



**ESTUDIOS
ELECTRICOS**

Empresa
País
Proyecto
Descripción

VENTUS
Colombia
Parque Solar Palmira 1
Informe - Auditoría Curva de
capacidad acuerdo CNO 1955

VENTUS

CÓDIGO DE PROYECTO EE-2022-029
CÓDIGO DE INFORME EE-EN-2024-1679
REVISIÓN B

4 may. 25



Este documento **EE-EN-2024-1679-RB** fue preparado para VENTUS por el Grupo Estudios Eléctricos.

Para consultas técnicas respecto del contenido del presente comunicarse con:

Ing. Claudio Celman
Sub-Gerente Dpto. Ensayos e Ingeniería
claudio.celman@estudios-electricos.com

Ing. Andrés Capalbo
Sub-Gerente Dpto. Ensayos e Ingeniería
andres.capalbo@estudios-electricos.com

Ing. Pablo Rifrani
Gerente Dpto. Ensayos e Ingeniería
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 52 páginas y ha sido guardado por última vez el 04/05/2025 por Dagoberto Martínez; sus versiones y firmantes digitales se indican a continuación:

Revisión	Fecha	Comentarios	Realizó	Revisó	Aprobó
A	27/02/2024	Para presentar	JA/DM	AdP	PR
B	04/05/2025	Actualización a acuerdo 1955	DM	AdP	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	INTRODUCCIÓN.....	6
	1.1. Definiciones	6
2	INFORMACIÓN DE LA CENTRAL	7
	2.1. Curva de capacidad P-Q Propuesta.....	8
3	MEDICIONES.....	9
	3.1. Equipo de medición	9
4	CÁLCULO DE ERRORES.....	10
	4.1. Error de medición del Multimedidor Schneider Electric	10
	4.2. Error de medición del Multimedidor BlackBox.....	11
5	DESARROLLO DEL ENSAYO.....	13
	5.1. Procedimiento de ensayos	13
	5.2. Resultados Obtenidos	13
	5.3. Curva de capacidad efectiva.....	18
	5.3.1. Puntos alcanzados durante la auditoría	18
	5.4. Detalle de evaluación de cumplimiento.....	20
	5.4.1. Detalle de la región de absorción.....	20
	5.4.2. Detalle de la región de inyección.....	22
	5.5. Curva de capacidad definitiva	24
6	REGISTRO DE ENSAYOS.....	25
	6.1. Tendencias – Punto 1 (0 MW, -7.99 MVar).....	25
	6.1.1. Control de Tensión	25
	6.1.2. Control de Potencia Reactiva	26
	6.1.3. Control de Factor de Potencia.....	26
	6.2. Tendencias – Punto 2 (1.99 MW, -8.00 MVar)	27
	6.2.1. Control de Tensión	27
	6.2.2. Control de Potencia Reactiva	27
	6.2.3. Control de Factor de Potencia.....	28
	6.3. Tendencias – Punto 3 (3.98 MW, -8.04 MVar)	29
	6.3.1. Control de Tensión.....	29
	6.3.2. Control de Potencia Reactiva	29
	6.3.3. Control de Factor de Potencia.....	30
	6.4. Tendencias – Punto 4 (11.20 MW, -8.40 MVar).....	31
	6.4.1. Control de Tensión	31
	6.4.2. Control de Potencia Reactiva	31



6.4.3.	Control de Factor de Potencia.....	32
6.5.	Tendencias – Punto 5 (18.54 MW, -9.11 MVAR).....	33
6.5.1.	Control de Tensión.....	33
6.5.2.	Control de Potencia Reactiva	33
6.5.3.	Control de Factor de Potencia.....	34
6.6.	Tendencias – Punto 6 (18.43 MW, 6.64 MVAR)	35
6.6.1.	Control de Tensión.....	35
6.6.2.	Control de Potencia Reactiva	35
6.6.3.	Control de Factor de Potencia.....	36
6.7.	Tendencias – Punto 7 (14.88 MW, 6.97 MVAR)	37
6.7.1.	Control de Tensión.....	37
6.7.2.	Control de Potencia Reactiva	37
6.7.3.	Control de Factor de Potencia.....	38
6.8.	Tendencias – Punto 8 (3.98 MW, 7.6 MVAR)	38
6.8.1.	Control de Tensión.....	38
6.8.2.	Control de Potencia Reactiva	39
6.8.3.	Control de Factor de Potencia.....	39
6.9.	Tendencias – Punto 9 (1.99 MW, 7.63 MVAR).....	40
6.9.1.	Control de Tensión.....	40
6.9.2.	Control de Potencia Reactiva	40
6.9.3.	Control de Factor de Potencia.....	41
6.10.	Tendencias – Punto 10 (0 MW, 7.64 MVAR).....	42
6.10.1.	Control de tensión.....	42
6.10.2.	Control de Potencia Reactiva	42
6.10.3.	Control de Factor de Potencia.....	43
7	CONCLUSIONES.....	44
8.	ANEXOS	45
8.1.	Procedimiento de ensayos	45
8.1.1.	Verificación de la Curva en la Región de absorción de potencia reactiva.....	45
8.1.2.	Verificación de la Curva en la Región de entrega de potencia reactiva.....	47
8.2.	Certificados de calibración.....	49
8.2.1.	Multimedidor Schneider Electric	49
8.3.	Certificados de calibración.....	51



8.3.1. Multimedidor BlackBox	51
------------------------------------	----



1 INTRODUCCIÓN

El presente informe documenta los resultados obtenidos en la auditoría de verificación de la curva de capacidad realizada en el Parque Solar Palmira 1, el cual es un autogenerador sin entrega de excedentes. Dichas pruebas fueron realizadas los días 2, 3 y 7 de octubre de 2024, por la empresa auditora ESTUDIOS ELÉCTRICOS, siguiendo los lineamientos establecidos en el acuerdo CNO 1955. Con el objetivo de verificar el cumplimiento de la regulación vigente en donde se establece que las plantas solares fotovoltaicas y eólicas deben tener la capacidad de controlar la tensión en forma continua en el rango operativo normal del punto de conexión, por medio de la entrega o absorción de potencia reactiva de acuerdo con su curva de carga PQ declarada y según las consignas de operación definidas por el CND. Es claro que su obligación es entregar o absorber reactivos de acuerdo con su curva declarada en el punto de conexión y el control de tensión dependerá de la interacción sistémica de todos los elementos de control y los recursos de generación, transporte y cargas que tengan incidencia en dicho punto, así como de las consignas de operación que defina el CND.

La auditoría se realizó en el punto de medida a la salida de la planta (POM)¹, ubicado en el centro de transformación CT1 del parque solar a una tensión de 34.5 kV. El auditor responsable es el Ing. Claudio Celman.

1.1. Definiciones

Término	Descripción
PELEC	Potencia eléctrica (activa)
QELEC	Potencia reactiva
UBUS	Tensión de terminales
FREC	Frecuencia
POI	Punto de Interconexión
POM	Punto de medida a la salida de la planta
V	Tensión (Modo de control)
Q	Potencia Reactiva (Modo de control)
PF	Factor de Potencia (Modo de control)

Tabla 1.1 – Tabla de nomenclaturas

¹ Según se establece en el acuerdo CNO 1869, para los autogeneradores sin entrega de excedentes, se debe tomar como referencia la curva PQ/VQ definida en la Resolución CREG 060 del 2019 o aquella que la modifique o sustituya en el punto de medida a la salida de la planta (POM), tomando como base el valor de potencia activa nominal en AC de la planta reportada como POTENCIA NOMINAL en el ANEXO 4 del Acuerdo CNO 1670 o aquel que lo modifique o sustituya



2 INFORMACIÓN DE LA CENTRAL

El Parque Solar Palmira 1, propiedad de CELSIA, se encuentra ubicado en el municipio de Palmira, departamento de Valle del Cauca, Colombia y posee una potencia instalada en DC (de sus siglas en inglés 'Direct Current') de 22.36 MW con una capacidad efectiva neta en el punto de medición POM de 19.9 MW; posee 104 inversores de 0.215 MVA de capacidad cada uno

El parque dispone de 4 estaciones de transformación que interconectan la red de BT con la de MT a través de un transformador de tres devanados de 6.5 MVA, 0.8/0.8/34.5 kV, donde cada devanado de baja tensión es conectado a un string de inversores. Los inversores que conforman los strings son marca HUAWEI modelo SUN2000-215KTL-H0 de 215 kVA de potencia aparente. La red colectora del parque está compuesta por un sólo alimentador en 34.5 kV que colectan la potencia generada por los inversores del parque. El parque se conecta al sistema a través de la S/E Guachal en 115 kV.

Los datos de la central ensayada son los siguientes:

Parque Solar Palmira 1

Potencia en el POM	19.9	MWp
Potencia en el POI	0	MW
Mínimo técnico	0.0	MW
Rango	18 ¹	MW
Inversores	104 inversores de 0.215 MVA cada uno	-

Tabla 2.1 – Datos de la central

¹ El rango de operación del parque se define en función de la carga típica conectada al parque, la cual toma toda la potencia generada del parque. Durante la visita se encontró que este rango esta entre 0 y 18 MW



2.1. Curva de capacidad P-Q Propuesta

En la Figura 2.1 y la Tabla 2.2 se presentan los puntos PQ a ser auditados en el punto de medida POM, los cuales fueron redefinidos por el auditor en el momento de las pruebas, según el artículo 5 del Acuerdo CNO 1563: "Los puntos a probar podrán ser redefinidos al momento de la prueba por el auditor, teniendo en cuenta el consumo de la carga asociada al autogenerador".

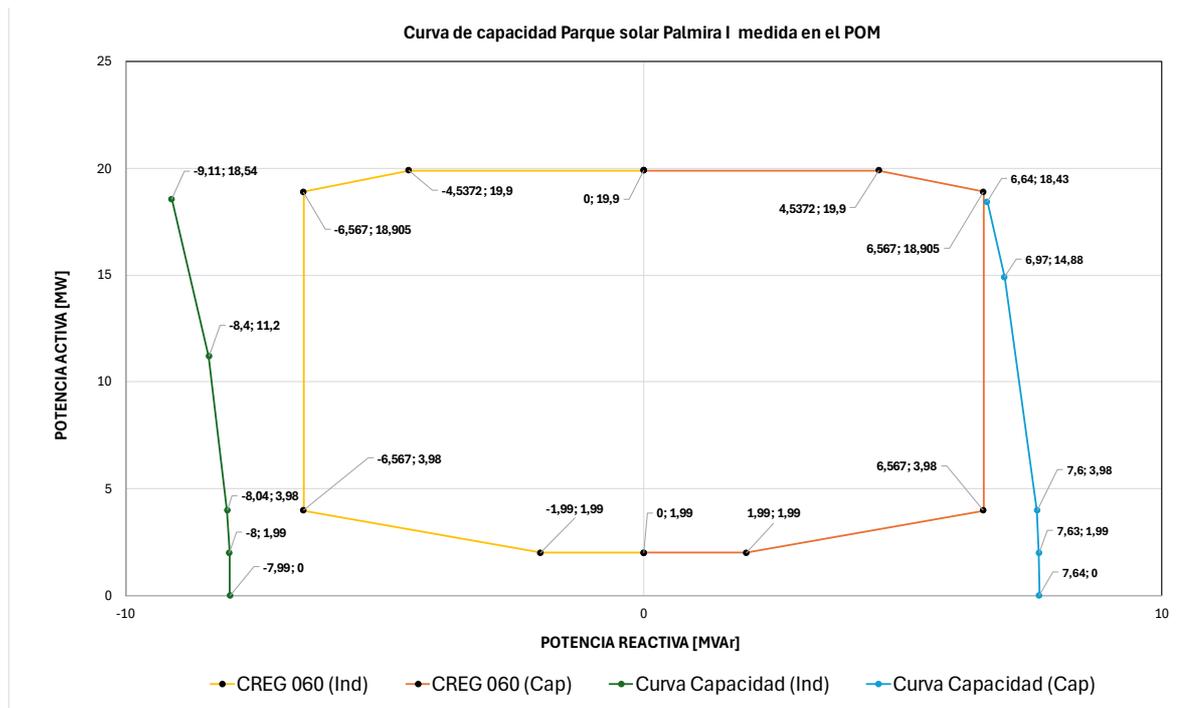


Figura 2.1 – Curva de Capacidad a auditar – P.F. Palmira 1

Puntos Objetivos	Región	Podería Activa POM [MW]	Podería Reactiva POM [MVar]
1	Absorción	0.00	-7.99
2	Absorción	1.99	-8.00
3	Absorción	3.98	-8.04
4	Absorción	11.20	-8.40
5	Absorción	18.54	-9.11
6	Entrega	18.43	6.64
7	Entrega	14.88	6.97
8	Entrega	3.98	7.60
9	Entrega	1.99	7.63
10	Entrega	0.00	7.64

Tabla 2.2. – Puntos PQ redefinidos en el POM



3 MEDICIONES

3.1. Equipo de medición

Para las mediciones realizadas se emplearon los equipos listados en la Tabla 3.1.

Equipo	Marca	Modelo	Número de Serie	Clase
Multimedidor	Schneider Electric	Power Logic ION 8650	MW-2211A443-02	±0.2% Potencia Activa ±2% Potencia Reactiva
Multimedidor	Elspec	G4500 BlackBox	00-60-35-38-11-F4	±0.2% Potencia Activa ±2% Potencia Reactiva
CT's	Elementos de Planta			0.2%
PT's	Elementos de planta			0.2%

Tabla 3.1 – Equipos de medición utilizados

Para las mediciones realizadas se utilizaron los puntos de conexión detallados en la Tabla 3.2

Mediciones	Escala	Equipo utilizado
Tensiones en el Punto de medición (POM), Celdas de Centro de Transformación 1 – PS Palmira 1	$34.5/\sqrt{3} : 0.115/\sqrt{3}$ kV	Schneider Electric (ION 8650) / Multimedidor BlackBox
Corrientes en el Punto de medición (POM), Celdas de Centro de Transformación 1 – PS Palmira 1	600: 5 A	Schneider Electric (ION 8650) / Multimedidor BlackBox

Tabla 3.2 – Puntos de Conexión



4 CÁLCULO DE ERRORES

Los siguientes son los datos de los equipos intervinientes en la cadena de medición:

- CT: clase 0.2, relación 600 : 5 A
- PT: clase 0.2, relación $34.5/\sqrt{3} : 0.115/\sqrt{3}$ kV.
- Multimetro Schneider Electric (ION 8650): Incertidumbre intrínseca de 0.2 para potencia activa y 2 para potencia reactiva.

Nota: Los valores de incertidumbre del medidor fueron obtenidos del manual del fabricante.

Siguiendo los lineamientos de la guía GUM, el error relativo de la medición puede calcularse como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los errores relativos:

$$E_r = \sqrt{\sum E_{ri}^2}$$

Donde E_{ri} es cada uno de los errores relativos que afectan la medición realizada.

