la operación estable de los inversores en modalidad de absorción (carga) de energía. Este valor debe ser el que permita compensar las pérdidas internas de la instalación, el consumo de servicios auxiliares desde la red y un flujo hacia las baterías, es decir, absorción por parte de los inversores.

Nuevamente, se detallan las pruebas mencionadas en la versión preliminar de la “Guía de Verificación de Equipos BESS” que se propone no realizar, mencionando los sustentos técnicos correspondientes a cada caso.

Los incisos 5.1.3 y 5.1.4 describen pruebas de inyección y absorción de potencia durante ajustando la potencia de tal que los tiempos de descarga y carga sean de 12 horas. No se considera necesario realizar esta prueba ya que, tal como se ha mencionado anteriormente, se espera que el BESS Alfalfal VR2 opere en un rango continuo de potencia de inyección/absorción a nivel de POI.

Cabe mencionar que a partir de los ensayos presentados en la sección 4.1 se espera demostrar la capacidad de energía instalada de la instalación en su escenario de operación más exigente y que en los ensayos de la sección 5.1 se espera demostrar la operación estable de la instalación en condiciones de bajo nivel de inyección/absorción de potencia.

No obstante, se aclara que en base a las capacidad nominal de 197 MWh del BESS Alfalfal VR2 el escenario de descarga/carga de 12 horas implica una inyección/absorción de potencia de  $\pm 16.4$  MW en el POI y se realizará la prueba en caso de registrar un valor de Mínimo Técnico mayor a este valor.



## 6 Parámetros de Partida y Detención

En la presente sección se detallan las pruebas relacionadas al alcance de Parámetros de Partida y Detención. Se considerarán las definiciones presentadas en el Anexo Técnico: “Determinación de Parámetros para los procesos de Partida y Detención de Unidades Generadoras”, en los escenarios de inyección y absorción de energía.

### 6.1 Ensayos de Parámetros de Partida y Detención

Para abordar el alcance de Parámetros de Partida y Detención se propone realizar los siguientes ensayos:

- Ensayo PPYD 1: Realizar el proceso de arranque y parada de la instalación considerando los valores de MT y PMAX definidos para la inyección de potencia en su escenario más exigente (hasta los +49.25 MW a nivel de POI).
- Ensayo PPYD 2: Realizar el proceso de arranque y parada de la instalación considerando los valores de MT y PMAX definidos para la absorción de potencia en su escenario más exigente (hasta los -49.25 MW a nivel de POI).



## 7 CRONOGRAMA DE PRUEBAS

En las Tabla 7.1 a Tabla 7.3 se presenta el cronograma de ensayos del BESS Alfalfal VR2 para abordar las pruebas descritas en las secciones anteriores.

Día 1				
Hora	Potencia Activa POI [MW]	Potencia Reactiva [MVar]	Descripción de tareas	Duración [Hs]
8:00	-	-	Llegada a central.	
8:30	F/S	F/S	Conexión de equipo de adquisición en POI. Verificación de cableado y señales.	1,0
9:30	+49.25	-	Ensayo PMAX 1 – Descarga a +49.25 MW	4,5
14:00	-49.25	-	Ensayo PMAX 2 – Carga a -49.25 MW	4,5
18:30	-	-	Fin de jornada.	-

Tabla 7.1 – Cronograma de ensayos – Día 1

Día 2				
Hora	Potencia Activa POI [MW]	Potencia Reactiva [MVar]	Descripción de tareas	Duración [Hs]
8:00	-	-	Llegada a central.	
8:30	+39.4	-	Ensayo PMAX 3 – Descarga a +39.4 MW	5,5
14:00	-39.4	-	Ensayo PMAX 4 – Carga a -39.4 MW	5,5
19:30	-	-	Fin de jornada.	-

Tabla 7.2 – Cronograma de ensayos – Día 2

Día 3				
Hora	Potencia Activa POI [MW]	Potencia Reactiva [MVar]	Descripción de tareas	Duración [Hs]
8:00	-	-	Llegada a central.	
8:30	0	-	Ensayo MT 1 – Descarga	1,5
10:00	0	-	Ensayo MT 2 – Carga	1,5
11:30	0, +49.25	-	Ensayo PPYD 1 - Descarga	1,5
13:00	0, -49.25	-	Ensayo PPYD 2 - Carga	1,5
14:30		-	Desconexión de equipo de adquisición en POI	1,0
15:30	-	-	Fin de jornada.	-

Tabla 7.3 – Cronograma de ensayos – Día 3



### Observaciones:

Los tiempos indicados son **tentativos**, no contemplan retrasos debidos a problemas de indisponibilidad de la instalación o de operaciones en cuanto dificultad para alcanzar los despachos de potencia activa / reactiva solicitados.

Las horas consideradas para “Cableado y Verificación de las señales” podrían NO requerir la instalación detenida o desvinculada del sistema, siempre y cuando las señales detalladas sean accesibles y pueda realizarse la conexión al equipo de adquisición sin riesgo tanto para el personal como para los activos.

Se recomienda advertir al personal de operaciones / despacho sobre la necesidad de su colaboración para compensar el reactivo inyectado por la instalación bajo ensayo. Dicha compensación podría hacerse con máquinas eléctricamente cercanas a la ensayada.

El tiempo efectivo de cada ensayo podría resultar menor al estimado. Es necesario entonces advertir sobre la posibilidad de adelantamiento del cronograma para poder lograr un flujo continuo de trabajo.