La clase de los instrumentos es el error absoluto referido a fondo de escala. Si se considera al error relativo de cada instrumento como su clase se lleva a cabo una aproximación conservadora.

4.1. Error de medición del Multimetro Schneider Electric

- Potencia activa

$$E_{r_{medidor}} = 0.2\%$$

$$E_{CT} = \frac{CL_{CT}}{\sqrt{3}} = 0.1155\%$$

$$E_{PT} = \frac{CL_{PT}}{\sqrt{3}} = 0.1155\%$$

De este modo queda:

$$E_r = \sqrt{0.2^2 + 0.1155^2 + 0.1155^2} = 0.2582 \%$$

Para el cálculo del error absoluto no se considera el valor de la medición sino el de la potencia aparente nominal determinada por los CTs y PTs:

$$E_a = \sqrt{3} \times E_r \times CT_{primario} \times PT_{primario} = \sqrt{3} \times 0.002582 \times 600 \text{ A} \times 34500 \text{ V} = 0.09257 \text{ MW}$$



De este modo se tiene el margen de error absoluto a considerar en la medición de potencia activa por los instrumentos.

- Potencia reactiva

$$E_{r_{medidor}} = 2\%$$

$$E_{CT} = \frac{CL_{CT}}{\sqrt{3}} = 0.1155\%$$

$$E_{PT} = \frac{CL_{PT}}{\sqrt{3}} = 0.1155\%$$

De este modo queda:

$$E_r = \sqrt{2^2 + 0.1155^2 + 0.1155^2} = 2.0067\%$$

Para el cálculo del error absoluto no se considera el valor de la medición sino el de la potencia aparente nominal determinada por los CTs y PTs:

$$E_a = \sqrt{3} \times E_r \times CT_{primario} \times PT_{primario} = \sqrt{3} \times 0.020067 \times 600 \text{ A} \times 34500 \text{ V} = 0.7195 \text{ MVar}$$

De este modo se tiene el margen de error absoluto a considerar en la medición de potencia reactiva por los instrumentos.

4.2. Error de medición del Multimedidor BlackBox

- Potencia activa

$$E_{r_{medidor}} = 0.2\%$$

$$E_{CT} = \frac{CL_{CT}}{\sqrt{3}} = 0.1155\%$$

$$E_{PT} = \frac{CL_{PT}}{\sqrt{3}} = 0.1155\%$$

De este modo queda:

$$E_r = \sqrt{0.2^2 + 0.1155^2 + 0.1155^2} = 0.2582\%$$



Para el cálculo del error absoluto no se considera el valor de la medición sino el de la potencia aparente nominal determinada por los CTs y PTs:

$$E_a = \sqrt{3} \times E_r \times CT_{\text{primario}} \times PT_{\text{primario}} = \sqrt{3} \times 0.002582 \times 600 \text{ A} \times 34500 \text{ V} = 0.09257 \text{ MW}$$

De este modo se tiene el margen de error absoluto a considerar en la medición de potencia activa por los instrumentos.

- Potencia reactiva

$$E_{r_{\text{medidor}}} = 2\%$$

$$E_{CT} = \frac{CL_{CT}}{\sqrt{3}} = 0.1155\%$$

$$E_{PT} = \frac{CL_{PT}}{\sqrt{3}} = 0.1155\%$$

De este modo queda:

$$E_r = \sqrt{2^2 + 0.1155^2 + 0.1155^2} = 2.0067\%$$

Para el cálculo del error absoluto no se considera el valor de la medición sino el de la potencia aparente nominal determinada por los CTs y PTs:

$$E_a = \sqrt{3} \times E_r \times CT_{\text{primario}} \times PT_{\text{primario}} = \sqrt{3} \times 0.020067 \times 600 \text{ A} \times 34500 \text{ V} = 0.7195 \text{ MVAR}$$

De este modo se tiene el margen de error absoluto a considerar en la medición de potencia reactiva por los instrumentos.



5 DESARROLLO DEL ENSAYO

5.1. Procedimiento de ensayos

- Se realiza una reunión inicial en la cual se revisan los puntos PQ comprometidos.
- Se efectúa el conexionado del equipo de adquisición en el punto donde es declarada la curva de capacidad de la central (Punto de Medida POM), Celdas de Centro de Transformación1.
- Debido a que la planta es capaz de contribuir a la estabilidad de tensión superando el mínimo requerido por la curva de referencia de la CREG 060 en el POM, se redefinen los puntos objetivos teniendo en cuenta las condiciones operativas durante el momento de la prueba.
- Los nuevos puntos objetivos se presentan en la siguiente sección: La Tabla 5.1, Tabla 5.2 y Tabla 5.3
- Para evaluar cada uno de los puntos comprometidos, se utiliza el procedimiento detallado en el Acuerdo CNO 1955.
- Los puntos 4 y 7 fueron auditados con el multimedidor BlackBox G4500. Los demás puntos se auditaron con el multimedidor ION

5.2. Resultados Obtenidos

La Tabla 5.1, Tabla 5.2 y Tabla 5.3 resumen las condiciones y resultados de las pruebas ejecutadas los días 2, 3 y 7 de octubre de 2024. Adicionalmente en los documentos mencionados a continuación, se detallan los resultados preliminares de cada uno de los días:

- anexo2_acuerdo_CNO1865_02_Octubre_2024.xlsx
- anexo2_acuerdo_CNO1865_03_Octubre_2024.xlsx
- anexo2_acuerdo_CNO1865_07_Octubre_2024.xlsx



Punto	Fecha Hora	P objetivo [MW]	Q objetivo [MVAR]	P medido [MW]	Q medido [MVAR]	Tensión [kV]	Tensión [p.u]	Causa de limitación	Cumple
1	2024-10-03 17:34:59	0,00	-7,99	-0,02	-8,07	33,92	0,98	Límite de Inversor	SI
2	2024-10-07 10:35:59	1,99	-8,00	1,97	-8,08	33,73	0,98	Límite de Inversor	SI
3	2024-10-03 16:43:30	3,98	-8,04	3,89	-8,11	33,94	0,98	Límite de Inversor	SI
4	2024-10-02 15:07:58	11,20	-8,40	11,23	-8,47	33,93	0,98	Límite de Inversor	SI
5	2024-10-03 13:28:30	18,54	-9,11	18,54	-9,31	34,47	1,00	Límite de Inversor	SI
6	2024-10-03 12:37:13	18,43	6,64	18,27	6,71	35,40	1,03	Límite de Inversor	SI
7	2024-10-02 12:26:59	14,88	6,97	14,60	7,10	35,39	1,03	Límite de Inversor	SI
8	2024-10-03 16:56:15	3,98	7,60	4,03	7,65	34,85	1,01	Límite de Inversor	SI
9	2024-10-03 17:14:59	1,99	7,63	2,00	7,68	34,78	1,01	Límite de Inversor	SI
10	2024-10-03 17:57:59	0,00	7,64	-0,09	7,67	34,77	1,01	Límite de Inversor	SI

Tabla 5.1 – Tabla de resultados modo control de Tensión.



Punto	Fecha Hora	P objetivo [MW]	Q objetivo [MVAR]	P medido [MW]	Q medido [MVAR]	Tensión [kV]	Tensión [p.u]	Causa de limitación	Cumple
1	2024-10-03 17:41:59	0,00	-7,99	-0,02	-7,98	33,88	0,98	Límite de Inversor	SI
2	2024-10-07 10:43:07	1,99	-8,00	1,98	-8,08	33,73	0,98	Límite de Inversor	SI
3	2024-10-03 16:33:30	3,98	-8,04	4,07	-8,12	33,96	0,98	Límite de Inversor	SI
4	2024-10-02 15:10:59	11,20	-8,40	11,18	-8,46	33,90	0,98	Límite de Inversor	SI
5	2024-10-03 13:24:30	18,54	-9,11	18,53	-9,31	34,47	1,00	Límite de Inversor	SI
6	2024-10-03 13:03:59	18,43	6,64	18,39	6,70	35,36	1,02	Límite de Inversor	SI
7	2024-10-02 12:46:59	14,88	6,97	14,92	7,09	35,39	1,03	Límite de Inversor	SI
8	2024-10-03 17:02:30	3,98	7,60	4,09	7,65	34,90	1,01	Límite de Inversor	SI
9	2024-10-03 17:10:59	1,99	7,63	2,02	7,68	34,81	1,01	Límite de Inversor	SI
10	2024-10-03 17:49:30	0,00	7,64	-0,12	7,68	34,70	1,01	Límite de Inversor	SI

Tabla 5.2 – Tabla de resultados modo control de Potencia Reactiva.



Punto	Fecha Hora	P objetivo [MW]	Q objetivo [MVAR]	P medido [MW]	Q medido [MVAR]	Tensión [kV]	Tensión [p.u]	Causa de limitación	Cumple
1	2024- 10-03 17:38:59	0,00	-7,99	-0,02	-8,06	33,93	0,98	Límite de Inversor	SI
2	2024- 10-07 10:40:59	1,99	-8,00	1,91	-8,08	33,74	0,98	Límite de Inversor	SI
3	2024- 10-03 16:39:59	3,98	-8,04	3,90	-8,11	33,98	0,98	Límite de Inversor	SI
4	2024- 10-02 14:32:59	11,20	-8,40	10,41	-8,41	33,92	0,98	Límite de Inversor	SI ¹
4 Cor	2024- 10-02 14:32:59	11,20	-8,40	11,20	Q corregido -8,49	33,92	0,98		
5	2024- 10-03 13:17:42	18,54	-9,11	17,44	-9,14	34,50	1,00	Límite de Inversor	SI ¹
5 Cor	2024- 10-03 13:17:42	18,54	-9,11	18,54	Q corregido -9,27	34,50	1,00		
6	2024- 10-03 13:08:15	18,43	6,64	17,32	6,82	35,39	1,03	Límite de Inversor	SI ¹
6 Cor	2024- 10-03 13:08:15	18,43	6,64	18,43	Q corregido 6,70	35,39	1,03		
7	2024- 10-02 14:07:59	14,88	6,97	15,12	7,07	35,53	1,03	Límite de Inversor	SI

¹ Este punto se corrige por potencia Activa.



Punto	Fecha Hora	P objetivo [MW]	Q objetivo [MVAR]	P medido [MW]	Q medido [MVAR]	Tensión [kV]	Tensión [p.u]	Causa de limitación	Cumple
8	2024- 10-03 16:59:30	3,98	7,60	4,06	7,65	34,86	1,01	Límite de Inversor	SI
9	2024- 10-03 17:13:30	1,99	7,63	2,04	7,68	34,78	1,01	Límite de Inversor	SI
10	2024- 10-03 17:54:50	0,00	7,64	-0,12	7,66	34,72	1,01	Límite de Inversor	SI

Tabla 5.3 – Tabla de resultados modo control de Factor de Potencia.



5.3. Curva de capacidad efectiva

5.3.1. Puntos alcanzados durante la auditoría

Teniendo en cuenta los puntos medidos para cada uno de los controles con su incertidumbre asociada y la envolvente de tolerancia de la curva objetivo, se traza la curva capacidad efectiva y se presenta en las Figura 5.1 Figura 5.2 y Figura 5.3.

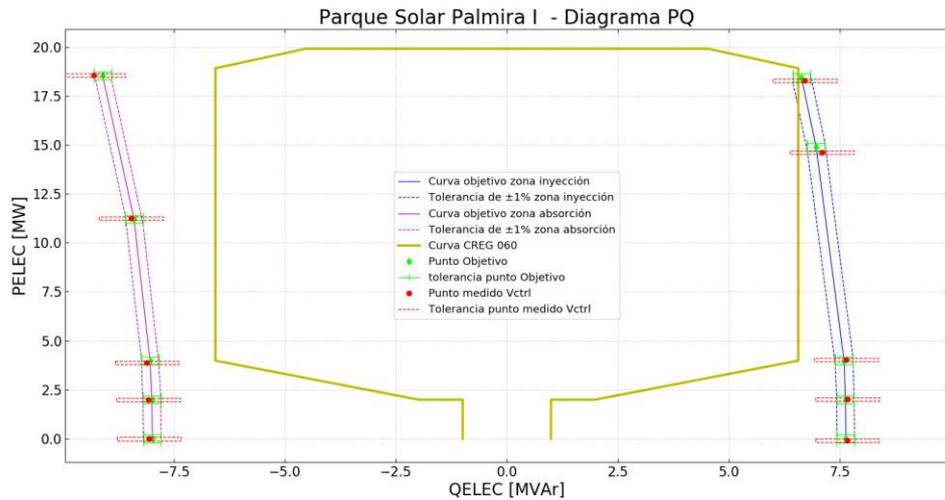


Figura 5.1 – Vista general de la curva de capacidad ensayada control tensión

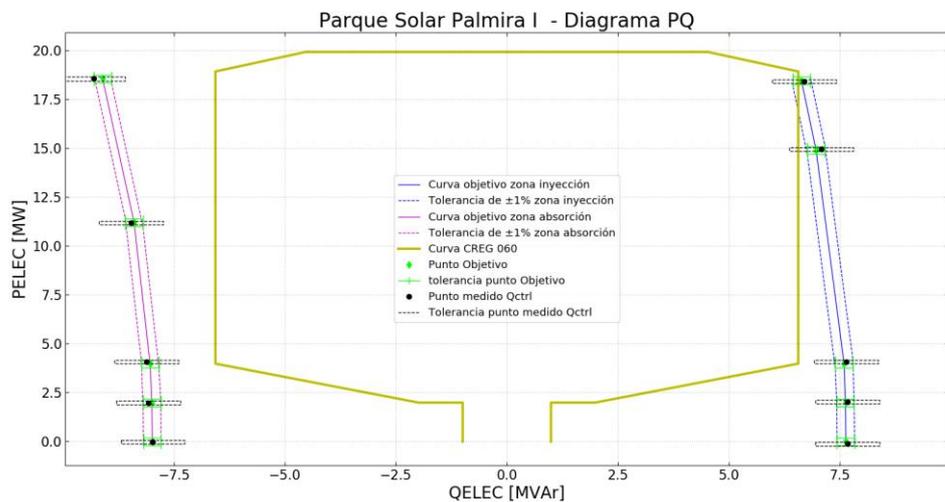


Figura 5.2 – Vista general de la curva de capacidad ensayada control potencia reactiva

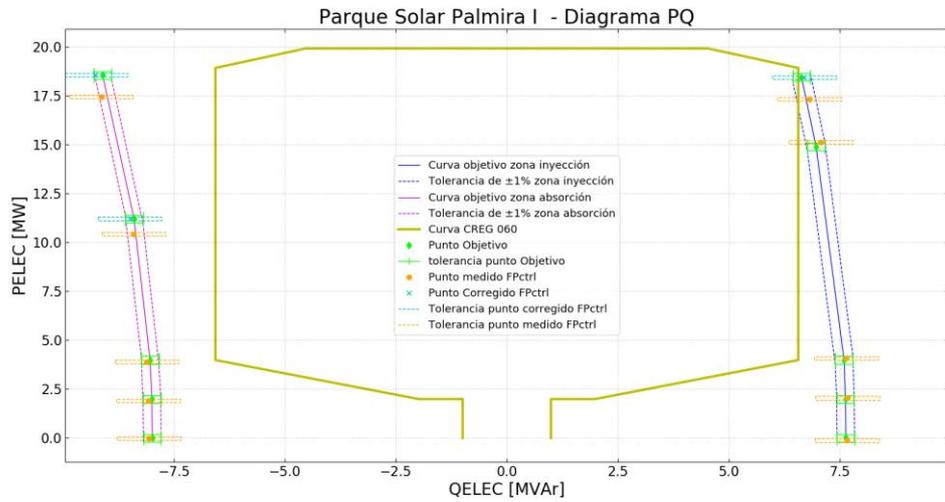


Figura 5.3 – Vista general de la curva de capacidad ensayada control factor de potencia



5.4. Detalle de evaluación de cumplimiento

5.4.1. Detalle de la región de absorción

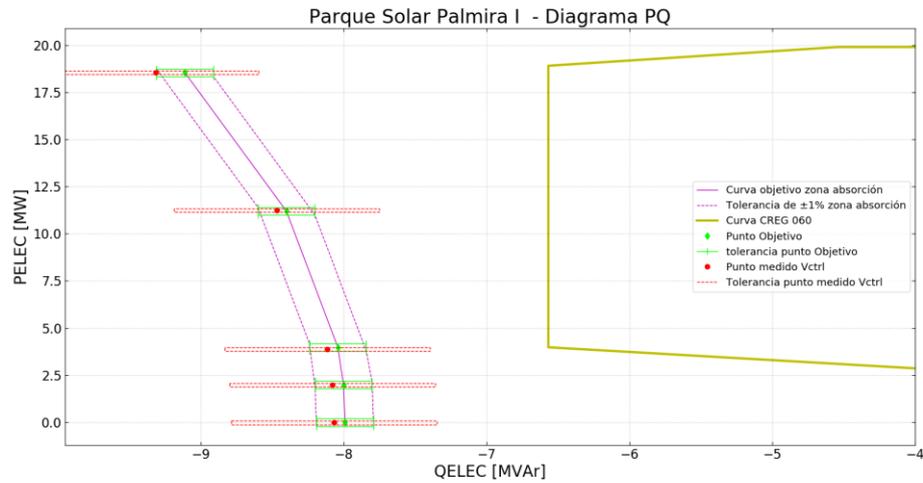


Figura 5.4 – Zona de absorción de la curva de capacidad ensayada control tensión

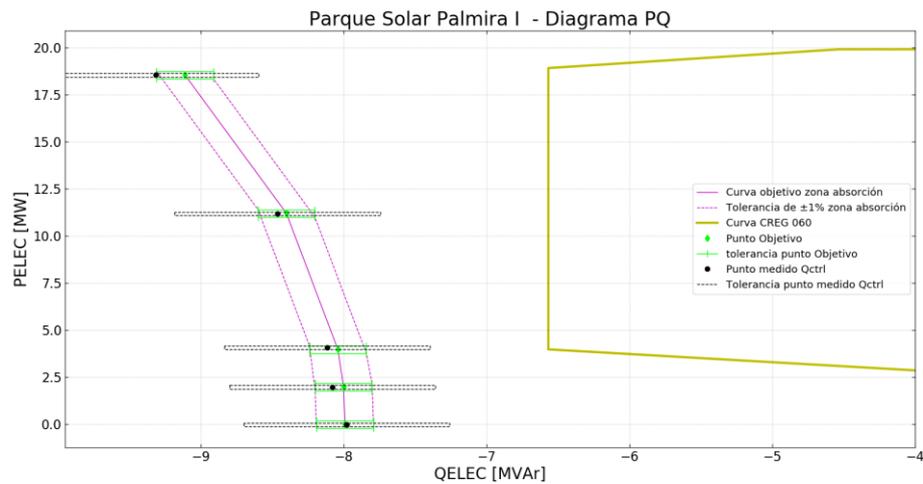


Figura 5.5 – Zona de absorción de la curva de capacidad ensayada control potencia reactiva



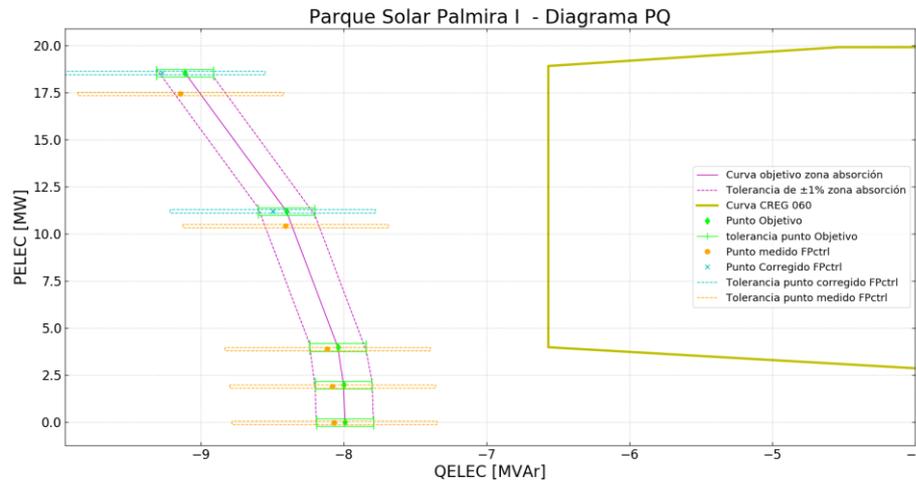


Figura 5.6 – Zona de absorción de la curva de capacidad ensayada control factor de potencia

Para todos los puntos ensayados en los diferentes modos de control, los valores obtenidos en campo incluyen su entorno de error (línea de trazos rojo, naranja y negro) y los puntos objetivos correspondientes incluyen su tolerancia (color verde). Notar que para los puntos medidos de carga intermedia y alta en el modo de control de factor de potencia se realiza una corrección por potencia activa, y este nuevo punto se incluye con su entorno de error (línea a trazos color celeste) cumpliendo el objetivo.

Observar que los puntos objetivos y medidos se encuentran por fuera de la curva mínima exigida en la CREG 060 (línea dorada). La redefinición de los puntos objetivos se realiza durante las pruebas teniendo en cuenta el consumo de la carga y garantizando que se verifiquen por lo menos tres puntos en la región capacitiva y tres en la región inductiva

Notar que a los puntos objetivo se les ha indicado el entorno de error de $\pm 1\%$ establecido por el Acuerdo CNO 1955.

En virtud de lo establecido por el acuerdo CNO 1955, los puntos en la zona de absorción se declaran **Conformes**, considerando que según lo indicado en el acuerdo para condiciones en las que la planta opera en despachos menores al 10% de potencia activa nominal, la planta podrá exceder el 5% de absorción de potencia reactiva respecto a la capacidad de potencia activa nominal de la planta, si existe un acuerdo mutuo entre el OR y el agente generador de poder operar en dicha condición.



5.4.2. Detalle de la región de inyección

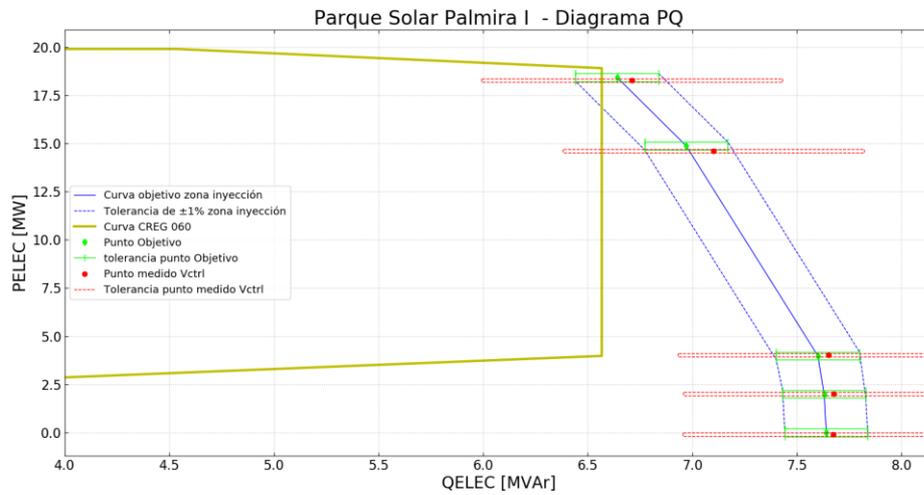


Figura 5.7. – Zona de inyección de la curva de capacidad ensayada control tensión

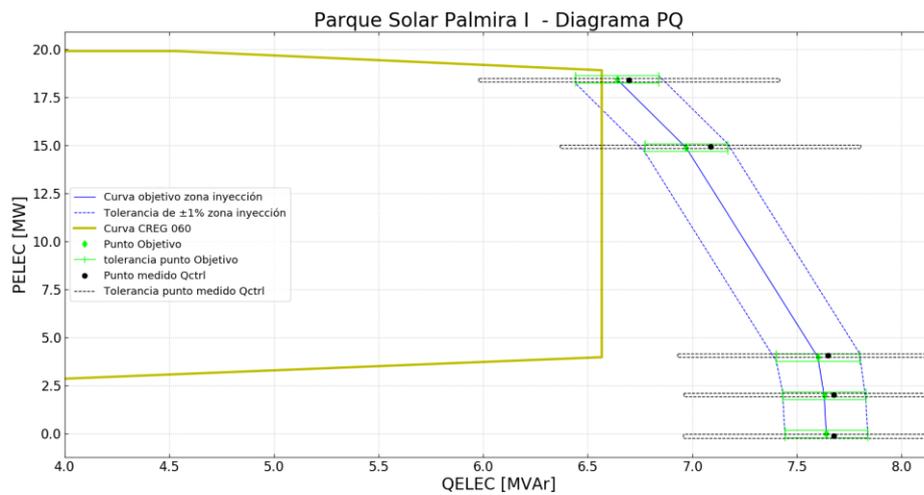


Figura 5.8. – Zona de inyección de la curva de capacidad ensayada control potencia reactiva



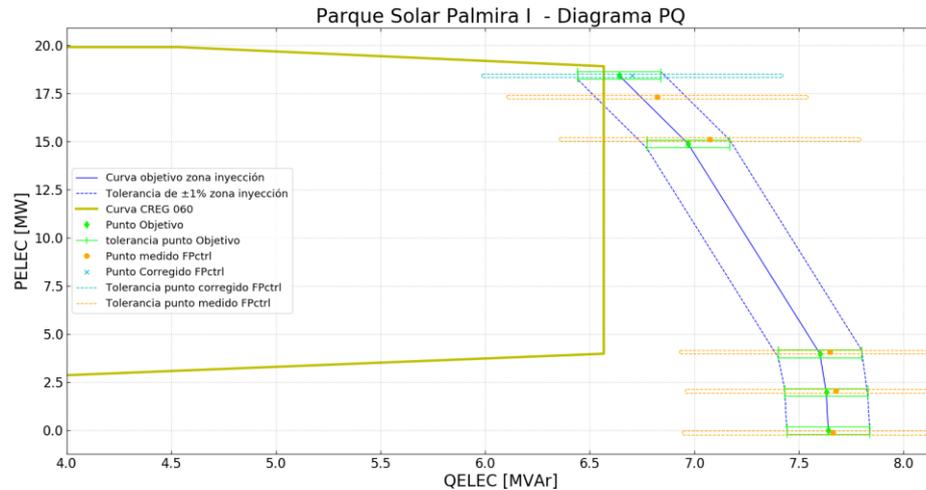


Figura 5.9. – Zona de inyección de la curva de capacidad ensayada control factor de potencia

Para todos los puntos ensayados en los diferentes modos de control, los valores obtenidos en campo incluyen su entorno de error (línea de trazos rojo, naranja y negro) y los puntos objetivos correspondientes incluyen su tolerancia (color verde). Notar que para el punto medido de carga alta en el modo de control de factor de potencia se realiza una corrección por potencia activa, y este nuevo punto se incluye con su entorno de error (línea a trazos color celeste) cumpliendo el objetivo.

Observar que los puntos objetivos y medidos se encuentran por fuera de la curva mínima exigida en la CREG 060 (línea dorada). La redefinición de los puntos objetivos se realiza durante las pruebas teniendo en cuenta el consumo de la carga y garantizando que se verifiquen por lo menos tres puntos en la región capacitiva y tres en la región inductiva

Notar que a los puntos objetivo se les ha indicado el entorno de error de $\pm 1\%$ establecido por el Acuerdo CNO 1955.

En virtud de lo establecido por el acuerdo CNO 1955, los puntos en la zona de inyección se declaran **Conformes**, considerando que según lo indicado en el acuerdo para condiciones en las que la planta opera en despachos menores al 10% de potencia activa nominal, la planta podrá exceder el 5% de absorción de potencia reactiva respecto a la capacidad de potencia activa nominal de la planta, si existe un acuerdo mutuo entre el OR y el agente generador de poder operar en dicha condición.



5.5. Curva de capacidad definitiva

Finalmente, los puntos objetivo de la curva medidos en el POM y redefinidos durante las pruebas son:

Punto Objetivo	Potencia Activa POM [MW]	Potencia Reactiva POM [MVAR]
1	0,00	-7,99
2	1,99	-8,00
3	3,98	-8,04
4	11,20	-8,40
5	18,54	-9,11
6	18,43	6,64
7	14,88	6,97
8	3,98	7,60
9	1,99	7,63
10	0,00	7,64

Tabla 5.4 – Puntos PQ definitivos

Dado que la curva de capacidad varía dependiendo de la tensión en el POI y que la medición de la curva se efectúa en el POM, es necesario presentar una familia de curvas de capacidad en función de la tensión (comprendido entre 0.9 p.u. y 1.1 p.u.). Esta familia de curvas de capacidad se obtiene mediante simulación en el software Power Factory Digsilent, usando la base de datos de los modelos preliminares. Los resultados se presentan de forma tabular y grafica en el anexo del presente informe: "EE-EN-2024-1679-RA-Anexo familia de curvas".



6 REGISTRO DE ENSAYOS

En el presente capítulo se presentan las tendencias registradas en el transcurso de las pruebas realizadas. De las mismas se obtuvieron los valores detallados en la Tabla 5.1, Tabla 5.2 y Tabla 5.3

6.1. Tendencias – Punto 1 (0 MW, -7.99 MVar)

6.1.1. Control de Tensión

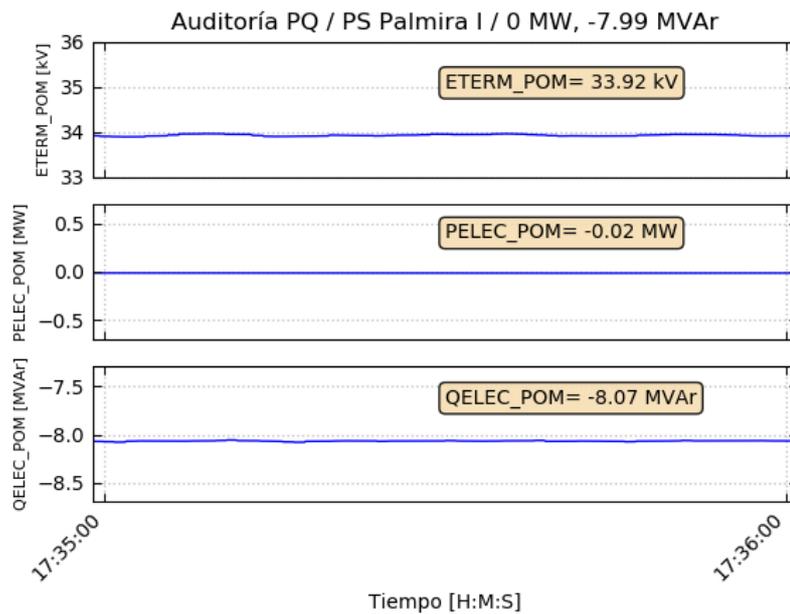


Figura 6.1 – Registros del Punto 1. Control de Tensión



6.1.2. Control de Potencia Reactiva

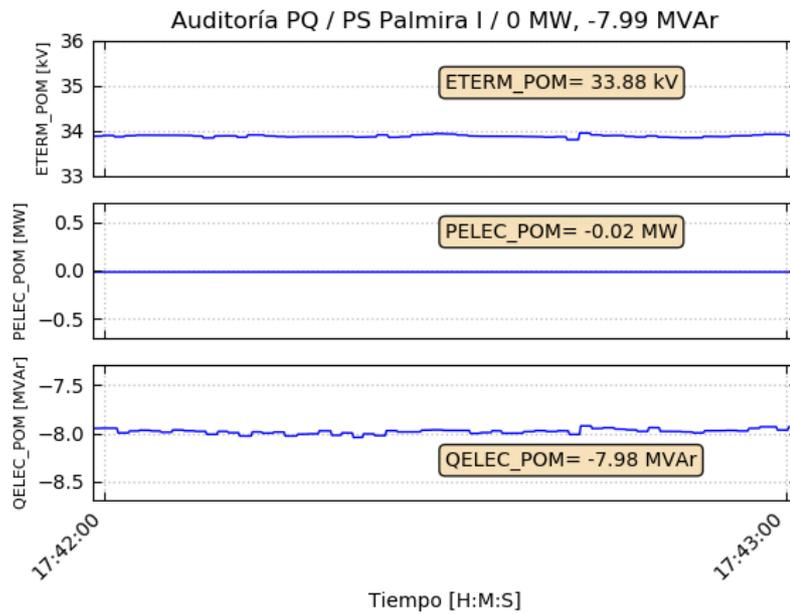


Figura 6.2 – Registros del Punto 1. Control de Potencia Reactiva

6.1.3. Control de Factor de Potencia

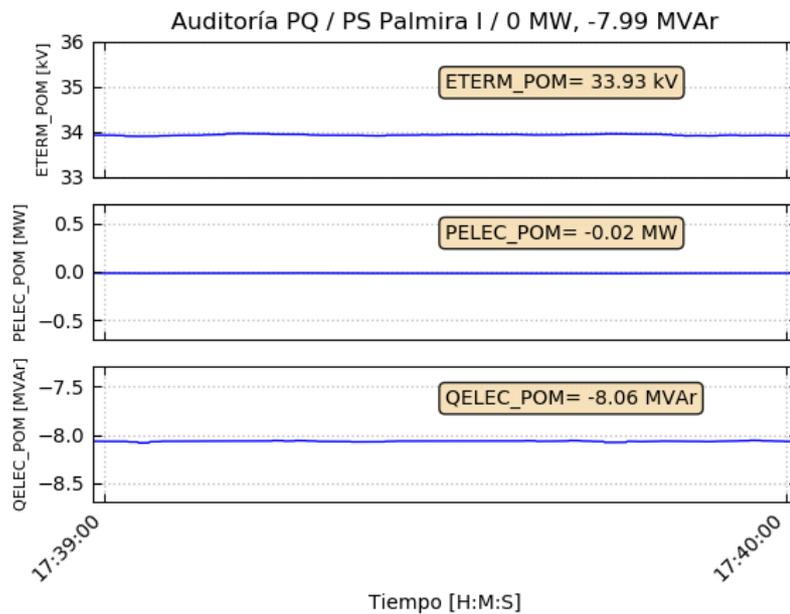


Figura 6.3 – Registros del Punto 1. Control de Factor de Potencia



6.2. Tendencias – Punto 2 (1.99 MW, -8.00 MVar)

6.2.1. Control de Tensión

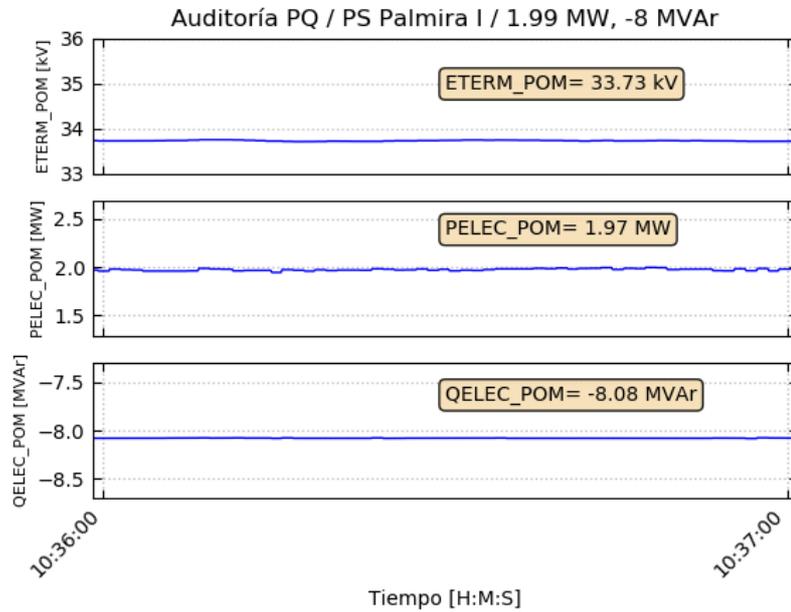


Figura 6.4 – Registros del Punto 2. Control de Tensión

6.2.2. Control de Potencia Reactiva

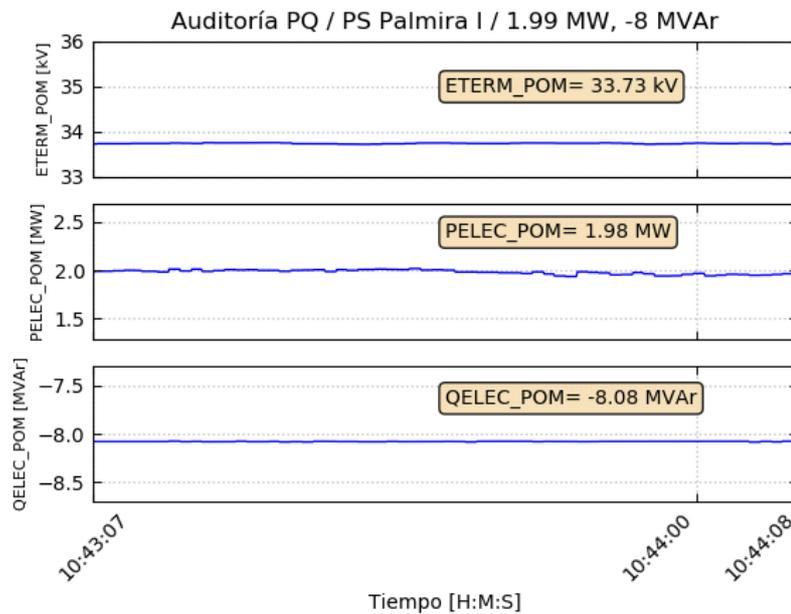


Figura 6.5 – Registros del Punto 2. Control de Potencia Reactiva



6.2.3. Control de Factor de Potencia

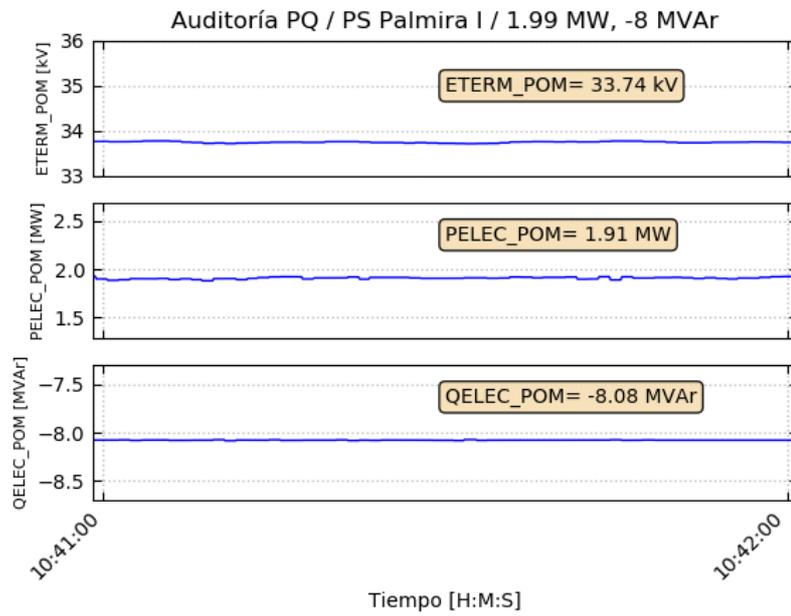


Figura 6.6 – Registros del Punto 2. Control de Factor de Potencia



6.3. Tendencias – Punto 3 (3.98 MW, -8.04 MVar)

6.3.1. Control de Tensión

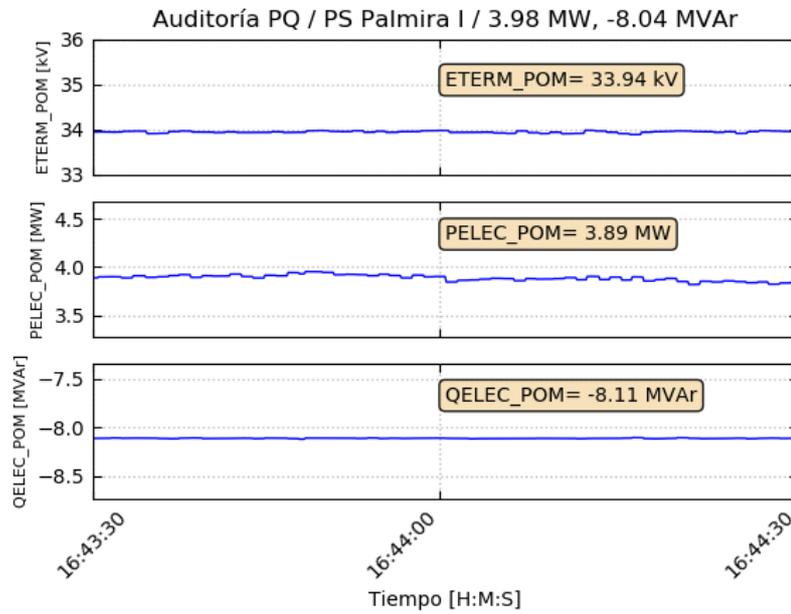


Figura 6.7 – Registros del Punto 3. Control de Tensión

6.3.2. Control de Potencia Reactiva

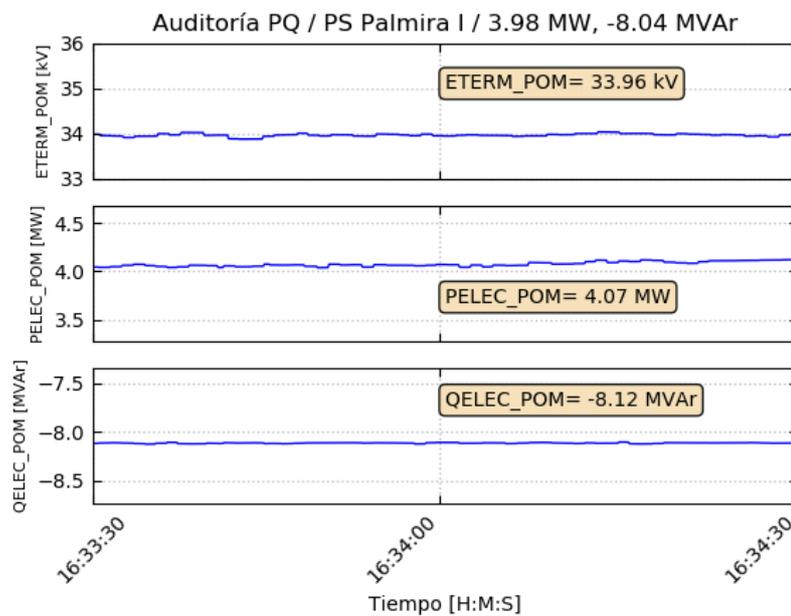


Figura 6.8 – Registros del Punto 3. Control de Potencia Reactiva



6.3.3. Control de Factor de Potencia

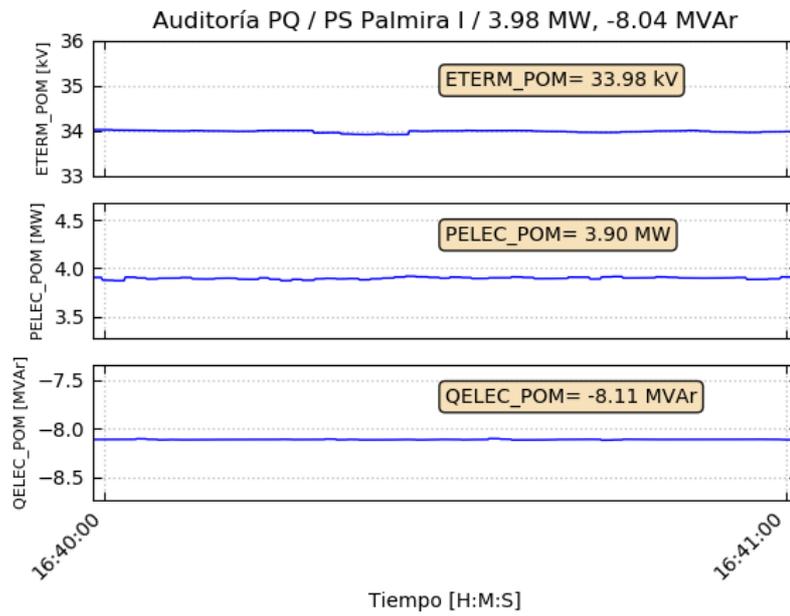


Figura 6.9 – Registros del Punto 3. Control de Factor de Potencia





6.4. Tendencias – Punto 4 (11.20 MW, -8.40 MVar)

6.4.1. Control de Tensión

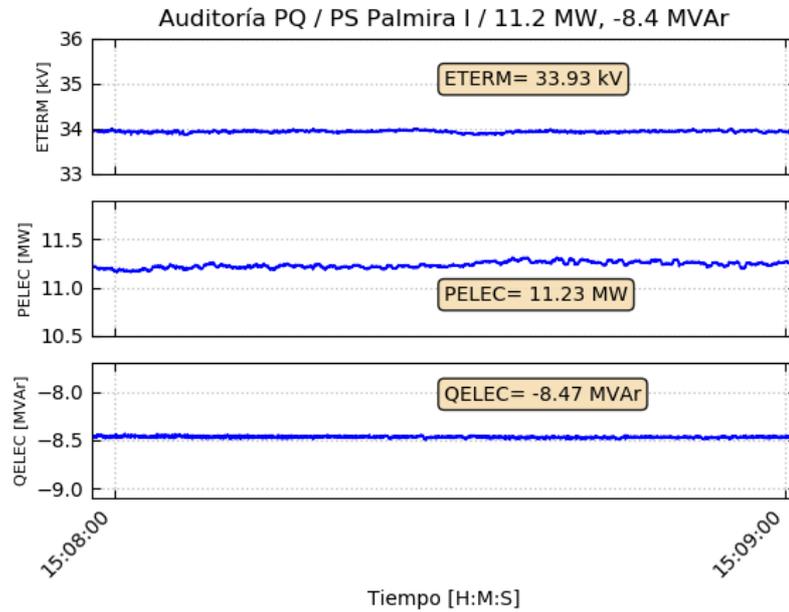


Figura 6.10 – Registros del Punto 4. Control de Tensión

6.4.2. Control de Potencia Reactiva

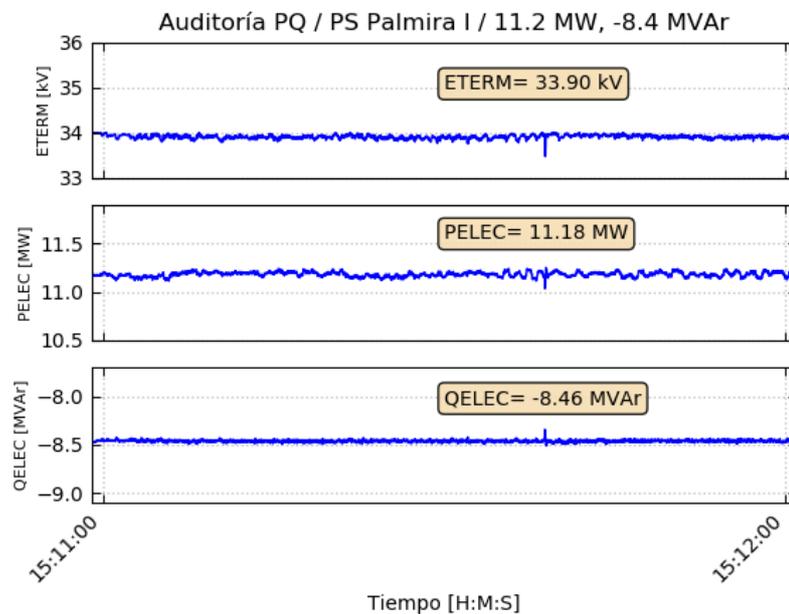


Figura 6.11 – Registros del Punto 4. Control de Potencia Reactiva



6.4.3. Control de Factor de Potencia

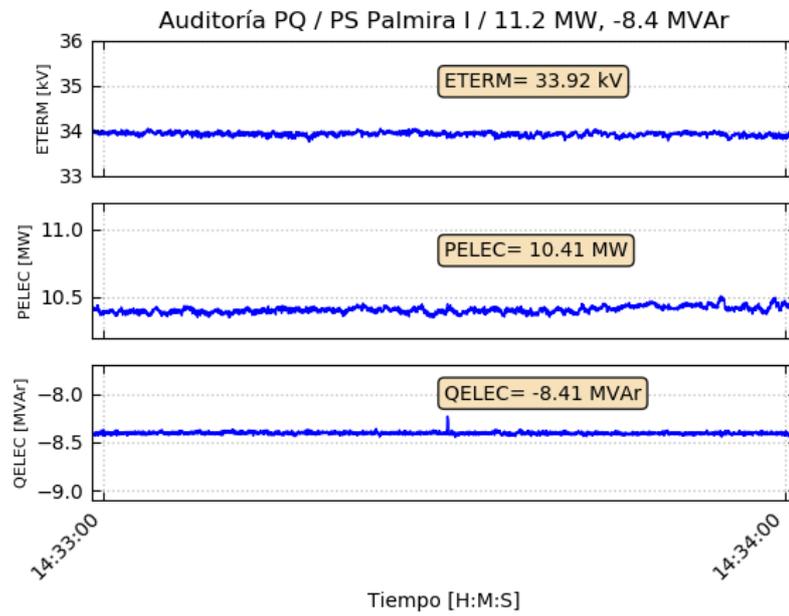


Figura 6.12 – Registros del Punto 3. Control de Factor de Potencia



6.5. Tendencias – Punto 5 (18.54 MW, -9.11 MVar)

6.5.1. Control de Tensión

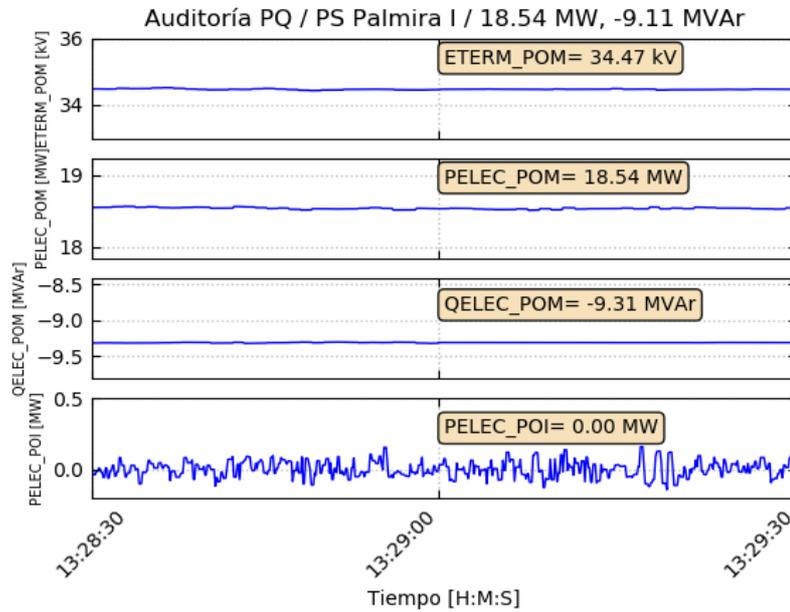


Figura 6.13 – Registros del Punto 5. Control de Tensión

6.5.2. Control de Potencia Reactiva

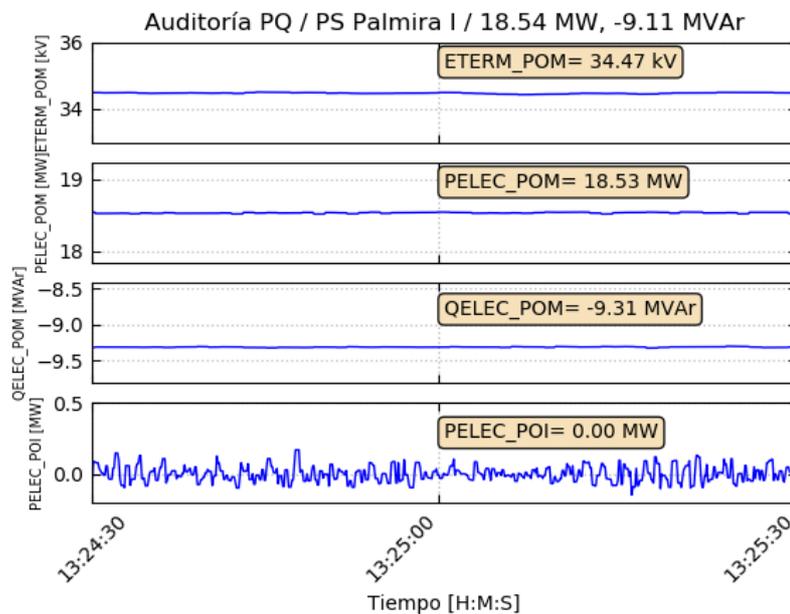


Figura 6.14 – Registros del Punto 5. Control de Potencia Reactiva



6.5.3. Control de Factor de Potencia

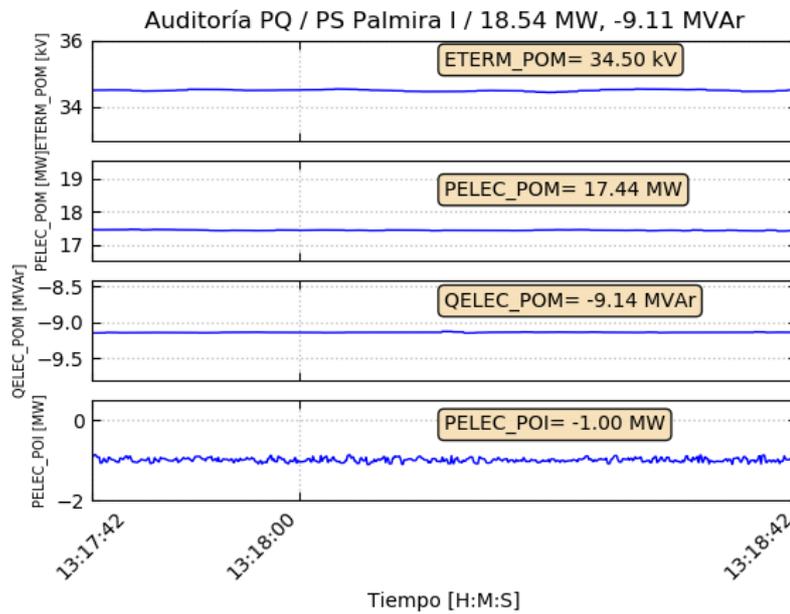


Figura 6.15 – Registros del Punto 5. Control de Factor de Potencia

Nota: Observar que para los puntos de máxima potencia a las que se pudo llegar por condiciones del despacho en función de la carga (18.54 MW, -9.11 MVar), se presenta la potencia activa en el POI; como se ve en las gráficas la potencia activa para los modos de control de tensión y reactiva es 0MW, con lo que se verifica que es la máxima potencia activa despachada sin entrega de excedentes. Para el modo de factor de potencia, se disminuye la potencia activa en el POM de tal forma que en el POI haya absorción de potencia, ya que no es técnicamente posible probar el modo de control de factor de potencia con una potencia activa igual a 0 MW.



6.6. Tendencias – Punto 6 (18.43 MW, 6.64 MVar)

6.6.1. Control de Tensión

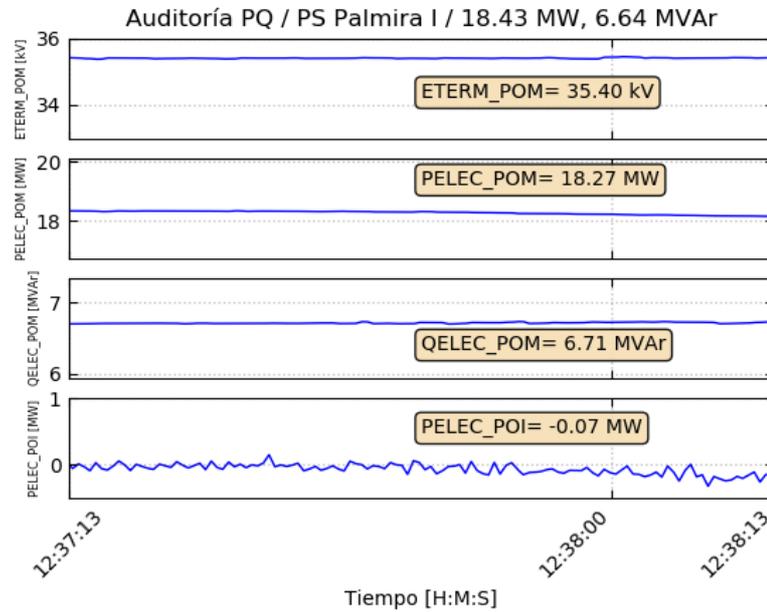


Figura 6.16 – Registros del Punto 5. Control de Tensión

6.6.2. Control de Potencia Reactiva

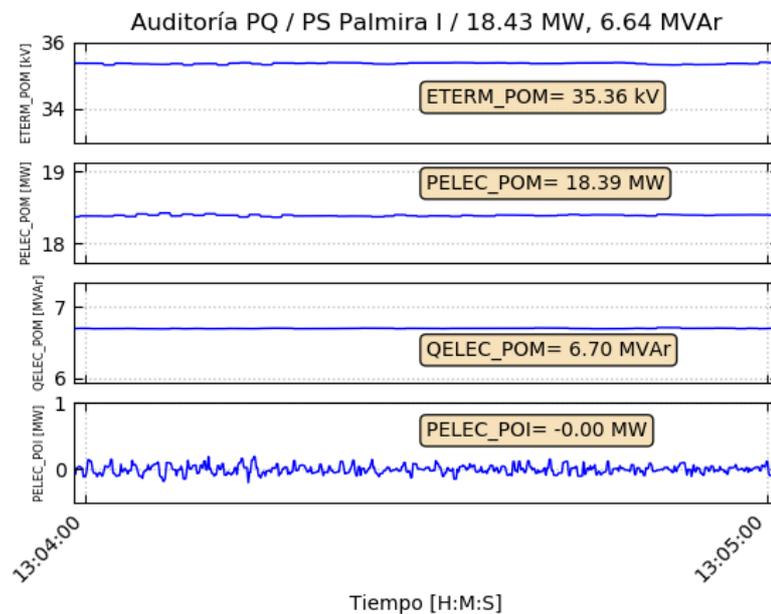


Figura 6.17 – Registros del Punto 5. Control de Potencia Reactiva



6.6.3. Control de Factor de Potencia

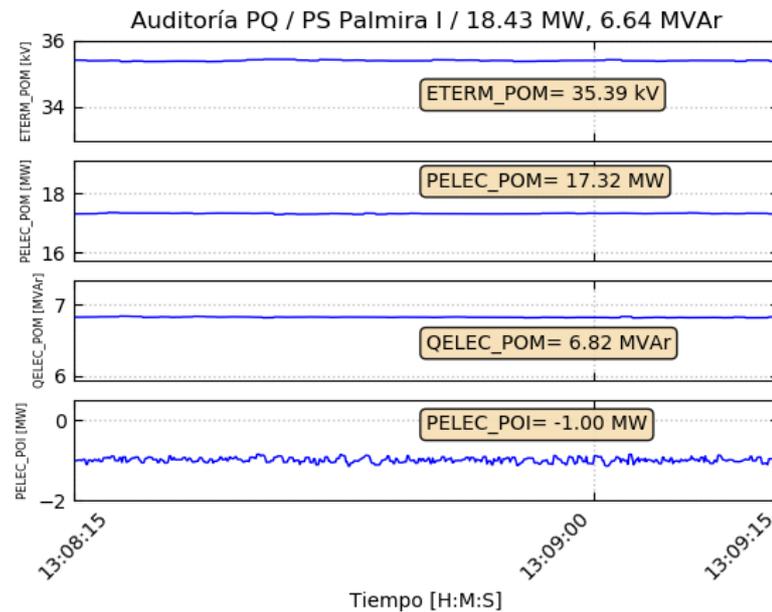


Figura 6.18 – Registros del Punto 5. Control de Factor de Potencia

Nota: Observar que para los puntos de máxima potencia a las que se pudo llegar por condiciones del despacho en función de la carga (18.43 MW, 6.64 MVar), se presenta la potencia activa en el POI; como se ve en las gráficas la potencia activa para los modos de control de tensión y reactiva es 0 MW, con lo que se verifica que es la máxima potencia activa despachada sin entrega de excedentes. Para el modo de factor de potencia, se disminuye la potencia activa en el POM de tal forma que en el POI haya entrega de potencia, ya que no es técnicamente posible probar el modo de control de factor de potencia con una potencia activa igual a 0 MW.



6.7. Tendencias – Punto 7 (14.88 MW, 6.97 MVar)

6.7.1. Control de Tensión

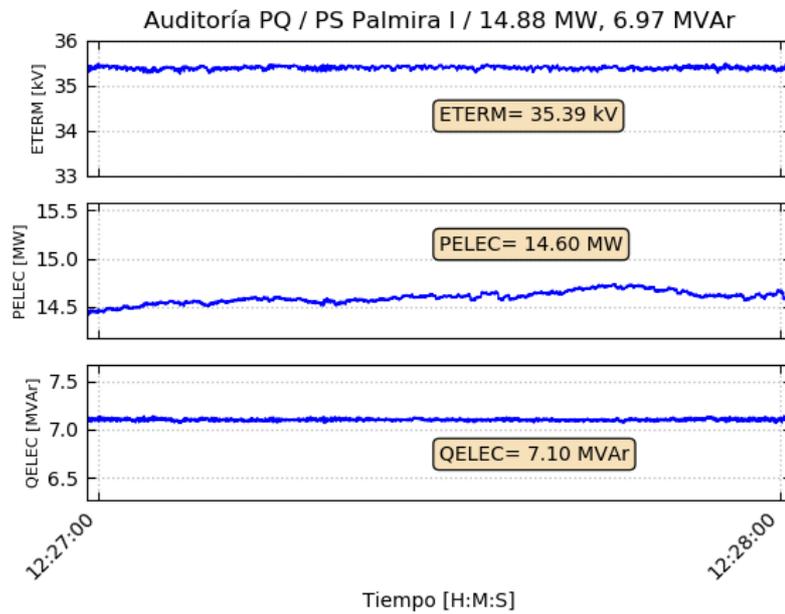


Figura 6.19 – Registros del Punto 5. Control de Tensión

6.7.2. Control de Potencia Reactiva

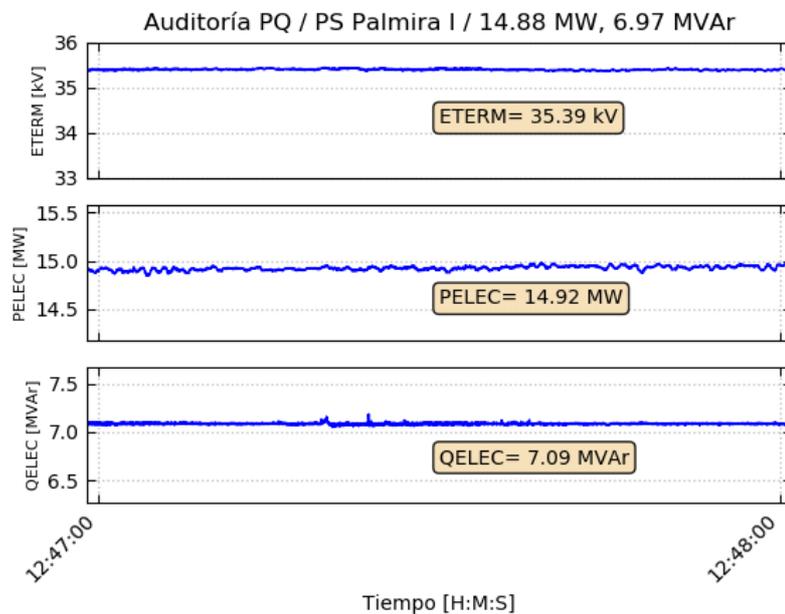


Figura 6.20 – Registros del Punto 5. Control de Potencia Reactiva



6.7.3. Control de Factor de Potencia

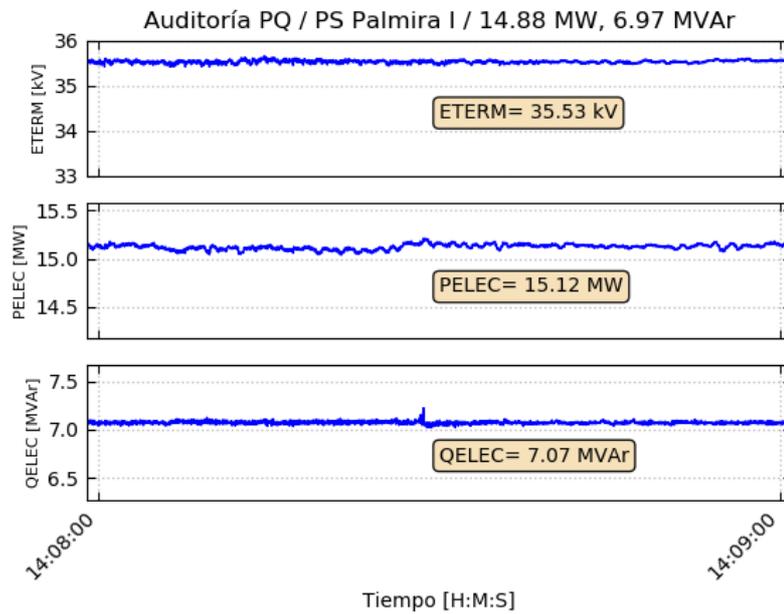


Figura 6.21 – Registros del Punto 5. Control de Factor de Potencia

6.8. Tendencias – Punto 8 (3.98 MW, 7.6 MVar)

6.8.1. Control de Tensión

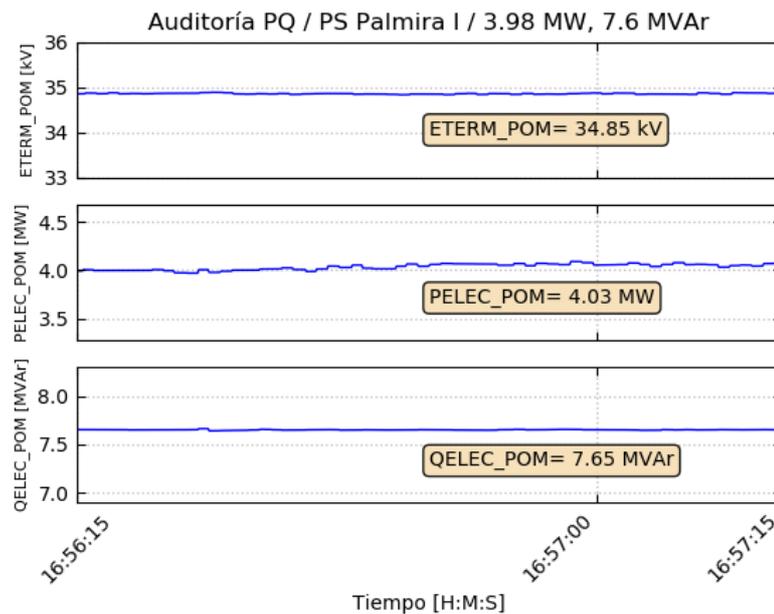


Figura 6.22 – Registros del Punto 8. Control de Tensión



6.8.2. Control de Potencia Reactiva

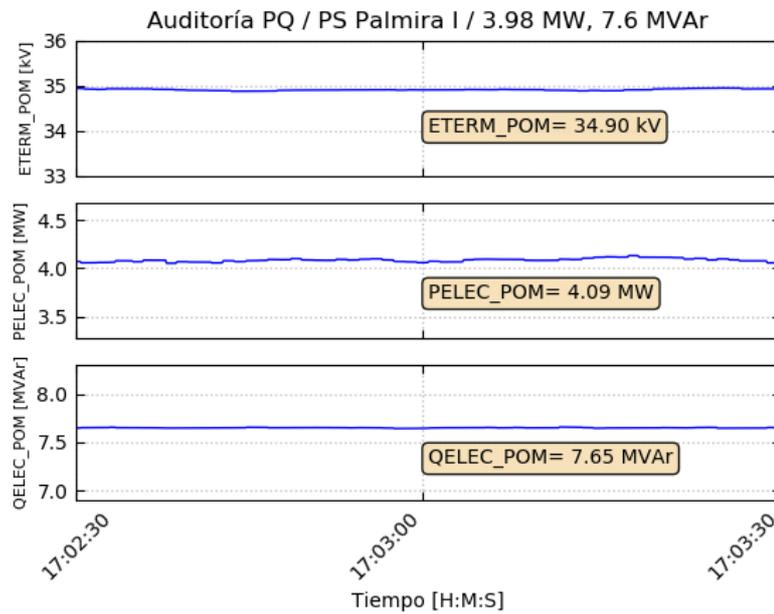


Figura 6.23 – Registros del Punto 8. Control de Potencia Reactiva

6.8.3. Control de Factor de Potencia

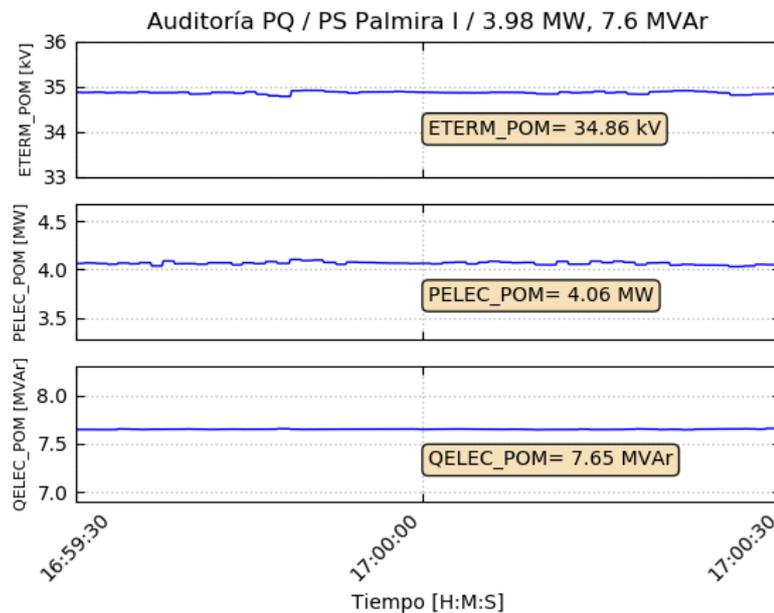


Figura 6.24. – Registros del Punto 8. Control de Factor de Potencia



6.9. Tendencias – Punto 9 (1.99 MW, 7.63 MVar)

6.9.1. Control de Tensión

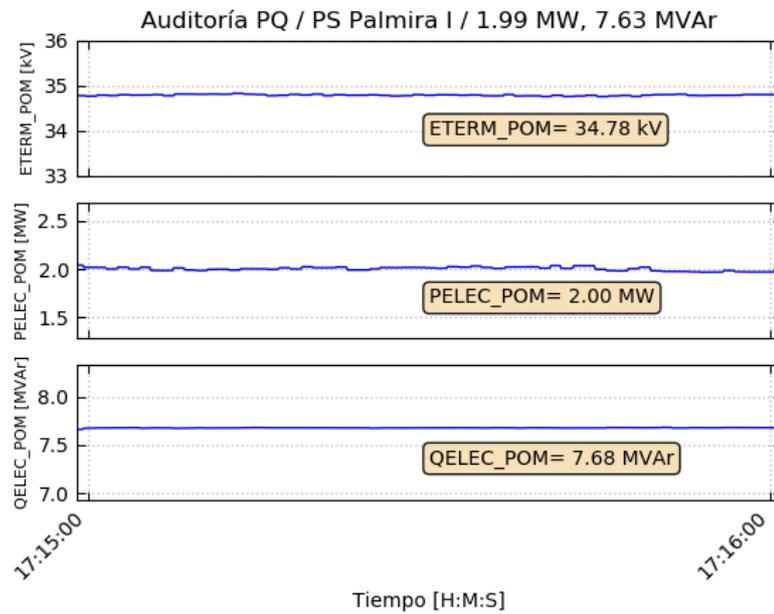


Figura 6.25 – Registros del Punto 9. Control de Tensión

6.9.2. Control de Potencia Reactiva

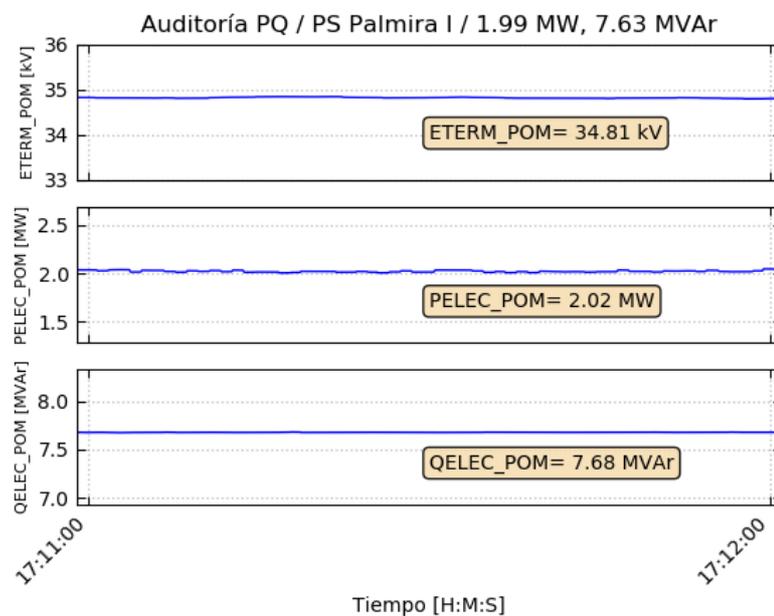


Figura 6.26. – Registros del Punto 9. Control de Potencia Reactiva



6.9.3. Control de Factor de Potencia

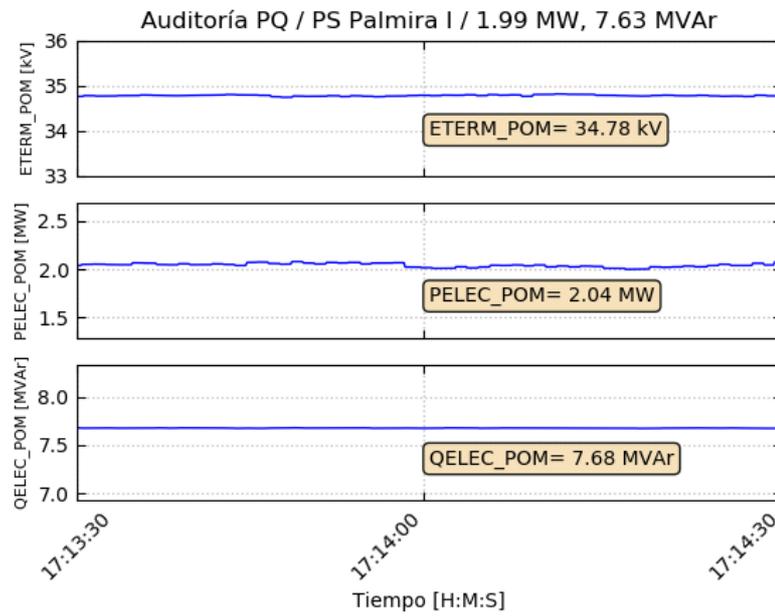


Figura 6.27. – Registros del Punto 9. Control de Factor de Potencia



6.10. Tendencias – Punto 10 (0 MW, 7.64 MVar)

6.10.1. Control de tensión

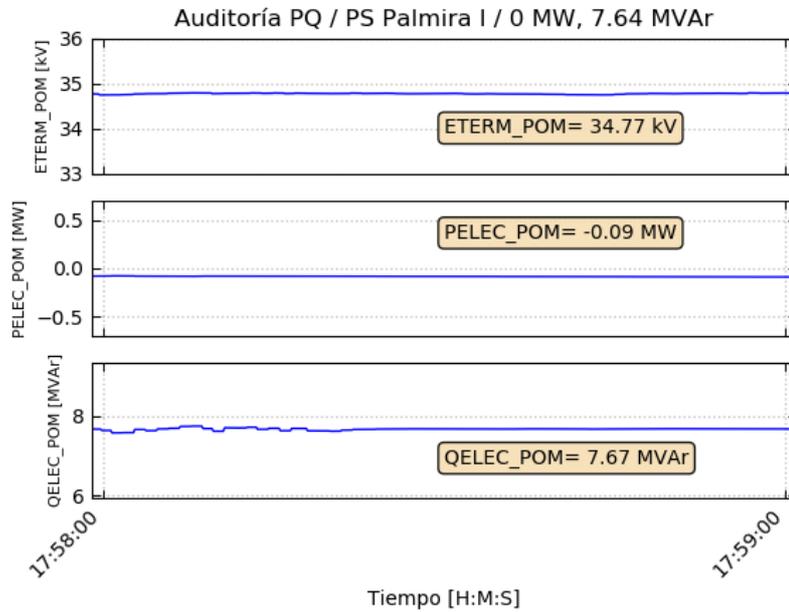


Figura 6.28 – Registros del Punto 10. Control de Tensión

6.10.2. Control de Potencia Reactiva

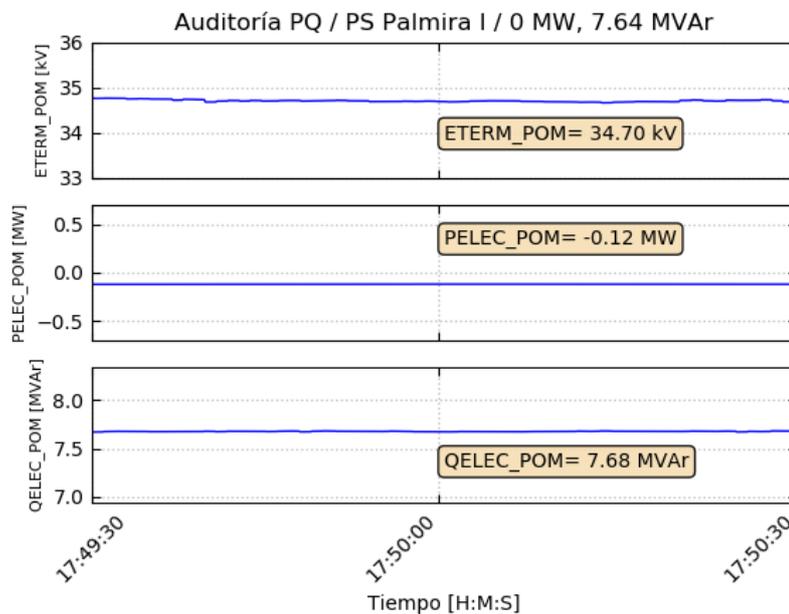


Figura 6.29. – Registros del Punto 10. Control de Potencia Reactiva



6.10.3. Control de Factor de Potencia

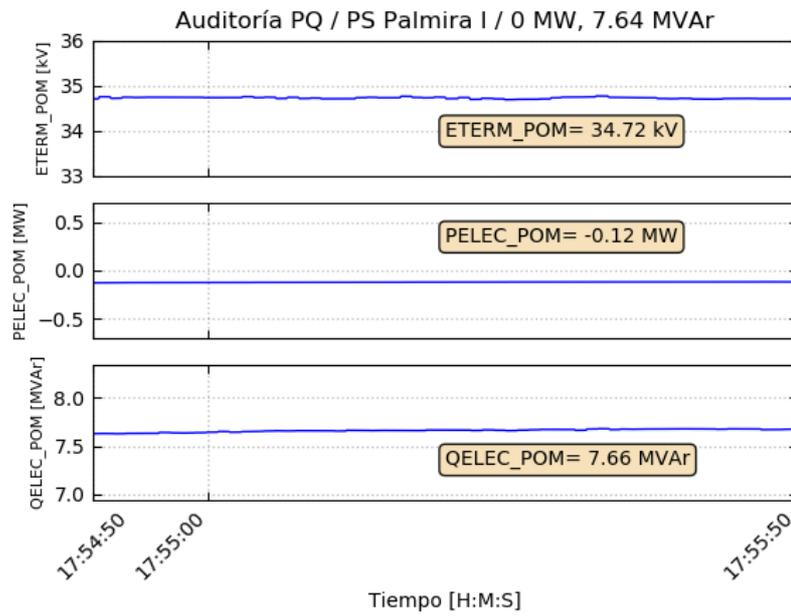


Figura 6.30. – Registros del Punto 10. Control de Factor de Potencia



7 CONCLUSIONES

El Parque Solar Palmira 1 ha sido sometido a una Auditoría de Pruebas de Potencia Reactiva. La misma ha sido llevada a cabo bajo los lineamientos establecidos en el Acuerdo CNO 1955.

En función de lo realizado puede concluirse que:

- Los puntos auditados fueron medidos en el punto de medición POM, tal como lo indica el acuerdo
- Los diez (10) puntos de la curva PQ auditados fueron redefinidos durante las pruebas por condiciones de la carga.
- Se realizaron maniobras operativas para alcanzar los puntos redefinidos.
- Durante las pruebas no se presentaron alarmas relacionadas con la planta, sus límites o temperaturas máximas.
- Los puntos redefinidos por el auditor durante las pruebas cumplen con estar por fuera de la curva establecida en la CREG 060, y los puntos con despacho menor al 10 % de potencia activa nominal exceden el 5% de potencia reactiva pues existe un acuerdo mutuo entre el OR y el agente generador de poder operar en dicha condición.

Con base en los resultados expuestos en el presente informe y en virtud de lo establecido en el acuerdo CNO 1955, se determina que el Parque Solar Palmira 1:

CUMPLE CON LA CURVA DE CAPACIDAD DECLARADA

Nombre de la Empresa: ESTUDIOS ELÉCTRICOS SA

Nombre del Auditor: Ing. Claudio Celman

Fecha: 29/04/2025

Firma del Auditor:



8. ANEXOS

8.1. Procedimiento de ensayos

8.1.1. Verificación de la Curva en la Región de absorción de potencia reactiva

Después de haber realizado las verificaciones iniciales, y de ser necesarios reajustes, se debe seguir el siguiente procedimiento, el cual aplica tanto para las pruebas auditadas en campo, como las pruebas validadas por el auditor a través de registros.

1) Coordinar con el centro de control del CND el inicio de la prueba, el cual, a su vez, coordinará las consignas operativas requeridas antes y durante la prueba. Estas consignas pueden incluir consideraciones de topología y despacho particulares para los recursos de generación con el fin de evaluar la curva de cada planta de generación de energía renovable eólica y solar fotovoltaica. La planta se debe llevar a una de las potencias activas definidas para la prueba.

2) Asegúrese que la planta esté en modo de control automático de tensión con estatismo.

En caso de que el CND o el agente identifiquen la necesidad de realizar las pruebas iniciando en un modo de control diferente al de tensión, previa revisión conjunta y evaluación de la posibilidad de las condiciones del sistema por parte del CND, se podrá realizar la prueba considerando una alternativa diferente.

3) Durante la realización de esta prueba se registrará la potencia activa, reactiva y la tensión en el punto de conexión (o en el POM en caso de autogeneradores) con una resolución mínima de un dato por segundo utilizando los registradores mencionados en el punto 3.1.

4) La realización de esta prueba requiere que la planta controle la variable que corresponda, según el modo de control que aplique, a un valor definido por el CND según las condiciones del sistema. Para lograr este valor, se pueden utilizar otras unidades de la zona de influencia, igualmente puede hacerse uso de equipos de compensación de reactivos o cambiadores de tomas de transformadores, en cuyo caso el CND coordinará las acciones necesarias para lograr el objetivo, sin violar los límites establecidos en tensiones o cargabilidad de elementos del sistema.

5) Si agotadas las consignas, la planta no puede llegar al límite esperado de entrega de reactiva por condiciones del sistema, este punto será declarado como Conforme y se consignará esta situación en el informe de resultados de la prueba.

6) Después de obtenido el valor de potencia reactiva máxima a la potencia activa seleccionada, la planta debe ser mantenida en este punto de operación mínimo durante 1 minuto para el registro de las



variables de la prueba.

- 7) Una vez recolectados los datos para el primer punto de potencia activa en el modo de control de tensión con estatismo, se deberá realizar la misma verificación de la curva de carga en la potencia activa definida, cambiando el modo de control a potencia reactiva y factor de potencia, tomando los registros definidos en el paso 3 por un tiempo mínimo de 1 minuto para cada uno de los modos restantes. Previo al cambio del modo de control, se debe procurar que la consigna de la nueva variable a controlar sea igual o muy cercana a su medida en tiempo real, de forma que, al realizar el cambio del modo de control, se minimicen los cambios en el punto de operación. Según el caso la variable a controlar puede ser factor de potencia, potencia reactiva o tensión
- 8) Una vez recolectados los datos para el primer punto de potencia activa en todos los modos de control, se debe realizar el mismo procedimiento anterior para los otros puntos acordados entre XM y el agente, teniendo en cuenta lo establecido en el punto 5 del presente numeral.
- 9) En caso de que el mínimo técnico de la planta sea inferior al 10 % de la Pnominal, se deberá realizar una prueba en el mínimo técnico en modo control potencia reactiva considerando como referencia un valor de potencia reactiva del 10 % Q/Pn. Se deberá graficar la potencia reactiva en el punto de conexión y demostrar que esta es limitada a un valor igual o inferior a 5%Q/Pn manteniendo condiciones de estabilidad. El valor en el que se limite la potencia reactiva será el valor a declarar para la potencia reactiva en el mínimo técnico de la planta.

Para los autogeneradores que no entregan excedentes; la coordinación durante todo el desarrollo de las pruebas en campo se realizará con el OR en lugar del CND.

Nota: de lo establecido en el acuerdo si no fuese posible alcanzar el valor de potencia activa nominal o el 95% de las misma durante las pruebas, se revisarán registros disponibles que puedan haber estado en esta condición. Caso contrario, el agente deberá ofertar la prueba a nivel de despacho para este punto y seguir los pasos del 1 al 7 durante la prueba. Luego de esto los registros deberán ser enviados a Estudios Eléctricos para su revisión.



8.1.2. Verificación de la Curva en la Región de entrega de potencia reactiva

Después de haber realizado las verificaciones iniciales, y de ser necesarios reajustes, se debe seguir el siguiente procedimiento, el cual aplica tanto para las pruebas auditadas en campo, como las pruebas validadas por el auditor a través de registros.

1) Coordinar con el centro de control del CND el inicio de la prueba, el cual, a su vez, coordinará las consignas operativas requeridas antes y durante la prueba. Estas consignas pueden incluir consideraciones de topología y despacho particulares para los recursos de generación con el fin de evaluar la curva de cada planta de generación de energía renovable eólica y solar fotovoltaica. La planta se debe llevar a una de las potencias activas definidas para la prueba.

2) Asegúrese que la planta esté en modo de control automático de tensión con estatismo.

En caso de que el CND o el agente identifiquen la necesidad de realizar las pruebas iniciando en un modo de control diferente al de tensión, previa revisión conjunta y evaluación de la posibilidad de las condiciones del sistema por parte del CND, se podrá realizar la prueba considerando una alternativa diferente.

3) Durante la realización de esta prueba se registrará la potencia activa, reactiva y la tensión en el punto de conexión (o en el POM en caso de autogeneradores), con una resolución mínima de un dato por segundo utilizando los registradores mencionados en el punto 3.1.

4) La realización de esta prueba requiere que la planta controle la variable que corresponda, según el modo de control que aplique, a un valor definido por el CND según las condiciones del sistema. Para lograr este valor, se pueden utilizar otras unidades de la zona de influencia, igualmente puede hacerse uso de equipos de compensación de reactivos o cambiadores de tomas de transformadores, en cuyo caso el CND coordinará las acciones necesarias para lograr el objetivo, sin violar los límites establecidos en tensiones o cargabilidad de elementos del sistema.

5) Si agotadas las consignas, la planta no puede llegar al límite esperado de entrega de reactiva por condiciones del sistema, este punto será declarado como Conforme y se consignará esta situación en el informe de resultados de la prueba.

6) Después de obtenido el valor de potencia reactiva máxima a la potencia activa seleccionada, la planta debe ser mantenida en este punto de operación mínimo durante 1 minuto para el registro de las variables de la prueba.

7) Una vez recolectados los datos para el primer punto de potencia activa en el modo de control de



tensión con estatismo, se deberá realizar la misma verificación de la curva de carga en la potencia activa definida, cambiando el modo de control a potencia reactiva y factor de potencia, tomando los registros definidos en el paso 3 por un tiempo mínimo de 1 minuto para cada uno de los modos restantes. Previo al cambio del modo de control, se debe procurar que la consigna de la nueva variable a controlar sea igual o muy cercana a su medida en tiempo real, de forma que, al realizar el cambio del modo de control, se minimicen los cambios en el punto de operación. Según el caso la variable a controlar puede ser factor de potencia, potencia reactiva o tensión

- 8) Una vez recolectados los datos para el primer punto de potencia activa en todos los modos de control, se debe realizar el mismo procedimiento anterior para los otros puntos acordados entre XM y el agente, teniendo en cuenta lo establecido en el punto 5 del presente numeral.
- 9) En caso de que el mínimo técnico de la planta sea inferior al 10 % de la Pnominal, se deberá realizar una prueba en el mínimo técnico en modo control potencia reactiva considerando como referencia un valor de potencia reactiva del 10 % Q/Pn. Se deberá graficar la potencia reactiva en el punto de conexión y demostrar que esta es limitada a un valor igual o inferior a 5%Q/Pn manteniendo condiciones de estabilidad. El valor en el que se limite la potencia reactiva será el valor a declarar para la potencia reactiva en el mínimo técnico de la planta.

Para los autogeneradores que no entregan excedentes; la coordinación durante todo el desarrollo de las pruebas en campo se realizará con el OR en lugar del CND.

Nota: de lo establecido en el acuerdo si no fuese posible alcanzar el valor de potencia activa nominal o el 95% de las misma durante las pruebas, se revisarán registros disponibles que puedan haber estado en esta condición. Caso contrario, el agente deberá ofertar la prueba a nivel de despacho para este punto y seguir los pasos del 1 al 7 durante la prueba. Luego de esto los registros deberán ser enviados a Estudios Eléctricos para su revisión.



8.2. Certificados de calibración

8.2.1. Multimetro Schneider Electric

Elgama Sistemas de Colombia S.A.S.
ElgSis S.A.S.
Calle 161 A No. 19 A - 43 Barrio Orquideas
Tel: (57+1) 601 672 4804
Bogotá, D.C. - Colombia
e-mail: info@elgsis.com.co
Web: www.elgsis.com.co

ElgSis de Colombia
NIT. 830.508.419-5

ACREDITADO ONAC
ISO/IEC 17025:2017
10-LAB-047

ACREDITADO ONAC
ISO/IEC 17025:2017
10-LAC-047

CERTIFICADO DE ENSAYOS Y CALIBRACIÓN **230211-87714** MP-F-19 R13-2210

Instrumentos: Medidor Electronico **Tipo:** ION 8650 **Tensión nominal:** 120 V
Numero de serie: MW-2211A443-02 **Fabricante:** SCHNEIDER ELECTRIC **Frecuencia:** 60,0Hz
Corriente Nominal (básica): 5 A **Corriente Máxima (Im):** 10 A **Fases/Wilos:** 3 fases, 4 hilos
Constante Activa: 10000 impkWh **Constante Reactiva:** 10000 impkvarh **Año fabricación:** 2022
Clase de Activa: 0,2 S **Clase de Reactiva:** 0,2 S **Solicitud:** SS 23-049

Solicitante: SOLLIVAN SMART SOLUTIONS SAS **Dirección:** Carrera 25 No 22C - 34, Bogota, Colombia

Fecha de Calibración: 2023-02-11 **Humedad Relativa [%]:** 64 **Temperatura [°C]:** 24
Fecha Recepción Item: 2023-02-10 **Logar Calibración:** Elgama Sistemas de Colombia S.A.S. Calle 161A # 19A-43, Bogotá D.C. Colombia

Trazabilidad metrológica e Incertidumbre: Las mediciones son trazables al Sistema Internacional de unidades según se indica. El equipo Patrón Trifásico PTS400.3-120A (patrón de referencia PRS400.3) con certificado de calibración INMETRO No. DIMCI 0922/2021. El Termómetro Marca GOWEE, modelo H5075, número de serie QVH5075_C976, certificado de calibración en temperatura y en Humedad Relativa L41903-22 del 2022/03/03. La incertidumbre expandida de medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor.

Método de Calibración: La calibración se realizó siguiendo los lineamientos dados por la Norma Técnica Colombiana 4856 Verificación inicial y posterior de medidores de energía eléctrica quinta actualización. Versión 2018-10-17. El método empleado es de comparación mediante la conexión del medidor objeto de prueba y patrón de referencia a la misma fuente de energía, suministrando simultáneamente la misma energía a ambos equipos. El error se determina por comparación de los impulsos por segundo emitidos por el medidor objeto de prueba y el patrón de referencia, los cuales son directamente proporcionales a la energía suministrada y leídos por el patrón de referencia. Se aplicaron señales de Tensión y de Corriente Senoidales, la evaluación de la conformidad se realiza de acuerdo a lo indicado en el método normativo, las pruebas realizadas son las siguientes:

Magnitud	Nombre de la prueba		Norma	Numeral										
	Ensayo de Exactitud (Calibración)			4.4.2.2										
Energía Activa y Reactiva	Ensayo de Funcionamiento Sin Carga		NTC 4856 (2018-10-17)	4.4.5.2.1										
	Ensayo de Arranque			4.4.4.1										
	Ensayo de Verificación de la constante			4.4.3.2										
PUNTO DE CARGA														
Tensión % Un		Corriente % In ó Ib		Limita [± %]	Error [%]	DESV [%]	u comb [%]	k	± U [%]	Evaluación de la conformidad				
R	S	T	R								S	T	FP	(Hz)
Ensayo de Exactitud (Calibración) / Activa Importada														
100	100	100	5,0	5,0	5,0	1,0	60	0,25	0,044	0,033	0,023	2,000	0,046	Conforme-CEEX
100	100	100	100,0	100,0	100,0	1,0	60	0,25	0,022	0,021	0,022	2,000	0,043	Conforme-CEEX
100	100	100	0,0	0,0	0,0	1,0	60	0,35	0,043	0,009	0,021	2,000	0,042	Conforme-CEEX
100	100	100	0,0	100,0	0,0	1,0	60	0,35	0,016	0,017	0,021	2,000	0,043	Conforme-CEEX
100	100	100	0,0	0,0	100,0	1,0	60	0,35	0,028	0,005	0,021	2,000	0,041	Conforme-CEEX
100	100	100	100,0	100,0	100,0	0,5i	60	0,40	-0,042	0,014	0,022	2,000	0,044	Conforme-CEEX
100	100	100	100,0	100,0	100,0	0,8c	60	0,40	0,053	0,018	0,015	2,000	0,028	Conforme-CEEX
100	100	100	100im	100im	100im	1,0	60	0,25	0,031	0,025	0,022	2,000	0,044	Conforme-CEEX
Ensayo de Funcionamiento Sin Carga														
115	115	115	0	0	0	1	60	Pulsos	1	Resultado:				Conforme-CEFC
Ensayo de Arranque														
100	100	100	0,10	0,10	0,10	1	60	Pulsos	2	Resultado:				Conforme-CEAR
Ensayo de Verificación de la constante (% Insa)														
100	100	100	100	100	100	1	60	Resultado:						Conforme-CEVC
Lectura Inicial [kWh]: 0,083 Lectura Final [kWh]: 1,084														
Ensayo de Exactitud (Calibración) / Reactiva Importada														
100	100	100	5,0	5,0	5,0	1,0	60	3,00	0,023	0,012	0,021	2,000	0,042	Conforme-CEEX
100	100	100	100,0	100,0	100,0	1,0	60	2,50	0,020	0,020	0,022	2,000	0,045	Conforme-CEEX
100	100	100	100,0	0,0	0,0	1,0	60	3,50	0,033	0,006	0,021	2,000	0,042	Conforme-CEEX
100	100	100	0,0	100,0	0,0	1,0	60	3,50	0,005	0,006	0,021	2,000	0,042	Conforme-CEEX
100	100	100	0,0	0,0	100,0	1,0	60	3,50	0,021	0,009	0,021	2,000	0,042	Conforme-CEEX
100	100	100	100,0	100,0	100,0	0,5i	60	3,00	0,081	0,004	0,021	2,000	0,043	Conforme-CEEX
100	100	100	100im	100im	100im	1,0	60	2,50	0,025	0,027	0,022	2,000	0,045	Conforme-CEEX
Ensayo de Funcionamiento Sin Carga														
115	115	115	0	0	0	1	60	Pulsos	1	Resultado:				Conforme-CEFC
Ensayo de Arranque														
100	100	100	0,30	0,30	0,30	1	60	Pulsos	2	Resultado:				Conforme-CEAR
Ensayo de Verificación de la constante (% Insa)														
100	100	100	100	100	100	1	60	Resultado:						Conforme-CEVC
Lectura Inicial [kvarh]: 0,087 Lectura Final [kvarh]: 0,188														

Hoja 1 de 9

07-9282

Página 1 de 2

Figura 8.1. – Certificado de calibración ION 8650 (página 1 de 2)



Elgama Sistemas de Colombia S.A.S.
ElgSis S.A.S.

Calle 161 A No. 19 A - 43 Barrio Orquideas
Tel: (57+1) 601 672 4804
Bogotá, D.C. - Colombia
e-mail: info@elgsis.com.co
Web: www.elgsis.com.co



NIT. 830.508.419-5



ISO/IEC 17025:2017
10-LAB-047



ISO/IEC 17025:2017
10-LAC-047

CERTIFICADO DE ENSAYOS Y CALIBRACIÓN

230211-87714

MP-F-19 R13-2210

PUNTO DE CARGA							FP	[Hz]	Limite [x %]	Error [%]	DESV [%]	u comb [%]	k	± U [%]	Evaluación de la conformidad	
Tensión % Un			Corriente % Ia ó Ib													
R	S	T	R	S	T											
Ensayo de Exactitud (Calibración) / Activa Exportada																
100	100	100	5,0	5,0	5,0	1,0	60	0,25	0,035	0,005	0,021	2,000	0,041	Conforme-CEEX		
100	100	100	100,0	100,0	100,0	1,0	60	0,25	0,016	0,021	0,022	2,000	0,043	Conforme-CEEX		
100	100	100	100,0	0,0	0,0	1,0	60	0,35	0,031	0,006	0,021	2,000	0,042	Conforme-CEEX		
100	100	100	0,0	100,0	0,0	1,0	60	0,35	0,004	0,006	0,021	2,000	0,042	Conforme-CEEX		
100	100	100	0,0	0,0	100,0	1,0	60	0,35	0,028	0,002	0,021	2,000	0,041	Conforme-CEEX		
100	100	100	100,0	100,0	100,0	0,5i	60	0,40	0,043	0,010	0,022	2,000	0,043	Conforme-CEEX		
100	100	100	100,0	100,0	100,0	0,8s	60	0,40	0,044	0,002	0,013	2,000	0,027	Conforme-CEEX		
100	100	100	100im	100im	100im	1,0	60	0,25	0,012	0,025	0,022	2,000	0,044	Conforme-CEEX		
Ensayo de Funcionamiento Sin Carga								Pulsos	Resultado: Conforme-CEFC							
115	115	115	0	0	0	2	60	1	Resultado: Conforme-CEAR							
Ensayo de Arranque								Pulsos	Resultado: Conforme-CEAR							
100	100	100	0,10	0,10	0,10	1	60	2	Resultado: Conforme-CEVC							
Ensayo de Verificación de la constante (% Imax)									Resultado: Conforme-CEVC							
100			100			100	100	1	60	Resultado: Conforme-CEVC						
Lectura Inicial [kWh]:			0,079			Lectura Final [kWh]:			1,080							
Ensayo de Exactitud (Calibración) / Reactiva Exportada																
100	100	100	5,0	5,0	5,0	1,0	60	3,00	-0,002	0,027	0,022	2,000	0,045	Conforme-CEEX		
100	100	100	100,0	100,0	100,0	1,0	60	2,50	0,013	0,024	0,022	2,000	0,044	Conforme-CEEX		
100	100	100	100,0	0,0	0,0	1,0	60	3,50	0,033	0,013	0,021	2,000	0,042	Conforme-CEEX		
100	100	100	0,0	100,0	0,0	1,0	60	3,50	0,002	0,011	0,021	2,000	0,042	Conforme-CEEX		
100	100	100	0,0	0,0	100,0	1,0	60	3,50	0,021	0,007	0,021	2,000	0,042	Conforme-CEEX		
100	100	100	100,0	100,0	100,0	0,5i	60	3,00	0,080	0,012	0,022	2,000	0,043	Conforme-CEEX		
100	100	100	100im	100im	100im	1,0	60	2,50	0,018	0,024	0,022	2,000	0,044	Conforme-CEEX		
Ensayo de Funcionamiento Sin Carga								Pulsos	Resultado: Conforme-CEFC							
115	115	115	0	0	0	1	60	1	Resultado: Conforme-CEAR							
Ensayo de Arranque								Pulsos	Resultado: Conforme-CEAR							
100	100	100	0,30	0,30	0,30	1	60	2	Resultado: Conforme-CEVC							
Ensayo de Verificación de la constante (% Imax)									Resultado: Conforme-CEVC							
100			100			100	100	1	60	Resultado: Conforme-CEVC						
Lectura Inicial [kvarh]:			0,082			Lectura Final [kvarh]:			0,183							

Se instala Estampilla L59

Fecha de emisión: 2023-02-13

230211-87714

y sello de seguridad

E5134843

Nombre: Omar Cisalido Bahórzuez Ramos
Cargo: Jefe de Laboratorio
Código: JL-0801

Los resultados contenidos en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y al ítem descrito en el presente sometido a calibración y/o ensayo. El laboratorio de metrología que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos calibrados.
Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente excepto cuando se hayan obtenido previamente permiso por escrito del laboratorio que lo emite.

Hoja 2 de 2

Fin del Certificado

Figura 8.2 – Certificado de calibración ION 8650 (página 2 de 2)



8.3. Certificados de calibración 8.3.1. Multimedidor BlackBox

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN			
 ESTUDIOS ELECTRICOS			
Estudios Electricos declara que el instrumento:			
Instrumento	Número de serie	Última calibración	
BLACK BOX G4500	00-60-35-38-11-F4	27/7/2023	
Fue calibrado siguiendo los lineamientos establecidos en el procedimiento EE-MP-2009-156_05 Control de Equipos habiéndose encontrado conforme y quedando habilitado para su uso.			
Para la calibración se emplearon los siguientes instrumentos patrón:			
Instrumento Patrón	Número de Serie:	Ultima calibración	Proxima calibración
Valija de Inyección OMICRON CMC 256 Plus	RC744S	28/3/2023	28/3/2024

Fecha de evaluación: 27/7/2023
Certificado número: EE-CI-2023-0974

Nombre Inspector: Leiss, Jorge

Firma:

Power System Studies & Power Plant Field Testing and
Electrical Commissioning

Figura 8.3. – Certificado de calibración BlackBox G4500



Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente.