

PARQUE SOLAR SUNNORTE

INFORME DE AUDITORÍA DE VERIFICACIÓN DE LA CURVA DE CAPACIDAD ACUERDO CNO 1563 – 2022

INFORME FINAL

DOCUMENTO IEB-951-23-01

REVISIÓN 3



Medellín, mayo de 2024

Medellín

Cll. 8B No. 65-191 C.E Puerto Seco. OF. 331

+57 (4) 604 32 72 propuestas@ieb.co

Colombia: Medellín | Bogotá | Barranquilla | Cartagena

USA - Houston | Perú - Lima | Chile - Santiago | Guatemala - Ciudad de Guatemala

www.ieb.co

CONTROL DE DISTRIBUCIÓN

Copias de este documento han sido entregadas a:

Nombre	Dependencia	Empresa	Copias
Miguel Andrés Velásquez	Director Comercial	ECOENER	1
Gestión Documental Proyecto	-	IEB-HEVRON	1

Las observaciones que resulten de su revisión y aplicación deben ser informadas a IEB S,A-HEVRON,

CONTROL DE REVISIONES

Revisión	Fecha	Descripción	Elaboró	Revisó	Aprobó
0	20/03/2024	Emisión Inicial	<u>SMG/MCM/DMM/JES</u>	HFE/GAG	RGV/FGG
			SMG/MCM/DMM/JES	HFE/GAG	RGV/FGG
1	26/03/2024	Revisión interna	<u>SMG/MCM/DMM/JES</u>	HFE/GAG	RGV/FGG
			SMG/MCM/DMM/JES	HFE/GAG	RGV/FGG
2	16/04/2024	Atención de comentarios emitidos por el subcomité de controles (Reunión 16/04/2024)	<u>SMG/MCM/DMM/JES</u>	HFE/GAG	RGV/FGG
			SMG/MCM/DMM/JES	HFE/GAG	RGV/FGG
3	30/04/2024	Desarrollo de pruebas y actualización de informe en el punto 3,5MW, 3,5Mvar y - 3,5Mvar.	<u>SMG/MCM/DMM/JES</u>	HFE/GAG	RGV/FGG
			SMG/MCM/DMM/JES	HFE/GAG	RGV/FGG

Participaron en la elaboración de este informe:

HFE	Héctor Felipe Espinosa	RGV	Rolando Guisao Vélez
SMG	Santiago Molano Guisao-	FGG	Francisco Gafaro G.
DMM	Daniel Manjarres Mur	GAG	Gustavo Alonso Gutierrez
MCM	Maria Camila Morales	JES	Javier Eduardo Santos

Participaron en la auditoria (22 al 29 de febrero de 2024):

RGV	Rolando Guisao Vélez	DCU	Daniel Carrasquilla Urrutia
FGG	Francisco Gafaro G.	-	-

Participaron en las pruebas por parte de Ecoener:

MAV	Miguel Andrés Velásquez	JFT	José Francisco Trujillo
JRS	José Ramon Sardina	FO	Fariel Ortiz
DG	David García	-	-

Medellín

Cll. 8B No. 65-191 C.E Puerto Seco. OF. 331

☎ +57 (4) 604 32 72 ✉ propuestas@ieb.co**Colombia:** Medellín | Bogotá | Barranquilla | Cartagena**USA** - Houston | **Perú** - Lima | **Chile** - Santiago | **Guatemala** - Ciudad de Guatemala

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	7
1.1	Nomenclatura.....	7
2	DATOS GENERALES DE LA AUDITORÍA	7
2.1	Central Bajo Prueba.....	7
3	INFORMACIÓN DE LA PLANTA SOLAR	8
3.1	Datos y Características	8
3.2	Curva de Capacidad Declarada y Puntos de Prueba Acordados	8
4	EQUIPOS DE MEDICIÓN	11
4.1	Equipos Empleados	11
4.2	Punto de Conexión.....	11
5	CÁLCULO DE ERRORES	12
6	RESULTADOS DE LAS PRUEBAS	14
6.1	Tabla de Resultados	14
6.2	Curva de Capacidad Verificada.....	24
6.3	Detalle de Evaluación de Cumplimiento	26
6.3.1	Detalle Región de Entrega de Reactiva.....	26
6.3.2	Detalle de la Región de Absorción de Reactiva.....	28
6.4	Tendencias	30
6.4.1	Región de Entrega de Reactiva,.....	30
6.4.2	Región de Absorción de Reactiva,	38
6.5	Curva de Capacidad Definitiva	46
7	CONCLUSIONES	47
8	REFERENCIAS	49

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Datos Parque Solar Sunnorte	8
Tabla 2. Puntos de Prueba Acordados	9
Tabla 3. Familia de curvas PQ en función de la tensión en el PC.....	10
Tabla 4. Equipos de Medición	11
Tabla 5. Detalle de Conexión del Equipo Registrador de Datos	11
Tabla 6. Cálculo de Errores en la Medida.....	12
Tabla 7. Puntos obtenidos en pruebas	14
Tabla 8. Puntos Reportados	48
Tabla 9. Intentos de pruebas	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Curva de Capabilidad Declarada y Puntos de Prueba Acordados	9
Figura 2. Diagrama PQ, cambios de tensión 0,9 a 0,95 p,u en el PC	10
Figura 3. Diagrama PQ, cambios de tensión 1,05 a 1,10 p,u en el PC	11
Figura 4. Curva de Capabilidad Verificada Modo Control Voltaje.	24
Figura 5. Curva de Capabilidad Verificada Modo Control Reactiva.....	25
Figura 6. Curva de Capabilidad Verificada Modo Control Factor Potencia.....	26
Figura 7. Detalle entrega de reactiva modo control voltaje.	27
Figura 8. Detalle entrega de reactiva modo control potencia reactiva.	27
Figura 9. Detalle entrega de reactiva modo control factor de potencia.	28
Figura 10. Detalle de absorción reactiva modo control voltaje.	29
Figura 11. Detalle de absorción reactiva modo control reactiva.	29
Figura 12. Detalle de absorción reactiva modo control factor de potencia.	30
Figura 13. Registro Punto N° 1, Modo Control Tensión.	31
Figura 14. Registro Punto N° 1, Modo Control Reactiva.	31
Figura 15. Registro Punto N° 1, Modo Control Factor Potencia.	32
Figura 16. Registro Punto N° 2, Modo Control Tensión.	32
Figura 17. Registro Punto N° 2, Modo Control Reactiva.	33
Figura 18. Registro Punto N° 2, Modo Control Factor Potencia.	33
Figura 19. Registro Punto N° 3, Modo Control Tensión.	34
Figura 20. Registro Punto N° 3, Modo Control Reactiva.	34
Figura 21. Registro Punto N° 3, Modo Control Factor Potencia.	35
Figura 22. Registro Punto N° 4, Modo Control Tensión.	35
Figura 23. Registro Punto N° 4, Modo Control Reactiva.	36
Figura 24. Registro Punto N° 4, Modo Control Factor Potencia.	36
Figura 25. Registro Punto N° 5, Modo Control Tensión.	37
Figura 26. Registro Punto N° 5, Modo Control Reactiva.	37
Figura 27. Registro Punto N° 5, Modo Control Factor Potencia.	38
Figura 28. Registro Punto N° 6, Modo Control Tensión.	38
Figura 29. Registro Punto N° 6, Modo Control Reactiva.	39
Figura 30. Registro Punto N° 6, Modo Control Factor Potencia.	39
Figura 31. Registro Punto N° 7, Modo Control Tensión.	40
Figura 32. Registro Punto N° 7, Modo Control Reactiva.	40
Figura 33. Registro Punto N° 7, Modo Control Factor Potencia.	41
Figura 34. Registro Punto N° 8, Modo Control Tensión.	41
Figura 35. Registro Punto N° 8, Modo Control Reactiva.	42
Figura 36. Registro Punto N° 8, Modo Control Factor Potencia.	42
Figura 37. Registro Punto N° 9, Modo Control Tensión.	43
Figura 38. Registro Punto N° 9, Modo Control Reactiva.	43
Figura 39. Registro Punto N° 9, Modo Control Factor Potencia.	44

Figura 40. Registro Punto N° 10, Modo Control Tensión.	44
Figura 41. Registro Punto N°10, Modo Control Reactiva.	45
Figura 42. Registro Punto N° 10, Modo Control Factor Potencia.	45
Figura 43. Curva de Capabilidad Definitiva y a Declarar.....	46

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1, Certificado de calibración Registrador de medida,

1 INTRODUCCIÓN

El presente informe documenta los resultados obtenidos en la auditoría de las **Pruebas de Verificación de Curva de Capacidad** realizadas en el Parque Solar Sunnorte, basadas en los lineamientos establecidos en la regulación vigente.

- CREG 135 de 2013 – La cual modifica la Resolución CREG 025 de 1995 que establece el Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional.
- CREG 025 de 1995 – La cual establece el Código de Redes, como parte del Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional.
- CREG 060 de 2019 – Por la cual se hacen modificaciones y adiciones transitorias al Reglamento de Operación para permitir la conexión y operación de plantas solares fotovoltaicas y eólicas en el SIN y se dictan otras disposiciones.
- CREG 229 de 2021 - Por la cual se adiciona un inciso al final del literal b) del numeral 5.7 del Código de Operación, Resolución CREG 025 de 1995, modificado por el artículo 14 de la Resolución CREG 060 de 2019.
- Acuerdo CNO 1563 – El cual se establece el "Procedimiento para la realización de las pruebas de verificación de la curva de capacidad de las plantas de generación y autogeneradores eólicos y solares fotovoltaicas conectados al STN y STR.
- Acuerdo CNO 1546 Por el cual se aprueban las curvas de potencia reactiva en función de la tensión (Q-V) que ajustan la curva PQ establecida en la Resolución CREG 060 de 2019 en el punto de conexión de las plantas solares y eólicas que se conecten al STN y al STR.

1.1 Nomenclatura

- FP: Factor de potencia.
- P: Potencia activa [MW].
- Q: Potencia reactiva [Mvar].
- V: Tensión en la frontera comercial.
- VREF: Referencia de tensión.
- PPC: Power Plant Controller.

2 DATOS GENERALES DE LA AUDITORÍA

2.1 Central Bajo Prueba

- **Central:** Parque Solar Sunnorte.
- **Punto de conexión:** Ocaña 115 KV.
- **Auditor:** Ingeniero Rolando Guisao Vélez y Francisco Gafaro G.
- **Fecha de las Pruebas:** 22 al 29 de febrero de 2024.
- **Fecha de las Pruebas:** 29 de abril de 2024, desarrollo de pruebas en el punto de potencia mínima (3,5MW, 3,5Mvar y -3,5Mvar).

3 INFORMACIÓN DE LA PLANTA SOLAR

A continuación, se relacionan los datos técnicos de la planta de generación auditada.

3.1 Datos y Características Generales de la Planta

La planta solar fotovoltaica Sunnorte de Ecoener con CEN de 35 MW se ubica en el municipio de Ocaña Norte de Santander. La capacidad total instalad en AC son 38,37 MVA, que corresponden a 109 inversores de la referencia SG350HX del fabricante SunGrow con una capacidad nominal de 352 KVA cada uno, con una tensión nominal de 800 V.

La planta está conformada por seis centros de transformación de 0,8 / 34,5 kV. Cinco de los seis centros de transformación utilizan un transformador elevador tridevanado de 6,4 MVA. En el centro de transformación restante se usa un transformador elevador bidevanado de 3,15 MVA. A cuatro de los cinco centros de transformación con capacidad de 6,4 MVA se conectan 20 inversores. Al centro de transformación de 6,4 MVA se conectan 19 inversores. Al centro de transformación de 3,15 MVA se conectan 10 inversores.

Los centros de transformación se conectan a nivel de 34,5 kV a la subestación Ocaña del SIN por medio de dos circuitos. El primer circuito conecta tres centros de transformación de 6,4 MVA, conectados radialmente entre sí, con la subestación Ocaña. El segundo circuito conecta dos centros de transformación de 6,4 MVA y el centro de transformación de 3,15 MVA con la subestación Ocaña.

En la subestación Ocaña, por medio de un transformador 34,5/115 kV de 45 MVA, la planta se conecta al SIN.

Las características técnicas generales de la planta solar SunNorte 35 MW, se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 1. Datos Parque Solar Sunnorte

Parámetro	Valor	Unidad
Fabricante Inversores	Sungrow	-
Referencia de los inversores	SG350HX	-
Número de inversores	109	-
Potencia Nominal Punto de Conexión	38,37	MVA
Tensión Nominal Punto de Conexión	115 KV	kV
Potencia Activa (Declarada)	35	MW
Corriente Nominal de la Planta	250	A
Tensión Nominal en Bornes de Inversor	800	VDC
Tensión nominal alta tensión del transformador de generación	115	kV

3.2 Curva de Capabilidad Declarada y Puntos de Prueba Acordados

En la Figura 1, se presentan los puntos de prueba acordados a verificar y la curva de capacidad declarada del Parque Solar, considerando una tensión en el punto de conexión 0,95 a 1,05 p.u.

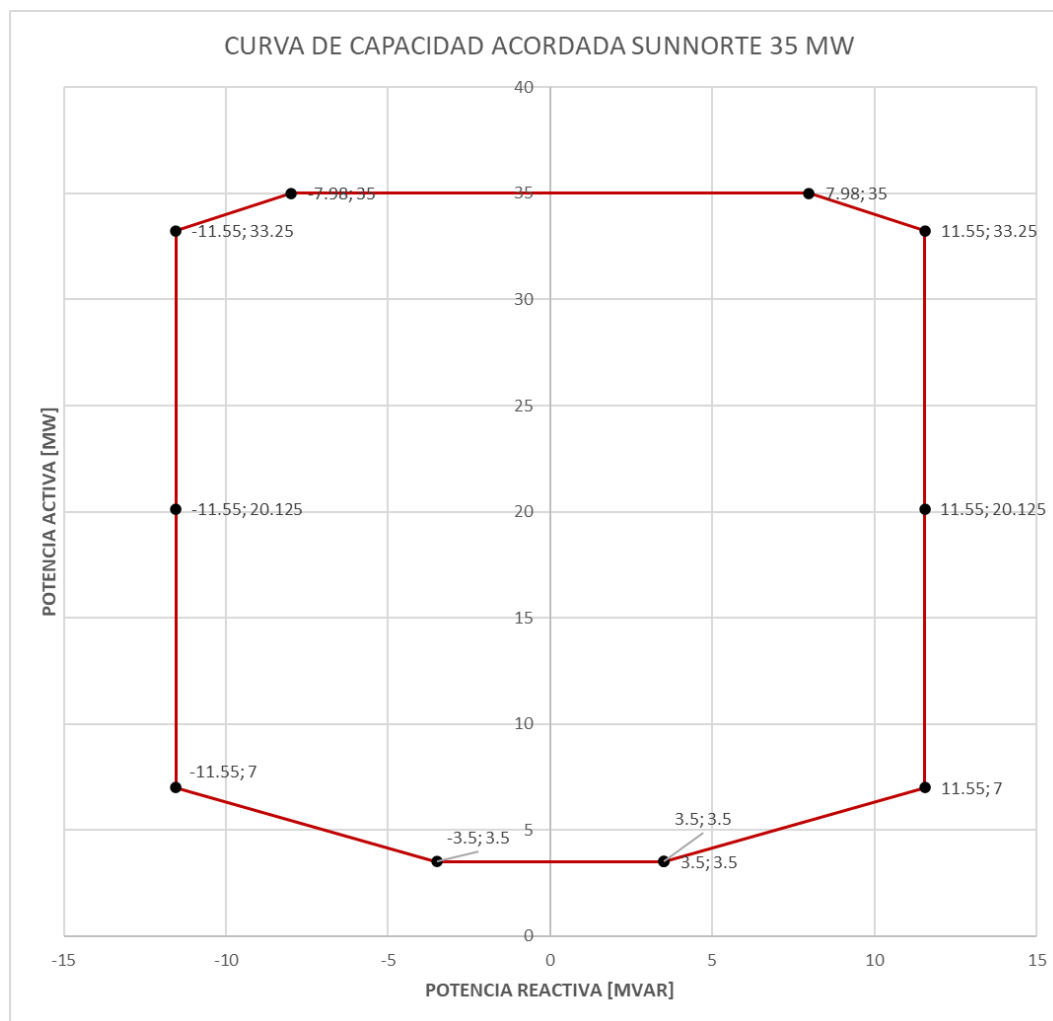


Figura 1. Curva de Capacidad Declarada y Puntos de Prueba Acordados

De acuerdo a lo establecido por el Acuerdo 1563 de 2022, Parque Solar Sunnorte, y el Centro Nacional de Despacho CND, acordaron los puntos de prueba; siendo establecidos con base a la curva de capacidad declarada.

Tabla 2. Puntos de Prueba Acordados

Entrega de Reactiva		Absorción de Reactiva	
P [MW]	Q [Mvar]	P [MW]	Q [Mvar]
3,5	3,5	3,5	-3,5
7,00	11,55	7,00	-11,55
20,125	11,55	20,125	-11,55
33,25	11,55	33,25	-11,55
35,00	7,98	35,00	-7,98

A continuación se presenta la familia de curvas en el punto de conexión en función del cambio de tensión entre 0,9 a 1,1 p.u en el punto de conexión (PC), acorde a lo indicado en el acuerdo CNO 1546.

Tabla 3. Familia de curvas PQ en función de la tensión en el PC

P [MW] en PC	Q [Mvar] en función de la tensión en el PC											
	0,90 p,u	0,91 p,u	0,92 p,u	0,93 p,u	0,94 p,u	0,95 p,u	1,05 p,u	1,06 p,u	1,07 p,u	1,08 p,u	1,09 p,u	1,10 p,u
35	7,98	7,98	7,98	7,98	7,98	7,98	7,98	6,384	4,788	3,192	1,596	0,000
33,25	11,55	11,55	11,55	11,55	11,55	11,55	11,55	9,24	6,93	4,62	2,31	0,000
20,125	11,55	11,55	11,55	11,55	11,55	11,55	11,55	9,24	6,93	4,62	2,31	0,000
7	11,55	11,55	11,55	11,55	11,55	11,55	11,55	9,24	6,93	4,62	2,31	0,000
3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	2,8	2,1	1,4	0,7	0,000
3,5	0,000	-0,7	-1,4	-2,1	-2,8	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5	-3,5
7	0,000	-2,31	-4,62	-6,93	-9,24	-11,55	-11,55	-11,55	-11,55	-11,55	-11,55	-11,55
20,125	0,000	-2,31	-4,62	-6,93	-9,24	-11,55	-11,55	-11,55	-11,55	-11,55	-11,55	-11,55
33,25	0,000	-2,31	-4,62	-6,93	-9,24	-11,55	-11,55	-11,55	-11,55	-11,55	-11,55	-11,55
35	0,000	-1,596	-3,192	-4,788	-6,384	-7,98	-7,98	-7,98	-7,98	-7,98	-7,98	-7,98

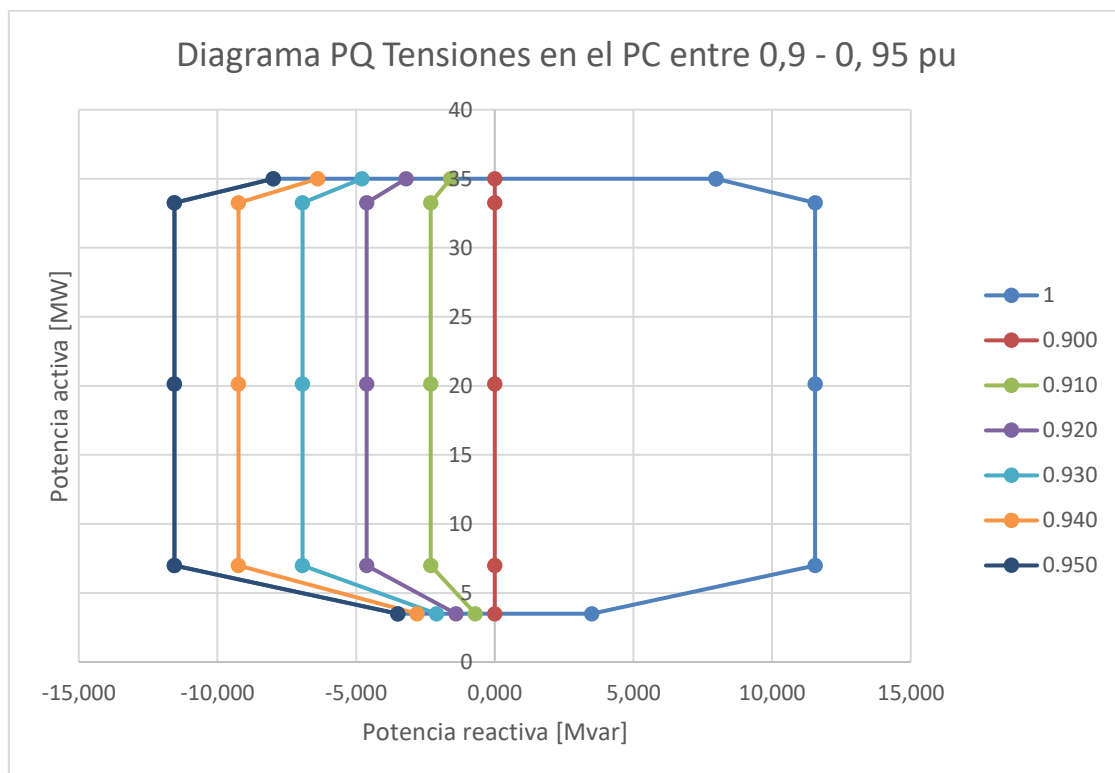


Figura 2. Diagrama PQ, cambios de tensión 0,9 a 0,95 p,u en el PC

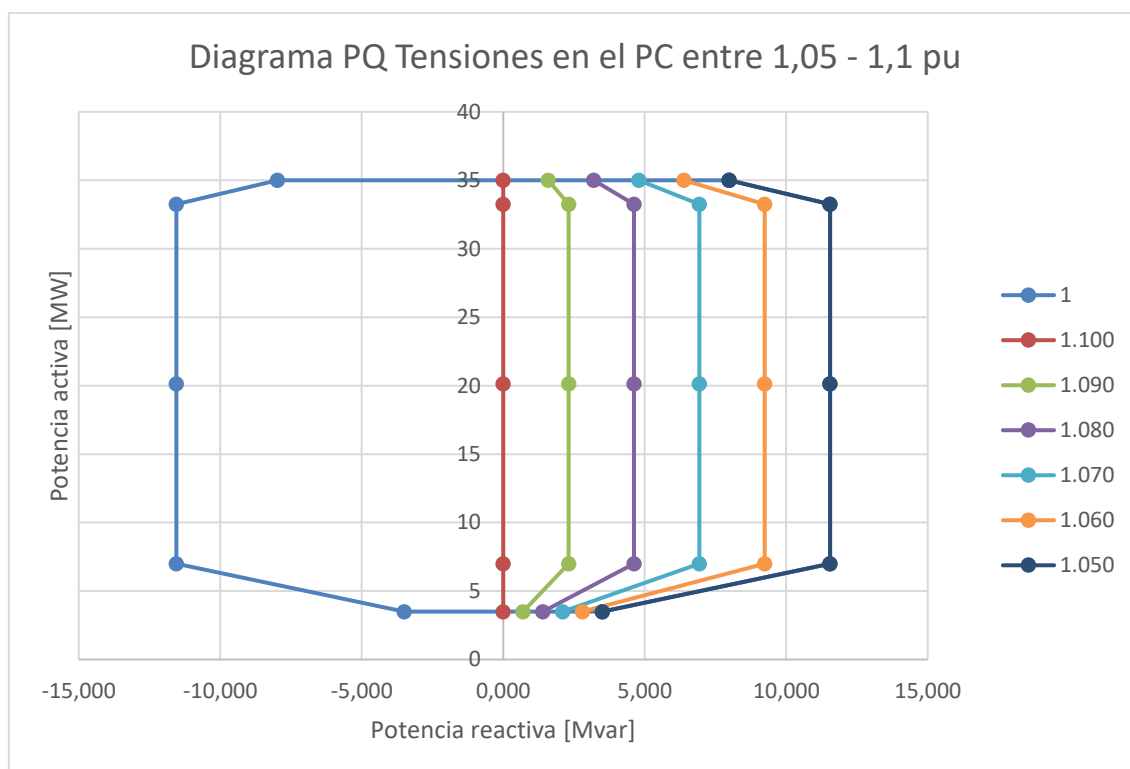


Figura 3. Diagrama PQ, cambios de tensión 1,05 a 1,10 p,u en el PC

4 EQUIPOS Y PUNTOS DE MEDICIÓN

4.1 Equipos Empleados

Para las mediciones realizadas se emplearon los equipos listados a continuación:

Tabla 4. Equipos de Medición

Equipo	Marca	Modelo	Número de serie	Relación Transformación	Clase [%]
Registrador	REIVAX	MAX10	-	-	1
CT	-	-	--	250/5 A	0,2
PT	-	-	-	115.000/115 V	0,2

4.2 Punto de Conexión

Para el registro de los puntos de prueba acordados, se tomaron los siguientes puertos y señales de medida de los diferentes tableros de medida, tal y como muestra el detalle de conexiones presentado en la Tabla 5.

Tabla 5. Detalle de Conexión del Equipo Registrador de Datos

Medición	Tablero	Borne	Escala	Equipo Utilizado
Tensión en PC	Tablero Medición +Q01	-X137:1A, Fase A -X137:3A, Fase B -X137:5A, Fase C	115.000/115 V	Registrador

Medición	Tablero	Borne	Escala	Equipo Utilizado
Corriente en PC	Tablero Medición +Q01	-X117:1A, Fase A -X117:3A, Fase B -X117:5A, Fase C	250/5 A	Registrador
Potencia Activa	-	-	-	Registrador
Potencia Reactiva	-	-	-	Registrador

5 CÁLCULO DE ERRORES

Con base en la información registrada de las variables eléctricas de la planta, se presenta la metodología de cálculo de los errores de medición con base en lo indicado en [3], los cuales son calculados acorde a las ecuaciones presentadas a continuación:

$$Emr = \sqrt{\left(\left(\frac{E_{CT}}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{E_{PT}}{\sqrt{3}}\right)^2 + E_R^2\right)} \quad [\text{Ecuación 3}]$$

$$Ema = \sqrt{3} \times Emr \times CT_{prim} \times PT_{prim} \quad [\text{Ecuación 4}]$$

Donde:

Emr: Error relativo a la medida, en función del error del CT, PT y registrador.

Ema: Error absoluto de la medición.

Ect: Precisión transformador de corriente.

Ept: Precisión transformador de tensión.

Er: Error relativo.

CTprim: Devanado de alta del transformador de corriente.

PTprim: Devanado de alta del transformador de tensión.

Las fuentes de error en las pruebas de la planta de generación solar corresponden a: los puntos de conexión, precisión de los transformadores de instrumentación y equipos de adquisición de datos. A continuación, se presentan los grupos de incertidumbre a considerar en las señales medidas.

- Incertidumbre de calibración en los transformadores de instrumentación y demás equipos usados.
- Incertidumbre debida a protocolos e instrumentación en la instalación.
- Incertidumbre en la adquisición de datos.
- Incertidumbre debida a métodos y otros efectos.

No se consideran errores asociados a Instalación de Equipos para instrumentación (Sensores), dado que todas las señales a registrar se toman desde el tablero de medida. Considerando las fuentes de error propias, se evalúa el máximo error posible, de este modo el cálculo de error relativo y absoluto queda como se muestra a continuación:

Tabla 6. Cálculo de Errores en la Medida

Errores de Equipos de Medida	
Ect [%]	0,2
Ept [%]	0,2
Er	0,010

Error relativo de la medida	
Emr	0,010

Error absoluto en la medida de potencia reactiva	
CTprim [A]	250
PTprim [V]	115,000
Ema [Mvar]	0,505

6 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

6.1 Tabla de Resultados

Las pruebas se llevaron acaba siguiendo el procedimiento establecido en el Anexo 1 del Acuerdo C.N.O 1563. La Tabla 7 detalla los puntos obtenidos de las pruebas realizadas el Parque Solar Sunnorte,

- Las columnas de P y Q esperada presentan los puntos acordados para las pruebas, conforme se indica en la Tabla 2.
- Las columnas de promedio P medido, Q medida y Tensión (kV y p.u), presentan el valor promedio de puntos obtenidos durante la prueba.
- En el Anexo 2 adjunto se presentan los datos tomados durante las pruebas de campo.

Tabla 7. Puntos obtenidos en pruebas

Punto	Región	Modo de control	Fecha y hora	P esperada (MW)	Q esperada (MVAR)	P medida (MW)	Q medida (MVAR)	Qcorregida (MVAR)	Tensión PC (P.U)	Cumple	Causa Limitación	Observaciones
1	Entrega de reactiva	V	29/04/2024 9:38 AM	3,5	3,5	3.49	3.53	No aplica.	1.01	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la primera comunicación con el CND (9:31 am del 29 de abril), en la cual se comunica la pertinencia del desarrollo de las pruebas de los puntos 3,5 MW, 3,5MVAR y -3,5 MVAR. Bajo las condiciones operativas presentes y el cumplimiento de todos los requisitos presentados en el acuerdo CNO 1563. Por parte del auditor se evidencia el correcto ajuste y funcionamiento de los limitadores de potencia reactiva, además se evidencia la no presencia de alarmas durante las verificaciones iniciales. Estas pruebas se realizan para la validación del punto de prueba a mínima carga (3,5MW, 3,5MVAR, -3,5MVAR). Se realizan todas las maniobras operativas en conjunto con el CND, alcanzando un voltaje en el nodo

AUDITORIA PRUEBAS DE VERIFICACION DE CURVA DE CAPACIDAD
PARQUE SOLAR SUNNORTE



Punto	Región	Modo de control	Fecha y hora	P esperada (MW)	Q esperada (MVAR)	P medida (MW)	Q medida (MVAR)	Q corregida (MVAR)	Tensión PC (P.U)	Cumple	Causa Limitación	Observaciones
2				7	11,55			No aplica.				de 116,23 kV, se procede a mantener las condiciones operativas por 5 minutos.
		Q	29/04/2024 9:47 AM			3.49	3.48		1.01	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la conmutación a modo de control Q, se mantienen las condiciones operativas del punto de prueba, se procede a mantener la planta por un minuto. La tensión en el nodo de 115 kV alcanzó un valor de 116,22 kV. No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.
		FP	29/04/2024 9:51 AM			3.49	3.48		1.01	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la conmutación a modo de control factor de potencia, se mantienen las condiciones operativas del punto de prueba, se procede a sostener la planta por un minuto. La tensión en el nodo de 115 kV alcanzó un valor de 115,8 kV. No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.
		V	22/02/2024 11:50 AM	7	11,55	7,14	11,38	No aplica.	1,03	Si	Limite técnico de la planta	Se realizan todas las maniobras operativas en conjunto con el CND, alcanzando un voltaje en el nodo de 120,44 kV, se procede a mantener las condiciones operativas por 5 minutos.
		Q	22/02/2024 12:01 PM			7,14	11,38		1,03	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la conmutación a modo de control Q, se mantienen las condiciones operativas del punto de prueba, se procede a sostener la planta por un minuto. La tensión en el nodo de 115 kV alcanzo un valor de 119,2 kV.

AUDITORIA PRUEBAS DE VERIFICACION DE CURVA DE CAPACIDAD
PARQUE SOLAR SUNNORTE



Punto	Región	Modo de control	Fecha y hora	P esperada (MW)	Q esperada (MVAR)	P medida (MW)	Q medida (MVAR)	Q corregida (MVAR)	Tensión PC (P.U)	Cumple	Causa Limitación	Observaciones
3												No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.
		FP	22/02/2024 12:06 PM			7,14	11,37		1,03	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la conmutación a modo de factor de potencia, se mantienen las condiciones operativas del punto de prueba, se procede a mantener la planta por un minuto. La tensión en el nodo de 115 kV alcanzo un valor de 120,2 kV. No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.
		V	24/02/2024 11:43 AM	20,125	11,55	21,00	11,26	No aplica.	1,04	Si	Limite técnico de la planta	Se procede a tener la planta en modo control de tensión. Se realizan todas las maniobras operativas en conjunto con el CND alcanzando un voltaje en el nodo de 121 kV, se procede a mantener las condiciones operativas por 5 minutos. No se presentan señales de alarmas en transformadores, además se evidencia la correcta actuación de los limitadores de potencia reactiva.
		Q	24/02/2024 11:55 AM			21,03	11,26		1,04	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la conmutación a modo de control Q, se mantienen las condiciones operativas del punto de prueba, se procede a sostener la planta por un minuto. La tensión en el nodo de 115 kV alcanzo un valor de 121,3 kV. No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.

AUDITORIA PRUEBAS DE VERIFICACION DE CURVA DE CAPACIDAD
PARQUE SOLAR SUNNORTE



Punto	Región	Modo de control	Fecha y hora	P esperada (MW)	Q esperada (MVAR)	P medida (MW)	Q medida (MVAR)	Q corregida (MVAR)	Tensión PC (P.U)	Cumple	Causa Limitación	Observaciones
		FP	24/02/2024 12:00 PM			21,01	11,27		1,04	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la conmutación a modo de factor de potencia, se mantienen las condiciones operativas del punto de prueba, se procede a mantener la planta por un minuto. La tensión en el nodo de 115 kV alcanzo un valor de 121,43 kV. No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.
4		V	29/02/2024 12:01 PM	33,25	11,55	33,46	11,23	No aplica.	1,04	Si	Limite técnico de la planta	12:10 am se realiza la comunicación con el CND para el desarrollo de las pruebas, se procede a tener la planta en modo control de tensión. Durante el desarrollo de las pruebas se evidencia el correcto ajuste y funcionamiento de los limitadores de potencia reactiva y todos los inversores se encuentran en correcto funcionamiento. Se realizan todas las maniobras operativas en conjunto con el CND, alcanzando un voltaje en el nodo de 120,23 kV, se procede a mantener las condiciones operativas por 5 minutos
		Q	29/02/2024 12:11 PM			33,76	11,34		1,04	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la conmutación a modo de control Q, se mantienen las condiciones operativas del punto de prueba, se procede a sostener la planta por un minuto. La tensión en el nodo de 115 kV alcanzo un valor de 120,23 kV. No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.

AUDITORIA PRUEBAS DE VERIFICACION DE CURVA DE CAPACIDAD
PARQUE SOLAR SUNNORTE



Punto	Región	Modo de control	Fecha y hora	P esperada (MW)	Q esperada (MVAR)	P medida (MW)	Q medida (MVAR)	Q corregida (MVAR)	Tensión PC (P.U)	Cumple	Causa Limitación	Observaciones
		FP	29/02/2024 12:14 PM			33,76	11,34		1,04	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la conmutación a modo de factor de potencia, se mantienen las condiciones operativas del punto de prueba, se procede a mantener la planta por un minuto. La tensión en el nodo de 115 kV alcanzo un valor de 120,29 kV. No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.
5		V	29/02/2024 12:19 PM	35	7,98	34,96	7,95	No aplica.	1,04	Si	Limite técnico de la planta	La planta en modo control de tensión. Durante el desarrollo de las pruebas se evidencia el correcto ajuste y funcionamiento de los limitadores de potencia reactiva y todos los inversores se encuentran en correcto funcionamiento. Se realizan todas las maniobras operativas en conjunto con el CND, alcanzando un voltaje en el nodo de 120,02 kV, se procede a mantener las condiciones operativas por 5 minutos. No se presentan alarmas y los cambiadores de tomas de los transformadores se encuentran en modo automático.
		Q	29/02/2024 12:25 PM			35,00	7,77		1,04	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la conmutación a modo de control Q, se mantienen las condiciones operativas del punto de prueba, se procede a sostener la planta por un minuto. La tensión en el nodo de 115 kV alcanzo un valor de 120,12 kV. No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.

AUDITORIA PRUEBAS DE VERIFICACION DE CURVA DE CAPACIDAD
PARQUE SOLAR SUNNORTE



Punto	Región	Modo de control	Fecha y hora	P esperada (MW)	Q esperada (MVAR)	P medida (MW)	Q medida (MVAR)	Q corregida (MVAR)	Tensión PC (P.U)	Cumple	Causa Limitación	Observaciones
		FP	29/02/2024 12:27 PM			35,00	7,86		1,04	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la conmutación a modo de factor de potencia, se mantienen las condiciones operativas del punto de prueba, se procede a mantener la planta por un minuto. La tensión en el nodo de 115 kV alcanzo un valor de 120,2 kV. No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.
6	Absorción de reactiva	V	29/04/2024 10:02 AM	3,5	-3,5	3.49	-3.49	No aplica.	1,01	Si	Limite técnico de la planta	Se realizan todas las maniobras operativas en conjunto con el CND, alcanzando un voltaje en el nodo de 116,23 kV, se procede a mantener las condiciones operativas por 5 minutos.
		Q	29/04/2024 10:14 AM			3.49	-3.47		1,01	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la conmutación a modo de control Q, se mantienen las condiciones operativas del punto de prueba, se procede a mantener la planta por un minuto. La tensión en el nodo de 115 kV alcanzó un valor de 116,22 kV. No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.
		FP	29/04/2024 10:18 AM			3.49	-3.48		1,01	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la conmutación a modo de control factor de potencia, se mantienen las condiciones operativas del punto de prueba, se procede a sostener la planta por un minuto. La tensión en el nodo de 115 kV alcanzó un valor de 115,8 kV. No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.

AUDITORIA PRUEBAS DE VERIFICACION DE CURVA DE CAPACIDAD
PARQUE SOLAR SUNNORTE



Punto	Región	Modo de control	Fecha y hora	P esperada (MW)	Q esperada (MVAR)	P medida (MW)	Q medida (MVAR)	Q corregida (MVAR)	Tensión PC (P.U)	Cumple	Causa Limitación	Observaciones
7		V	22/02/2024 11:02 AM	7	-11,55	6,89	-11,56	No aplica.	1,02	Si	Limite técnico de la planta	Se procede a tener la planta en modo control de tensión. Se realizan todas las maniobras operativas en conjunto con el CND (Cambios de taps de transformadores de la SE Ocaña), alcanzando un voltaje en el nodo de 119,4 kV, se procede a mantener las condiciones operativas por 5 minutos. No se evidencian problemas en los inversores, todos funcionado de manera adecuada, no se presentan alarmas en las protecciones ni cambiadores de tomas.
		Q	22/02/2024 11:10 AM			6,89	-11,56		1,02	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la conmutación a modo de control Q, se mantienen las condiciones operativas del punto de prueba, se procede a mantener la planta por un minuto. La tensión en el nodo de 115 kV alcanzó un valor de 118,2 kV. No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.
		FP	22/02/2024 11:43 AM			6,89	-11,56		1,02	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la conmutación a modo de factor de potencia, se mantienen las condiciones operativas del punto de prueba, se procede a mantener la planta por un minuto. La tensión en el nodo de 115 kV alcanzó un valor de 119,2 kV. No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.
8		V	24/02/2024 10:15 AM	20,125	-11,55	20,83	-11,68	No aplica.	1,03	Si	Limite técnico de la planta	Se procede a tener la planta en modo control de tensión. Se realizan todas las maniobras operativas en conjunto con el CND (Cambios de taps de

AUDITORIA PRUEBAS DE VERIFICACION DE CURVA DE CAPACIDAD
PARQUE SOLAR SUNNORTE



Punto	Región	Modo de control	Fecha y hora	P esperada (MW)	Q esperada (MVAR)	P medida (MW)	Q medida (MVAR)	Q corregida (MVAR)	Tensión PC (P.U)	Cumple	Causa Limitación	Observaciones
												transformadores de la SE Ocaña), alcanzando un voltaje en el nodo de 119,4 kV, se procede a mantener las condiciones operativas por 5 minutos. No se evidencian problemas en los inversores, los cuales están funcionando de manera adecuada. No se presentan alarmas en las protecciones ni cambiadores de tomas.
		Q	24/02/2024 10:23 AM			20,82	-11,68		1,03	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la conmutación a modo de control Q, se mantienen las condiciones operativas del punto de prueba, se procede a mantener la planta por un minuto. La tensión en el nodo de 115 kV alcanzó un valor de 119,3 kV. No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.
		FP	24/02/2024 10:27 AM			20,82	-11,67		1,03	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la conmutación a modo de factor de potencia, se mantienen las condiciones operativas del punto de prueba, se procede a mantener la planta por un minuto. La tensión en el nodo de 115 kV alcanzó un valor de 119,23 kV. No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.
9		V	26/02/2024 10:44 AM	33,25	-11,55	33,19	-11,71	No aplica.	1,02	Si	Limite técnico de la planta	Se procede a tener la planta en modo control de tensión. Se realizan todas las maniobras operativas en conjunto con el CND (Cambios de taps de transformadores de la SE Ocaña), alcanzando un

AUDITORIA PRUEBAS DE VERIFICACION DE CURVA DE CAPACIDAD
PARQUE SOLAR SUNNORTE



Punto	Región	Modo de control	Fecha y hora	P esperada (MW)	Q esperada (MVAR)	P medida (MW)	Q medida (MVAR)	Q corregida (MVAR)	Tensión PC (P.U)	Cumple	Causa Limitación	Observaciones
												voltaje en el nodo de 119,4 kV, se procede a mantener las condiciones operativas por 5 minutos. No se evidencian problemas en los inversores, todos funcionado de manera adecuada, no se presentan alarmas en las protecciones ni cambiadores de tomas.
		Q	26/02/2024 10:52 AM			33,25	-11,70		1,02	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la conmutación a modo de control Q, se mantienen las condiciones operativas del punto de prueba, se procede a mantener la planta por un minuto. La tensión en el nodo de 115 kV alcanzó un valor de 119,26 kV. No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.
		FP	24/02/2024 10:59 AM			33,25	-11,71		1,02	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la conmutación a modo de factor de potencia, se mantienen las condiciones operativas del punto de prueba, se procede a mantener la planta por un minuto. La tensión en el nodo de 115 kV alcanzó un valor de 119,47 kV. No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.
10		V	26/02/2024 11:03 AM	35	-7,98	34,76	-8,15	No aplica.	1,02	Si	Limite técnico de la planta	Se procede a tener la planta en modo control de tensión. Se realizan todas las maniobras operativas en conjunto con el CND (Cambios de taps de transformadores de la SE Ocaña), alcanzando un voltaje en el nodo de 119,45 kV, se procede a mantener las condiciones operativas por 5 minutos.

AUDITORIA PRUEBAS DE VERIFICACION DE CURVA DE CAPACIDAD
PARQUE SOLAR SUNNORTE



Punto	Región	Modo de control	Fecha y hora	P esperada (MW)	Q esperada (MVAR)	P medida (MW)	Q medida (MVAR)	Q corregida (MVAR)	Tensión PC (P.U)	Cumple	Causa Limitación	Observaciones
												No se evidencian problemas en los inversores, todos funcionado de manera adecuada, no se presentan alarmas en las protecciones ni cambiadores de tomas.
		Q	26/02/2024 11:10 AM			34,76	-8,18		1,02	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la conmutación a modo de control Q, se mantienen las condiciones operativas del punto de prueba, se procede a mantener la planta por un minuto. La tensión en el nodo de 115 kV alcanzó un valor de 119,6 kV. No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.
		FP	24/02/2024 11:13 AM			34,76	-8,32		1,02	Si	Limite técnico de la planta	Se realiza la conmutación a modo de factor de potencia, se mantienen las condiciones operativas del punto de prueba, se procede a mantener la planta por un minuto. La tensión en el nodo de 115 kV alcanzó un valor de 119,46 kV. No se presentan alarmas y todos los inversores funcionan de manera correcta.

6.2 Curva de Capacidad Verificada

En la Figura 4 se presenta la curva de capacidad verificada, donde se muestran los valores promedio esperados y los puntos de prueba acordados.

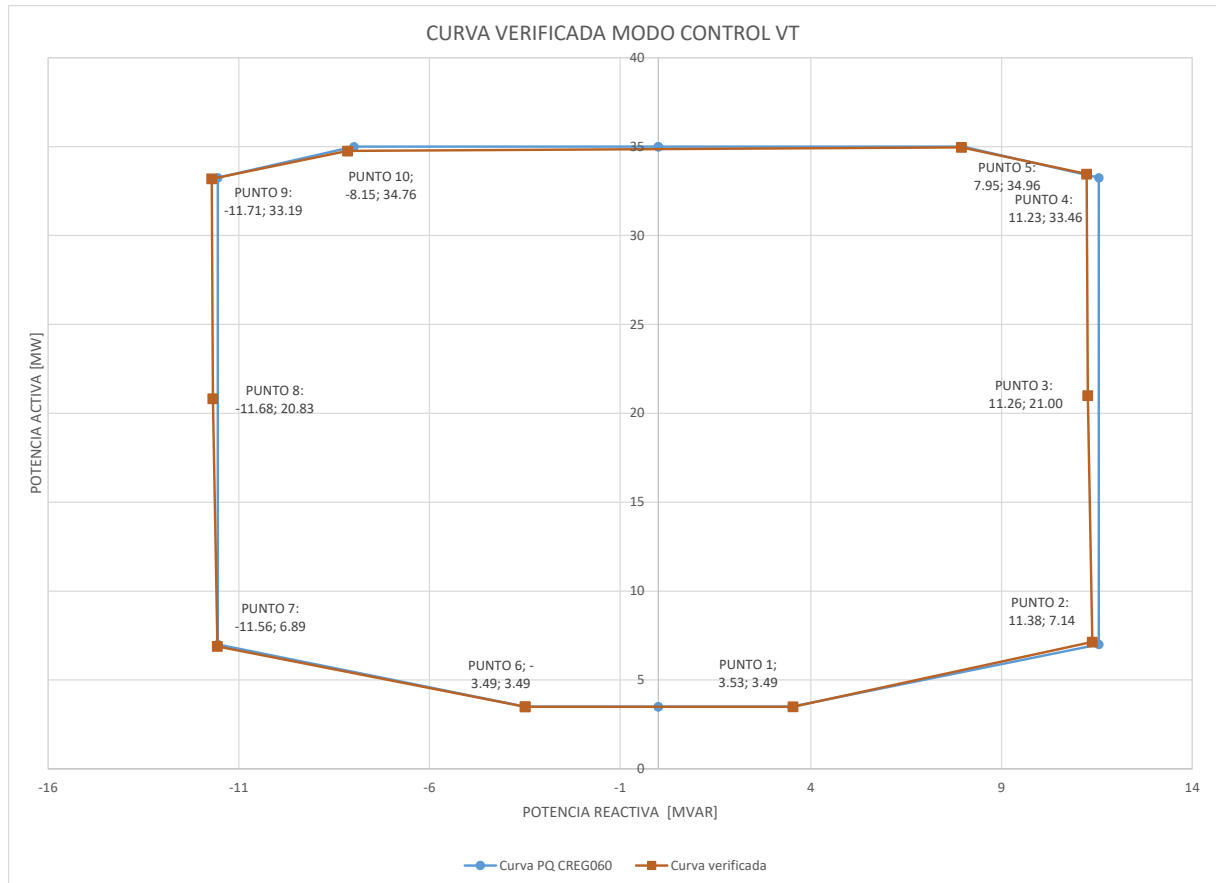


Figura 4. Curva de Capacidad Verificada Modo Control Voltaje.

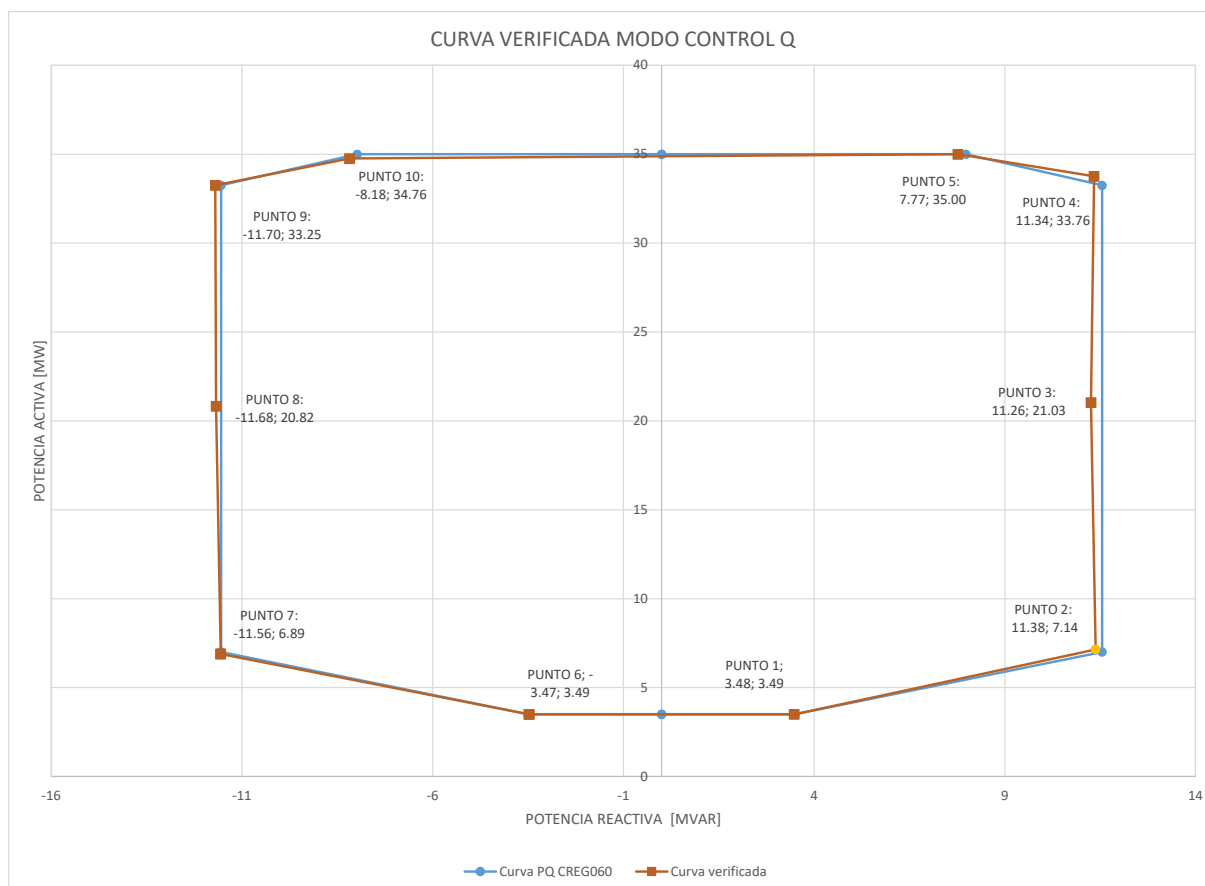


Figura 5. Curva de Capacidad Verificada Modo Control Reactiva.

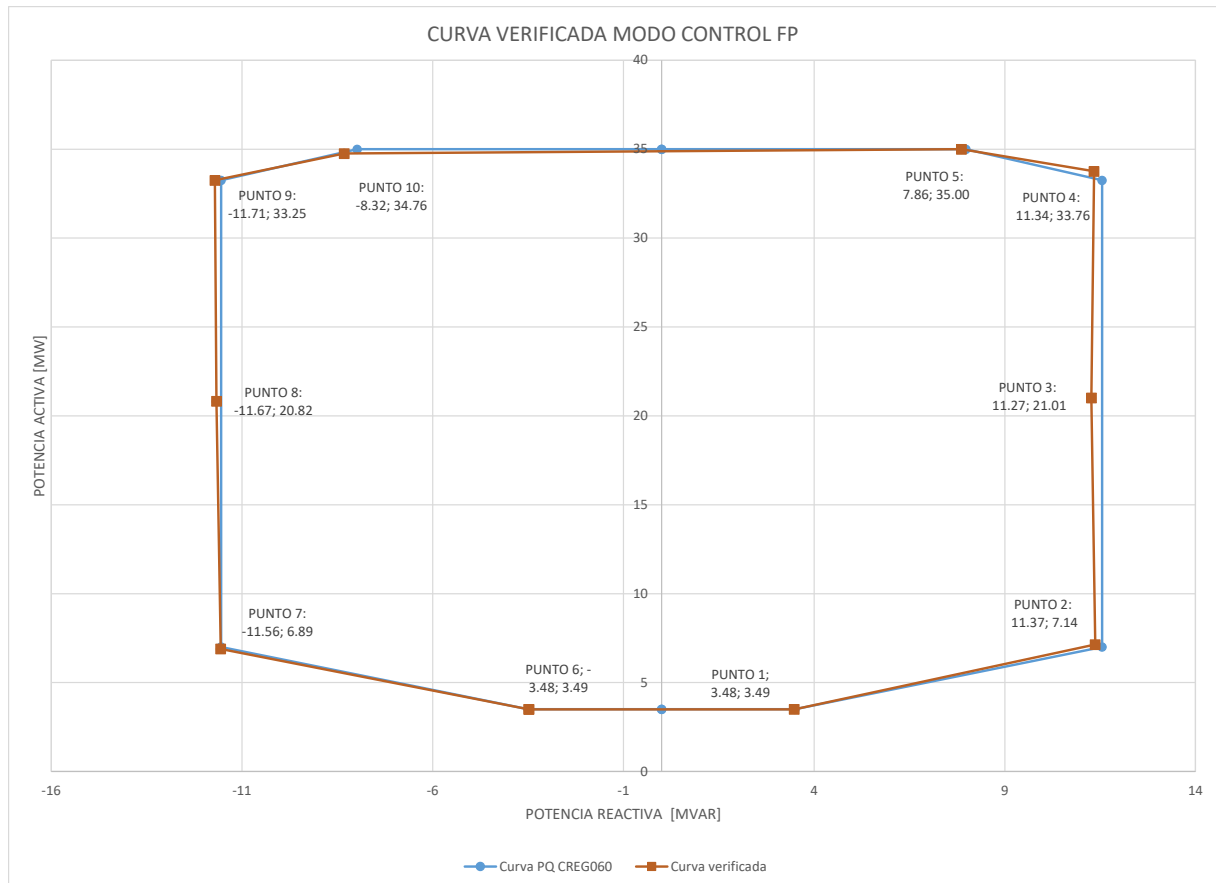


Figura 6. Curva de Capacidad Verificada Modo Control Factor Potencia.

6.3 Detalle de Evaluación de Cumplimiento

A continuación, se relacionan gráficamente los errores absolutos presentes en cada uno de los puntos medidos.

6.3.1 Detalle Región de Entrega de Reactiva

Desde la Figura 7 hasta la Figura 9 se presentan los puntos que hacen parte de la región de entrega de reactiva del Parque Solar Sunnorte.

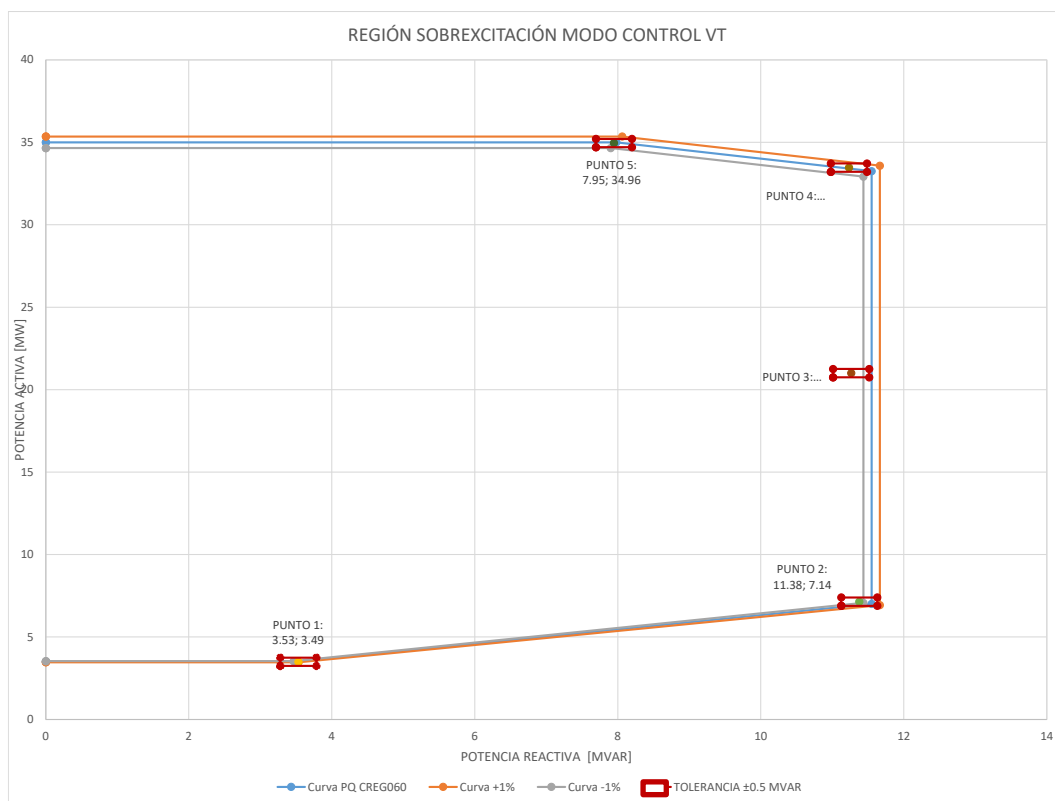


Figura 7. Detalle entrega de reactiva modo control voltaje.

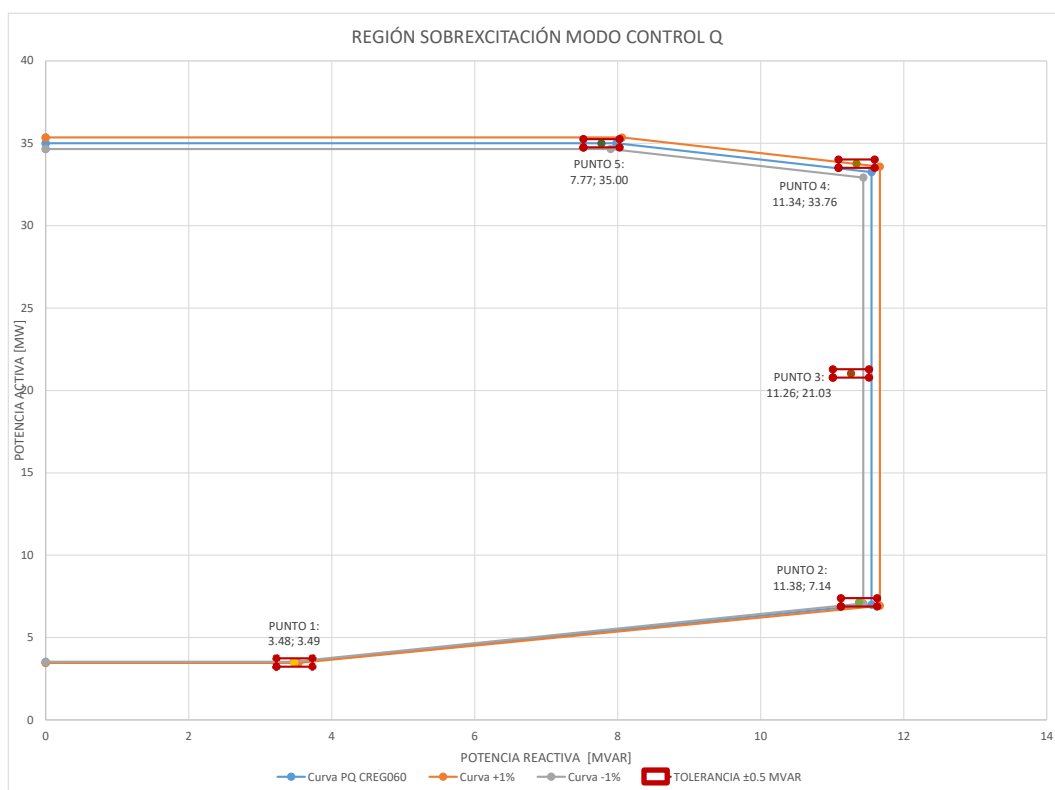


Figura 8. Detalle entrega de reactiva modo control potencia reactiva.

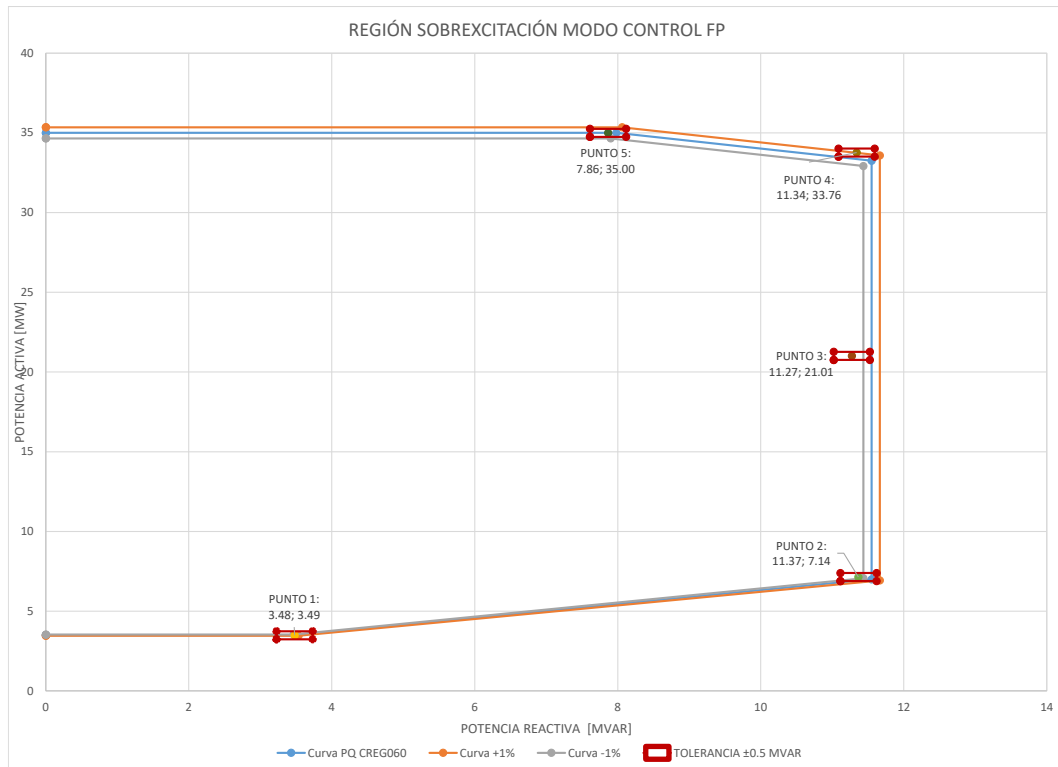


Figura 9. Detalle entrega de reactiva modo control factor de potencia.

De la Figura 7 hasta la Figura 9 se muestran los datos medidos en la región de entrega de potencia reactiva, en los modos de control voltaje, reactiva y factor de potencia, con las tolerancias asociadas al error de los equipos de medida, donde los puntos del rectángulo de tolerancia de error de medida para todos los puntos promedios registrados se encuentran dentro de la zona de tolerancia del 1,0% de la curva esperada. Se ejecutaron todas las consignas operativas recomendadas en el acuerdo CNO 1563 de 2022.

Bajo lo anterior, los puntos en la región de entrega de potencia reactiva se validan como punto objetivo alcanzado, dando la prueba como exitosa en la región bajo análisis.

6.3.2 Detalle de la Región de Absorción de Reactiva

En la Figura 10 se presentan los puntos que hacen parte de la región de absorción de reactiva del Parque Solar Sunnorte.

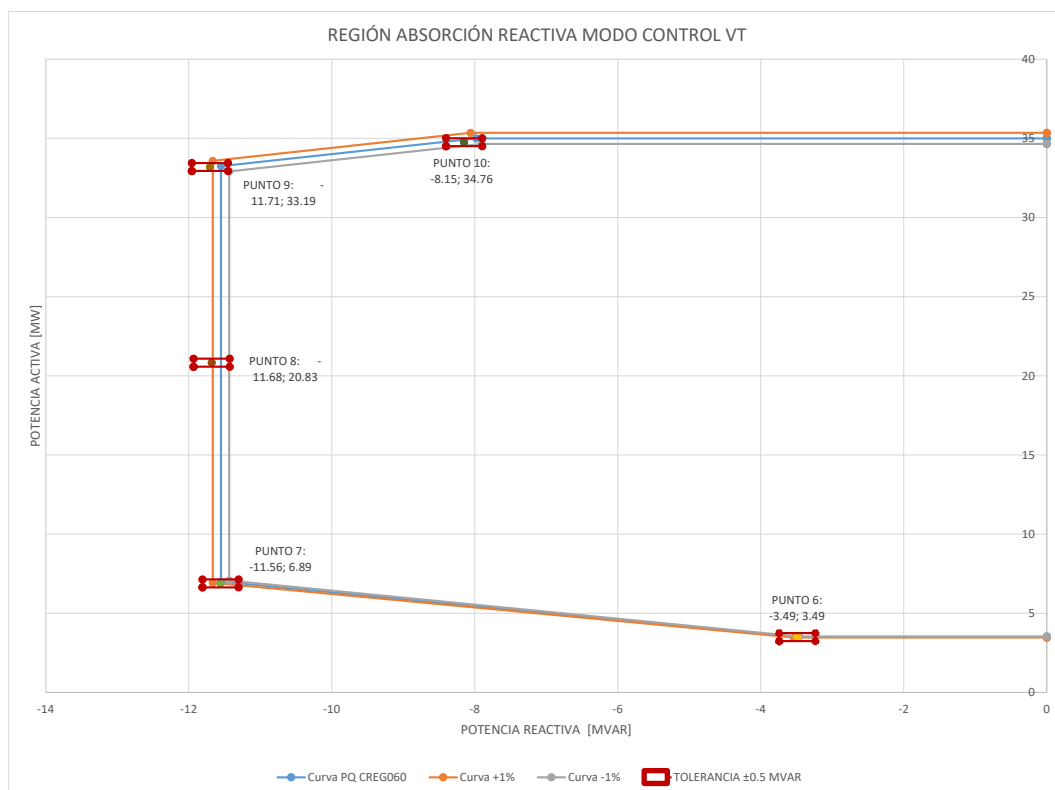


Figura 10. Detalle de absorción reactiva modo control voltaje.

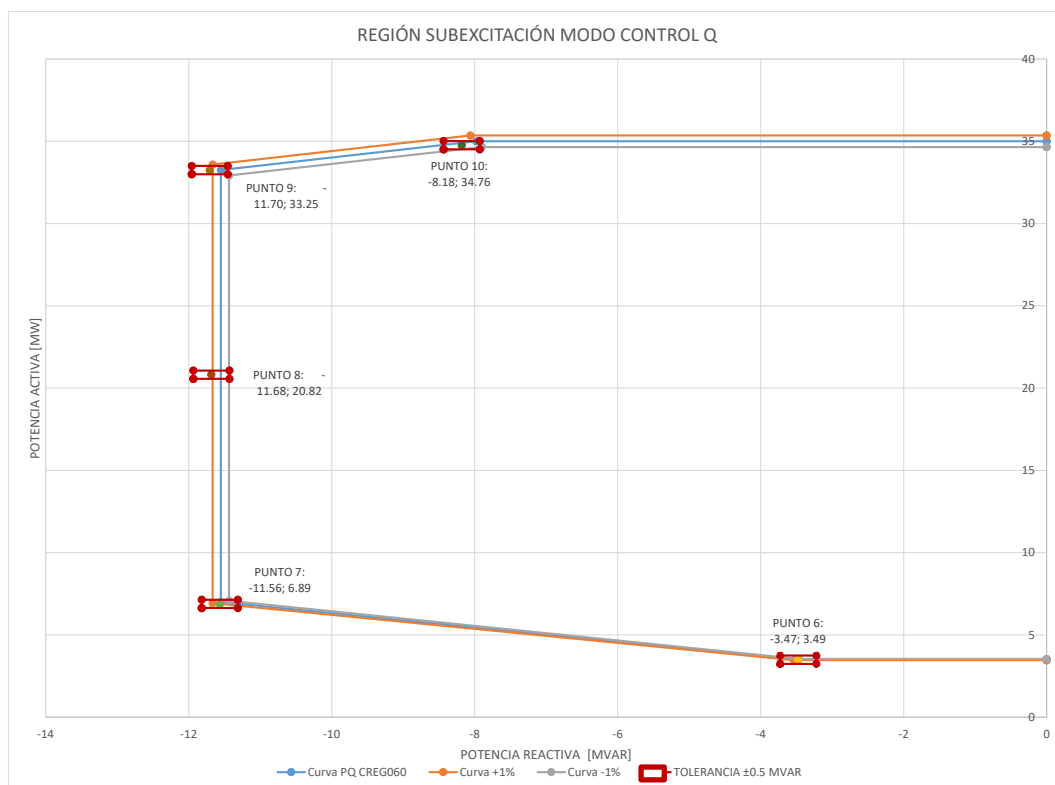


Figura 11. Detalle de absorción reactiva modo control reactiva.

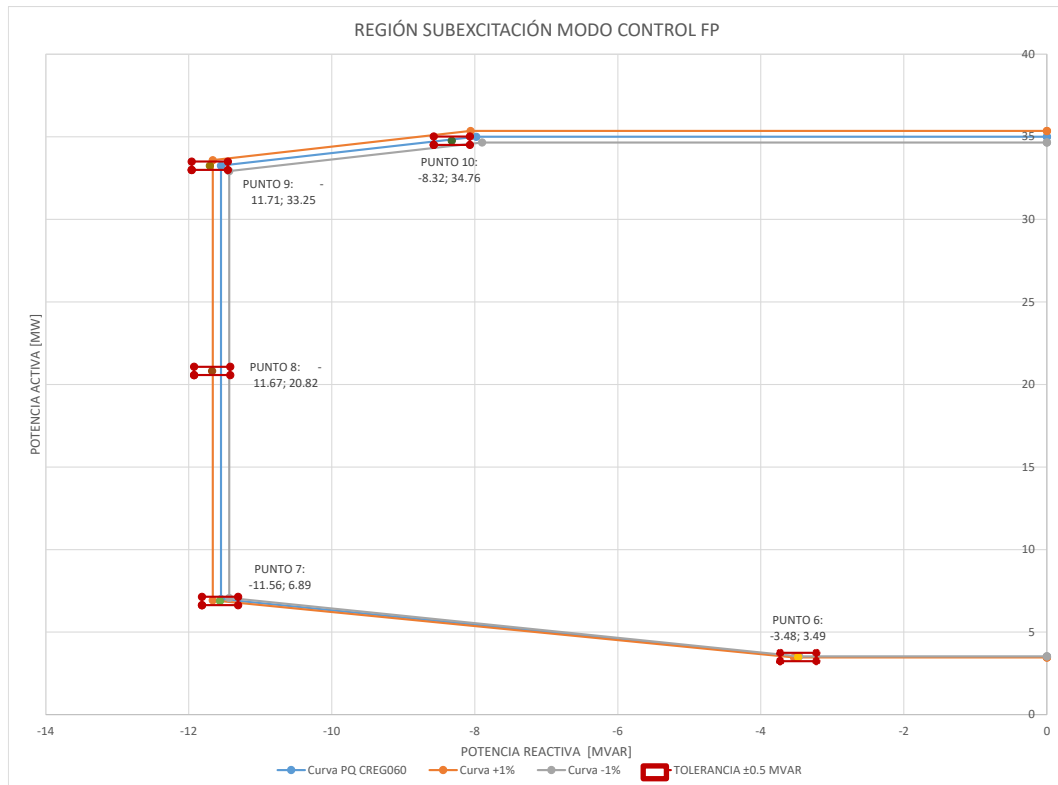


Figura 12. Detalle de absorción reactiva modo control factor de potencia.

De la Figura 10 hasta la Figura 12 se muestran los datos medidos en la región de absorción de potencia reactiva, en los modos de control voltaje, reactiva y factor de potencia, con las tolerancias asociadas al error de los equipos de medida, donde los puntos del rectángulo de tolerancia de error de medida para todos los puntos promedios registrados se encuentran dentro de la zona de tolerancia del 1,0% de la curva esperada. Se ejecutaron todas las consignas operativas recomendadas en el acuerdo CNO 1563 de 2022.

Bajo lo anterior, los puntos en la región de absorción de potencia reactiva se validan como punto objetivo alcanzado, dando la prueba como exitosa en la región bajo análisis.

6.4 Tendencias

A continuación, se presentan los registros obtenidos en el transcurso de las pruebas de verificación de curva de capacidad para el parque solar Sunnorte, de donde fueron obtenidos los parámetros presentados en la tabla del numeral 6.1.

6.4.1 Región de Entrega de Reactiva

A continuación, se presentan los registros obtenidos para cada una de las variables medidas para los puntos evaluados en la región de entrega de potencia reactiva.

6.4.1.1 Punto N° 1: P= 3,5 MW y Q= 3,5 Mvar

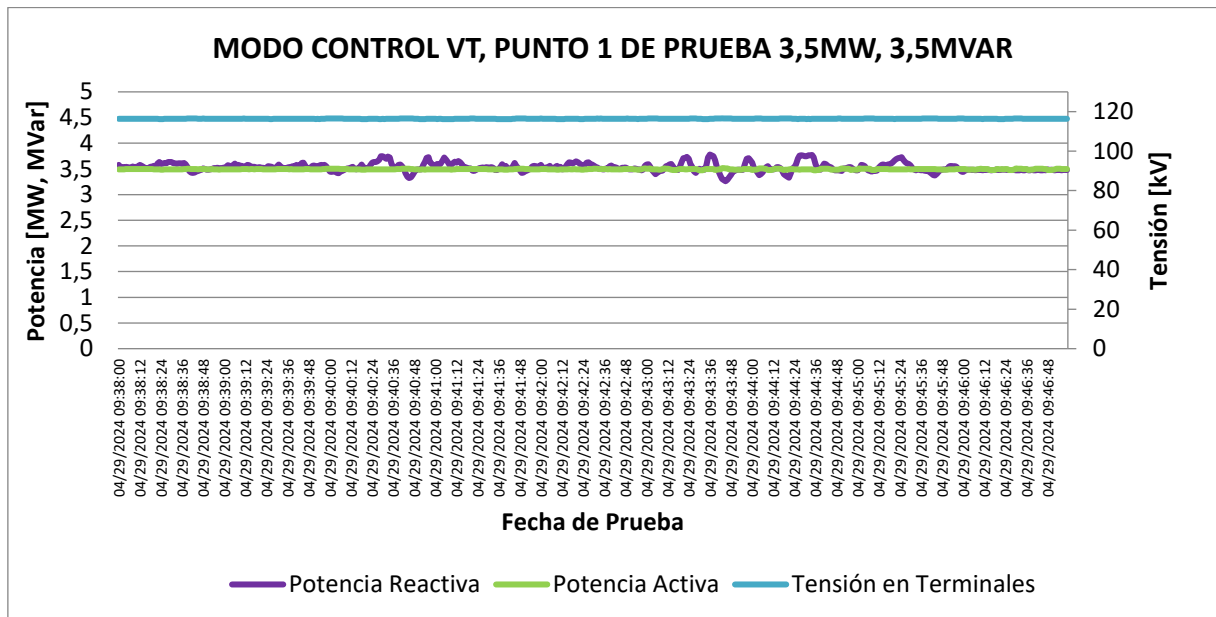


Figura 13. Registro Punto N° 1, Modo Control Tensión.

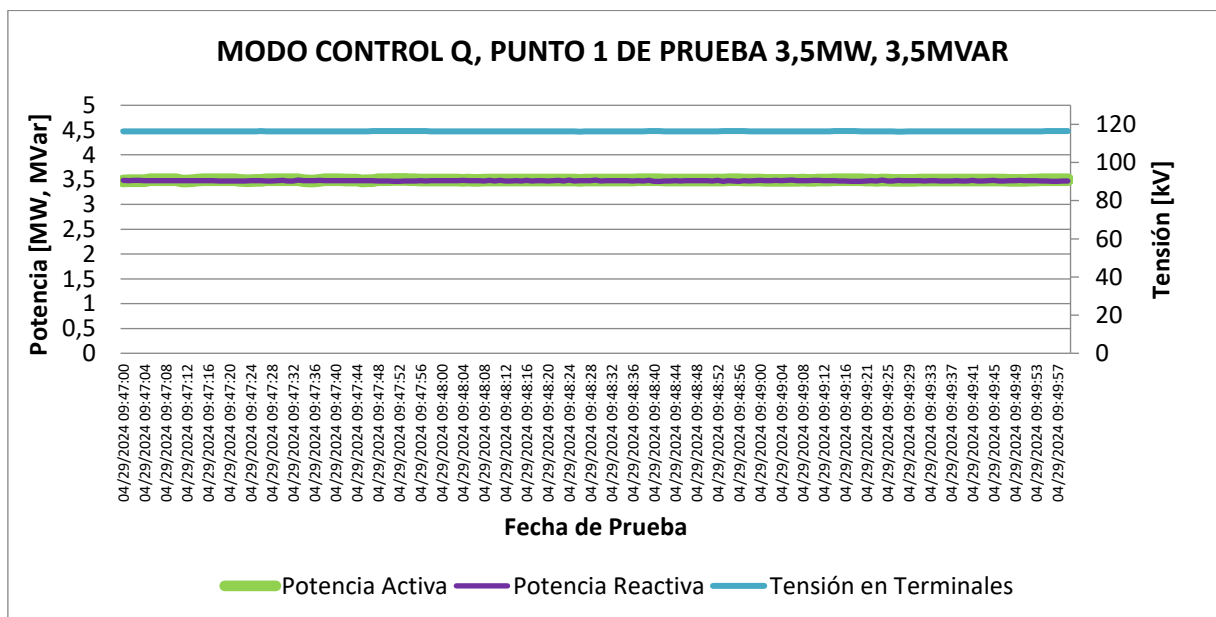


Figura 14. Registro Punto N° 1, Modo Control Reactiva.

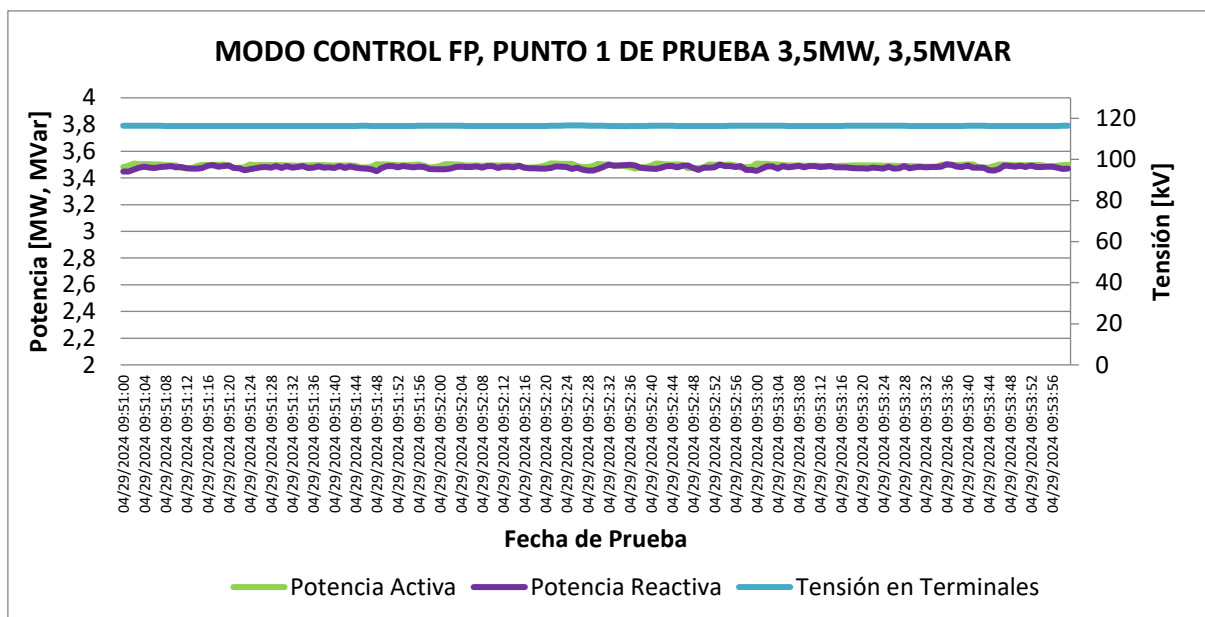


Figura 15. Registro Punto N° 1, Modo Control Factor Potencia.

6.4.1.2 Punto N° 2: P= 7,0 MW y Q= 11,55 Mvar

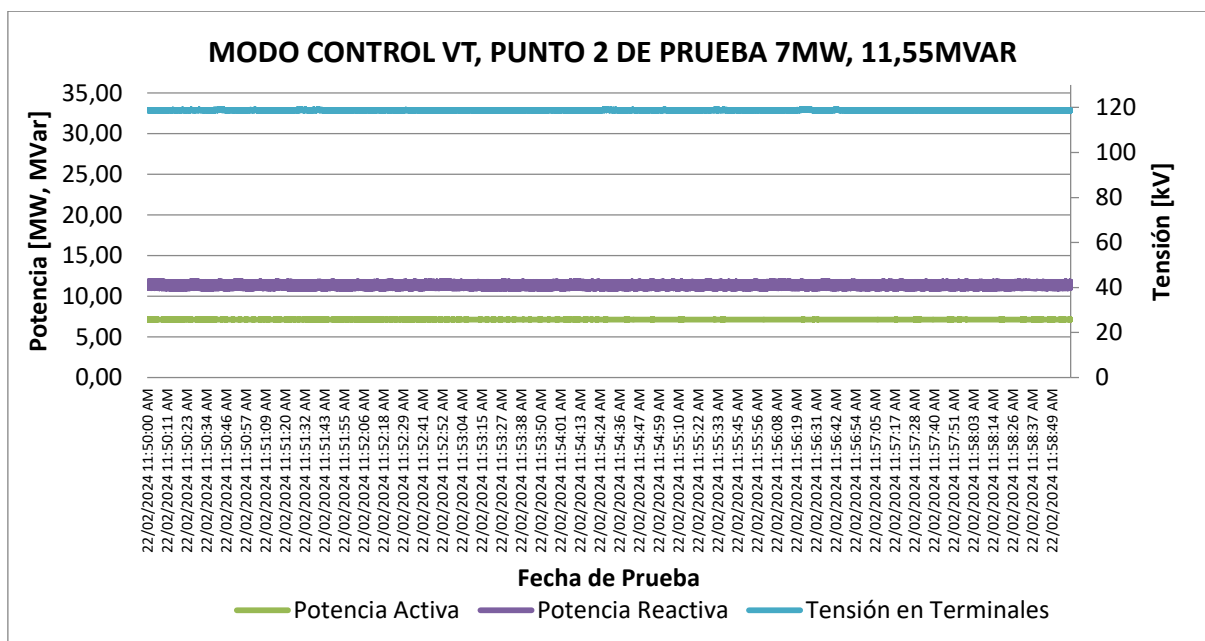


Figura 16. Registro Punto N° 2, Modo Control Tensión.

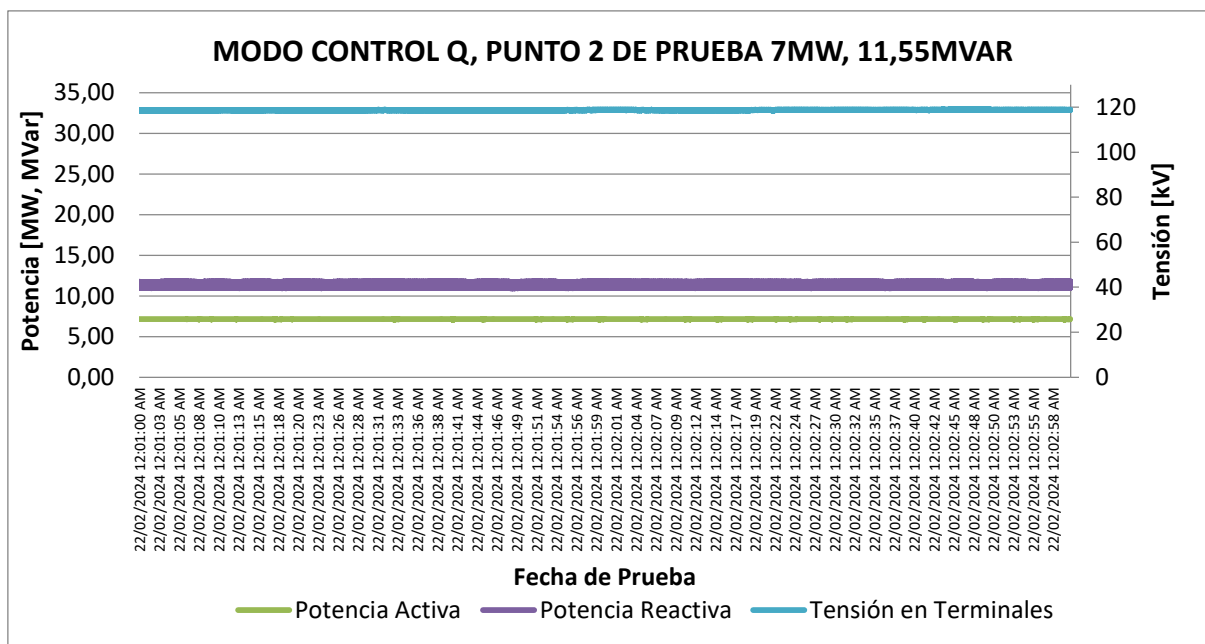


Figura 17. Registro Punto N° 2, Modo Control Reactiva.

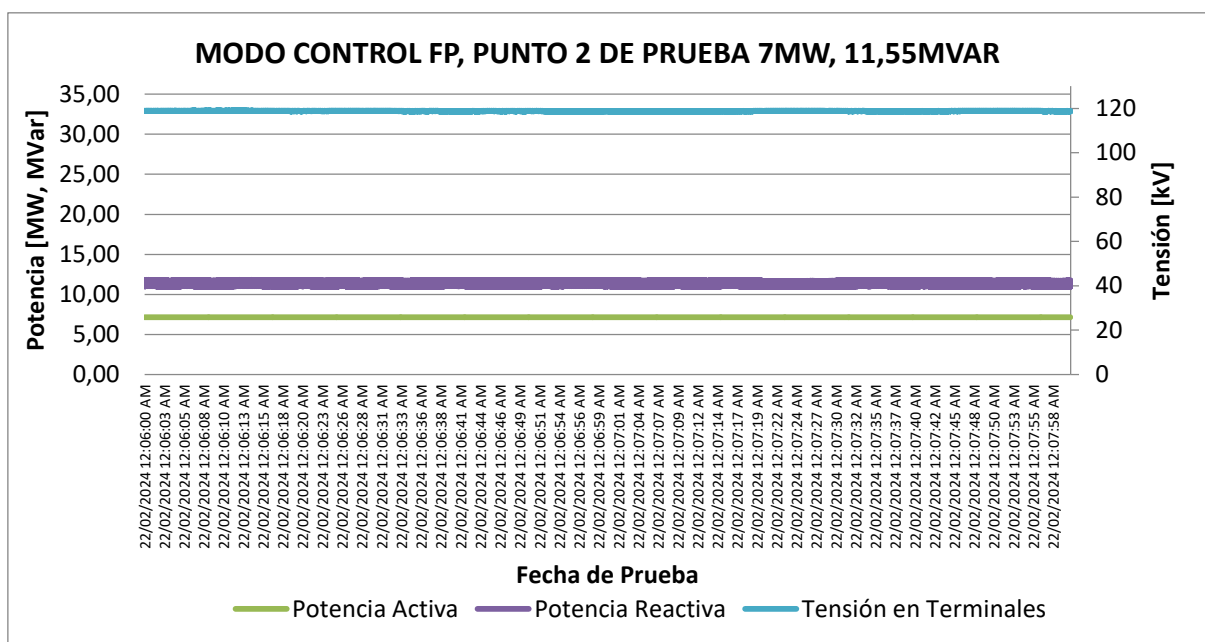


Figura 18. Registro Punto N° 2, Modo Control Factor Potencia.

6.4.1.3 Punto N° 3: P= 20,125 MW y Q= 11,55 Mvar

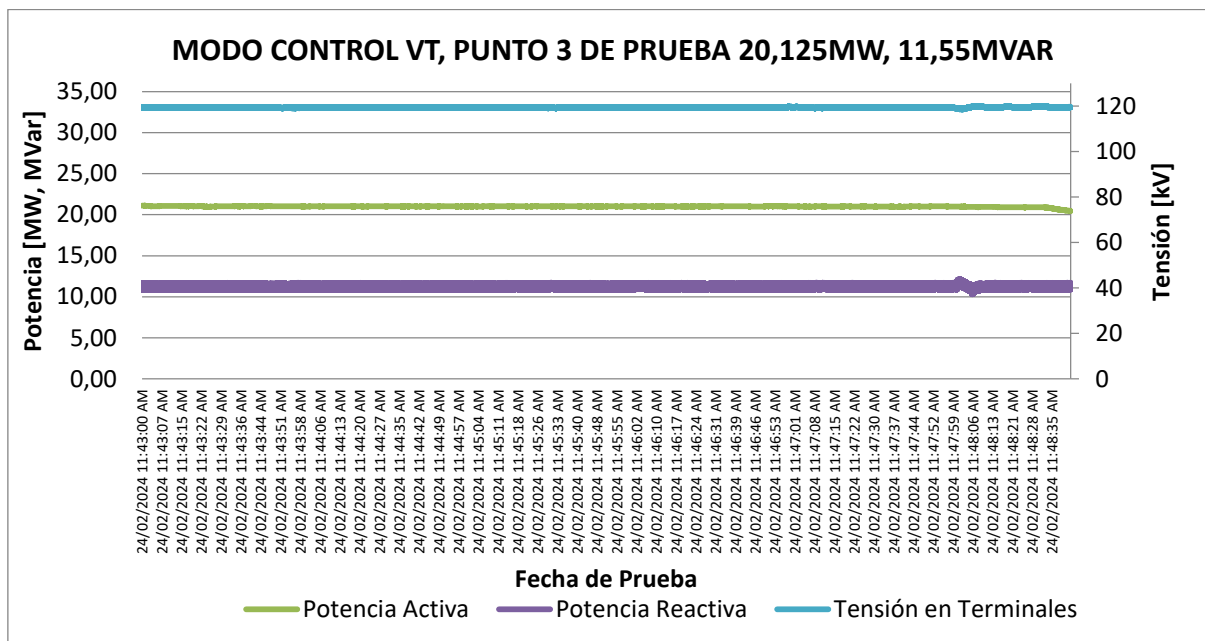


Figura 19. Registro Punto N° 3, Modo Control Tensión.

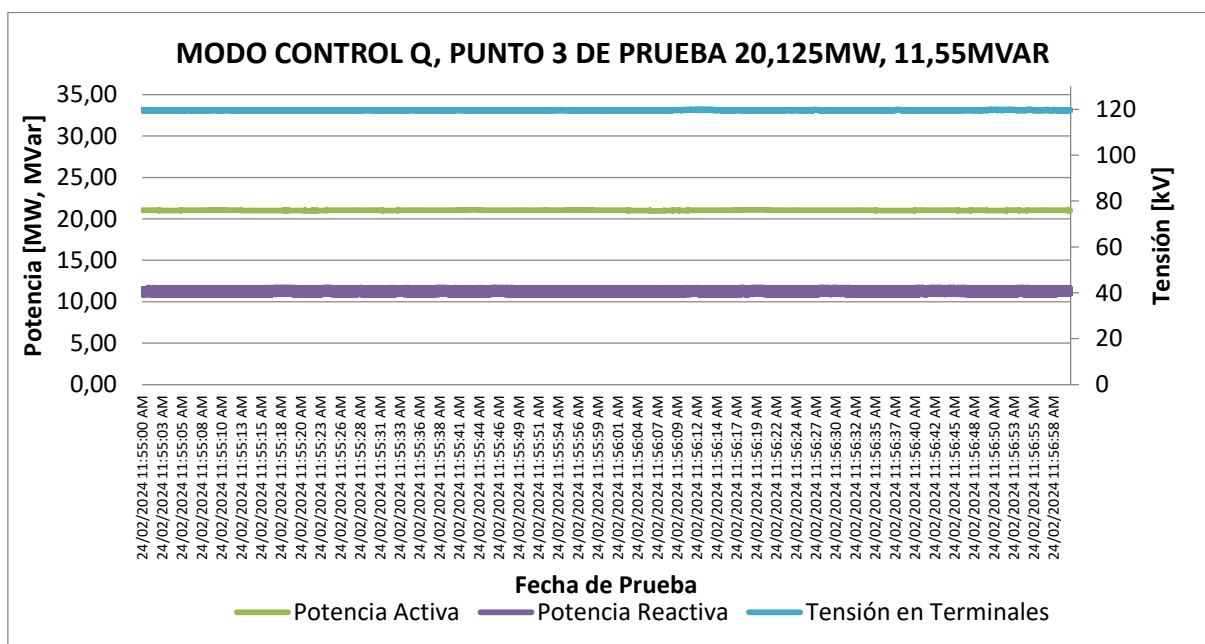


Figura 20. Registro Punto N° 3, Modo Control Reactiva.

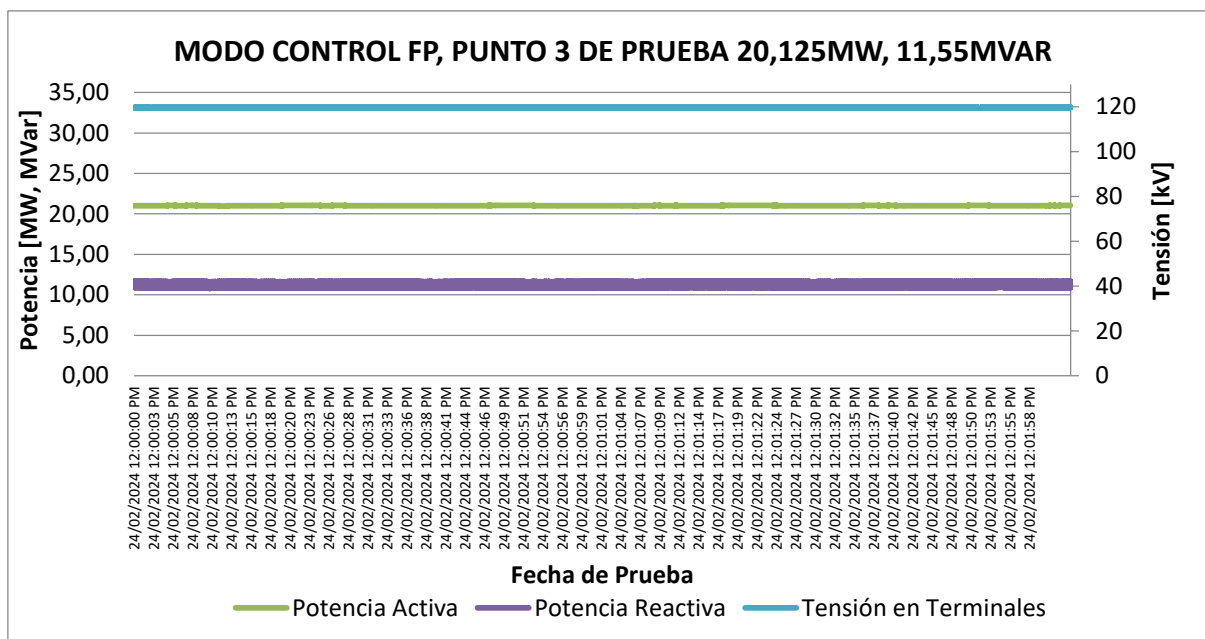


Figura 21. Registro Punto N° 3, Modo Control Factor Potencia.

6.4.1.4 Punto N° 4: P= 33,25 MW y Q= 11,55 Mvar

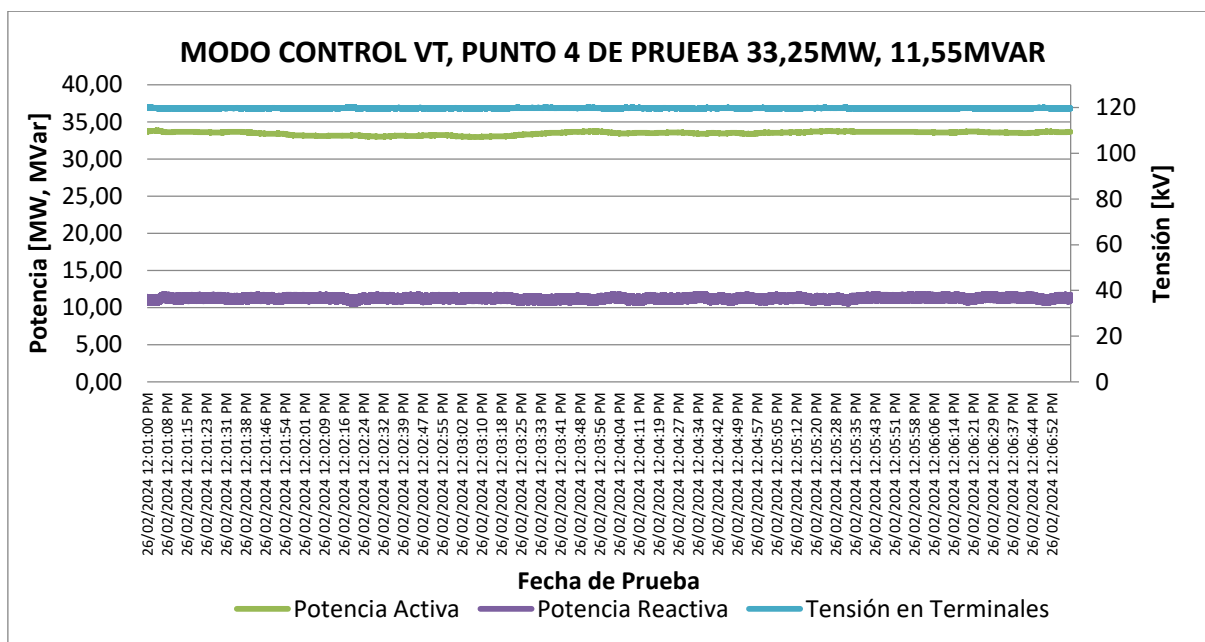


Figura 22. Registro Punto N° 4, Modo Control Tensión.

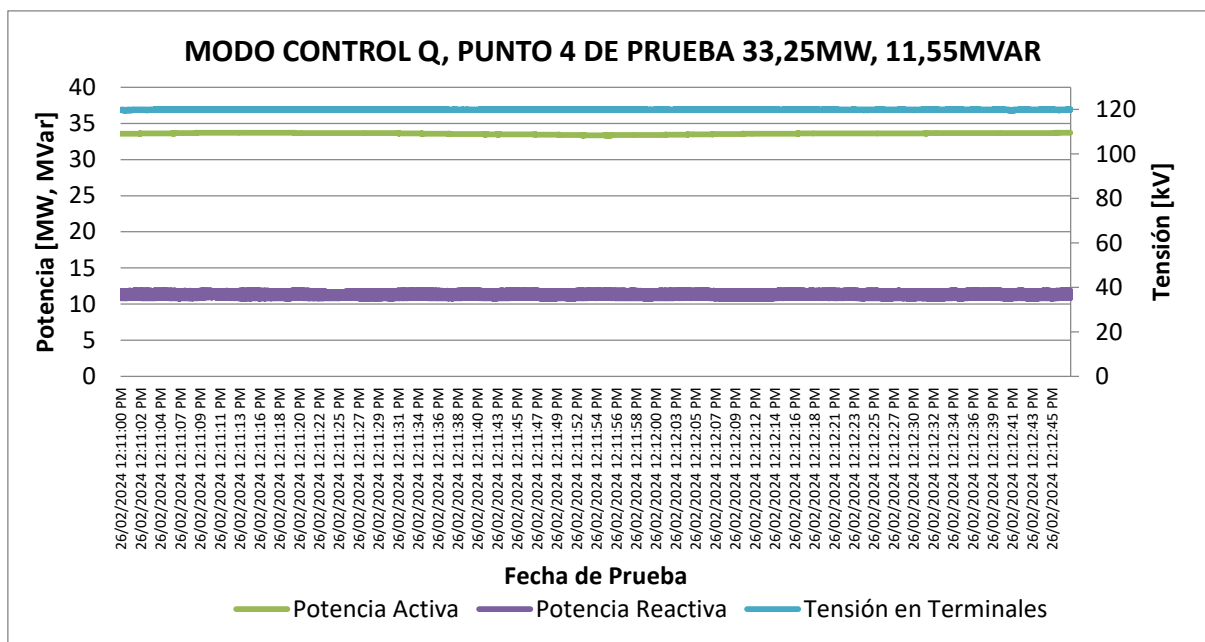


Figura 23. Registro Punto N°4, Modo Control Reactiva.

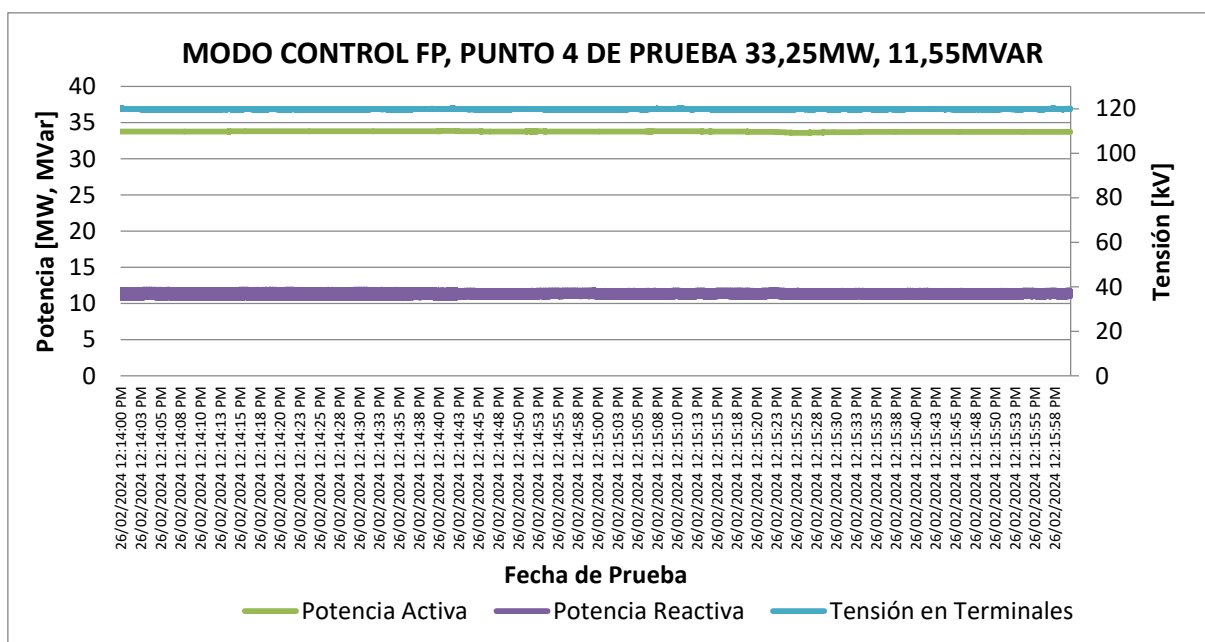


Figura 24. Registro Punto N° 4, Modo Control Factor Potencia.

6.4.1.5 Punto N° 5: P= 35,0 MW y Q= 7,98 Mvar

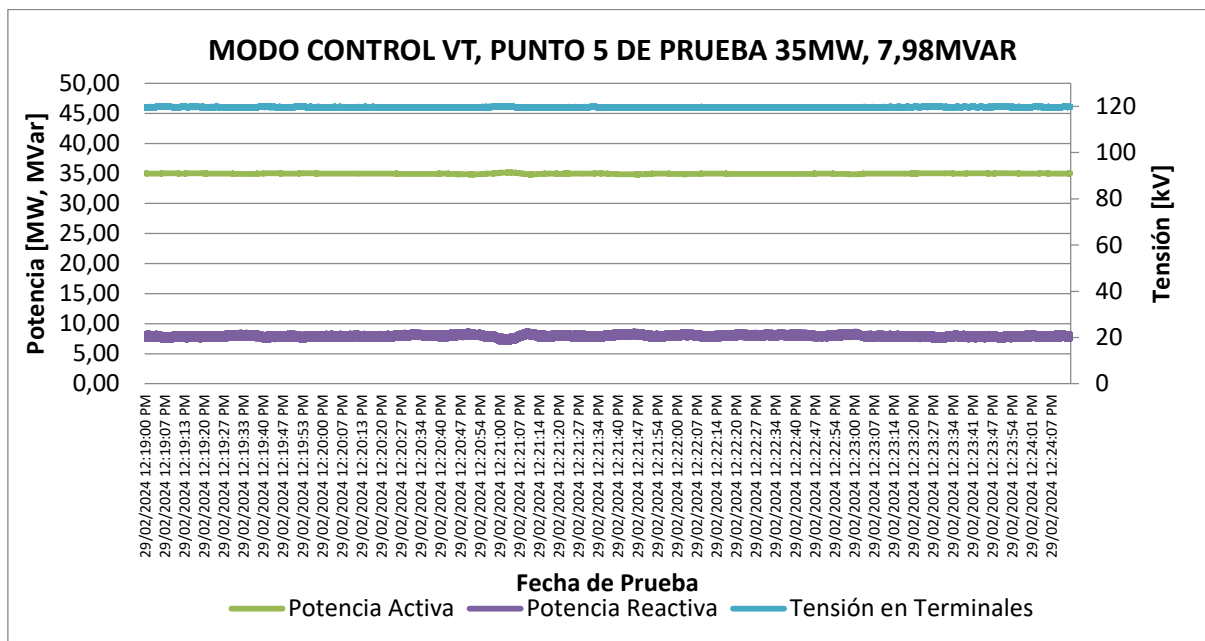


Figura 25. Registro Punto N° 5, Modo Control Tensión.

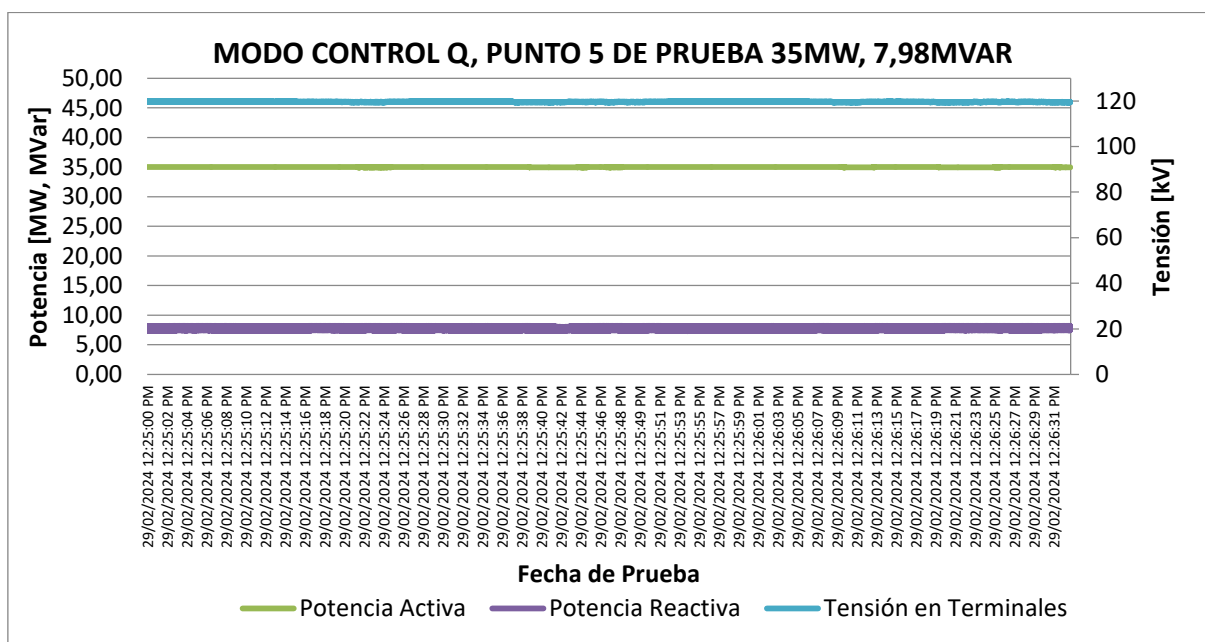
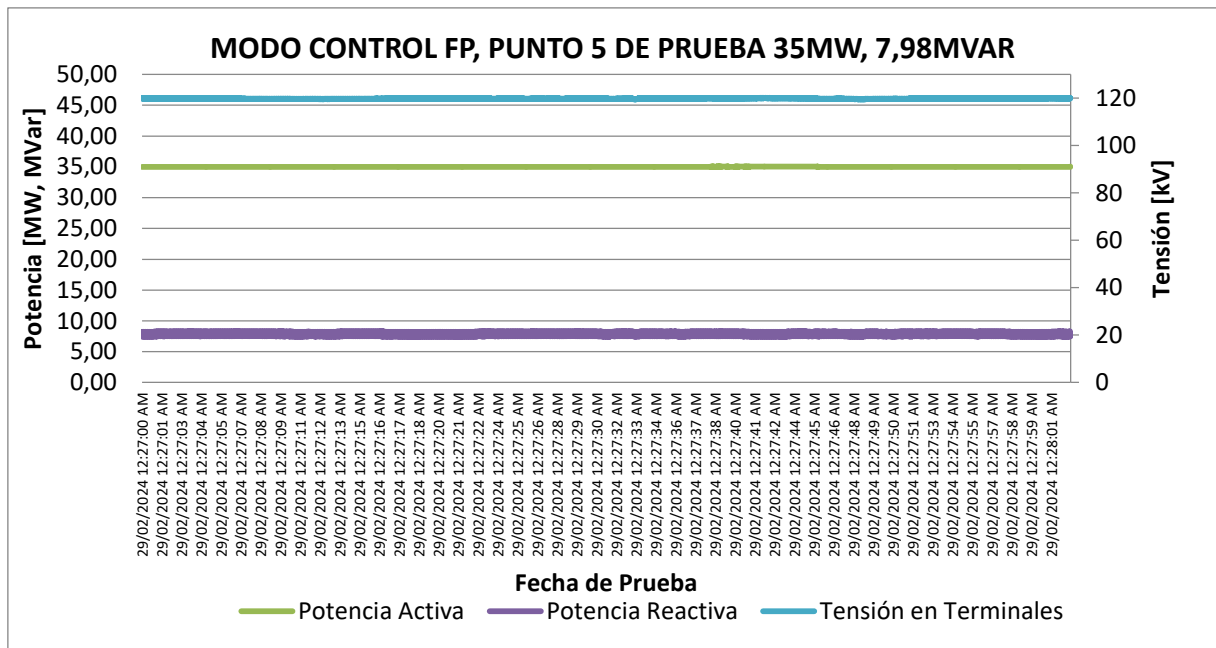


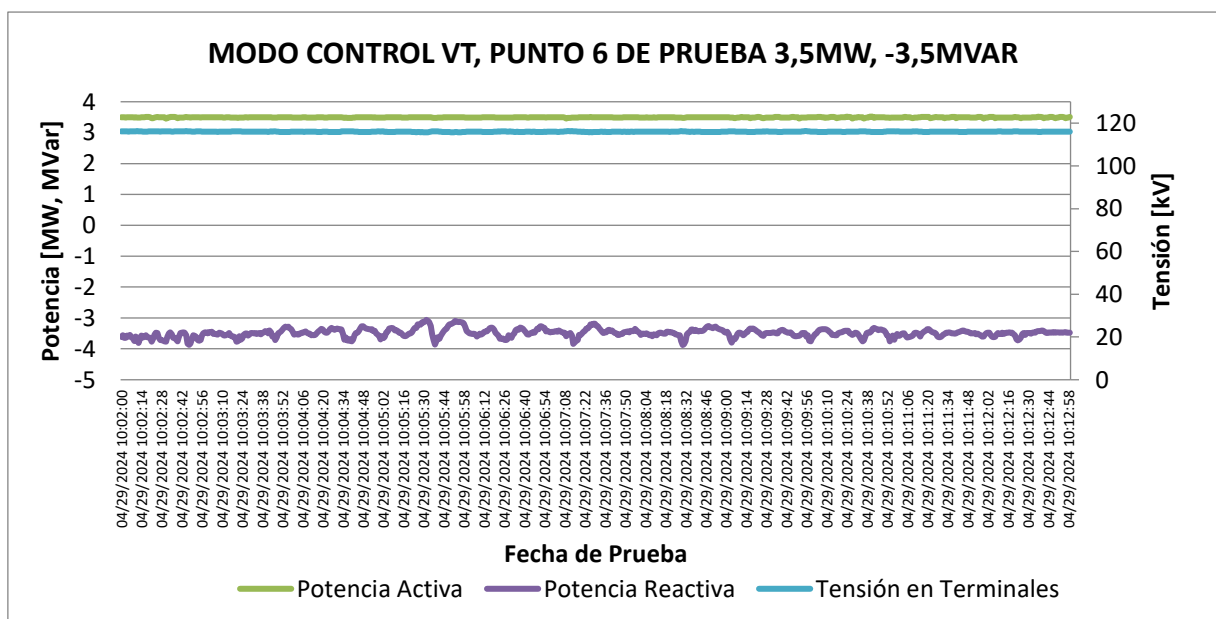
Figura 26. Registro Punto N°5, Modo Control Reactiva.



6.4.2 Región de Absorción de Reactiva,

A continuación, se presentan los registros obtenidos para cada una de las variables medidas para los puntos evaluados en la región de absorción de potencia de reactiva,

6.4.2.1 Punto N° 6: P= 3,5 MW y Q= -3,5 MVar



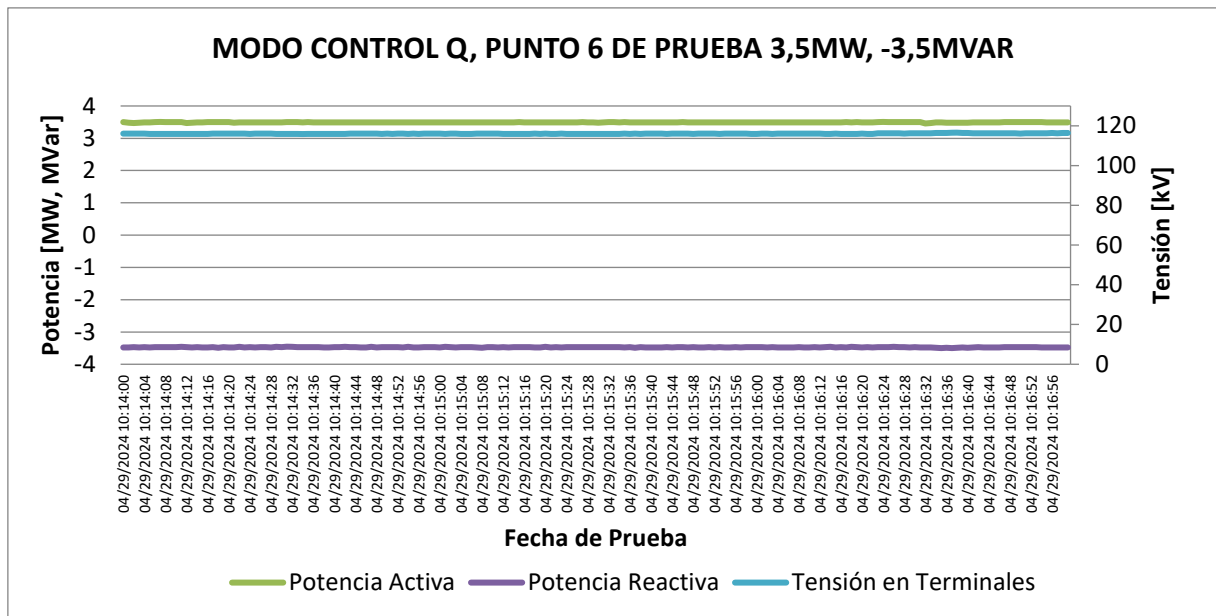


Figura 29. Registro Punto N°6, Modo Control Reactiva.

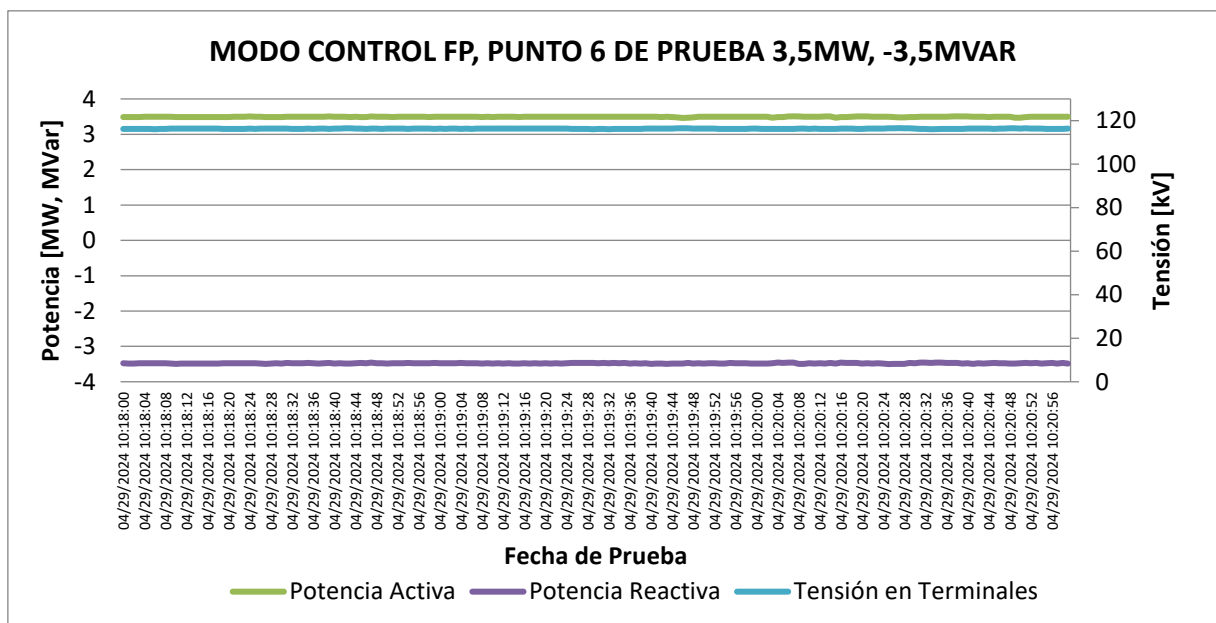


Figura 30. Registro Punto N° 6, Modo Control Factor Potencia.

6.4.2.2 Punto N° 7: P=7,0 MW y Q= -11,55 Mvar

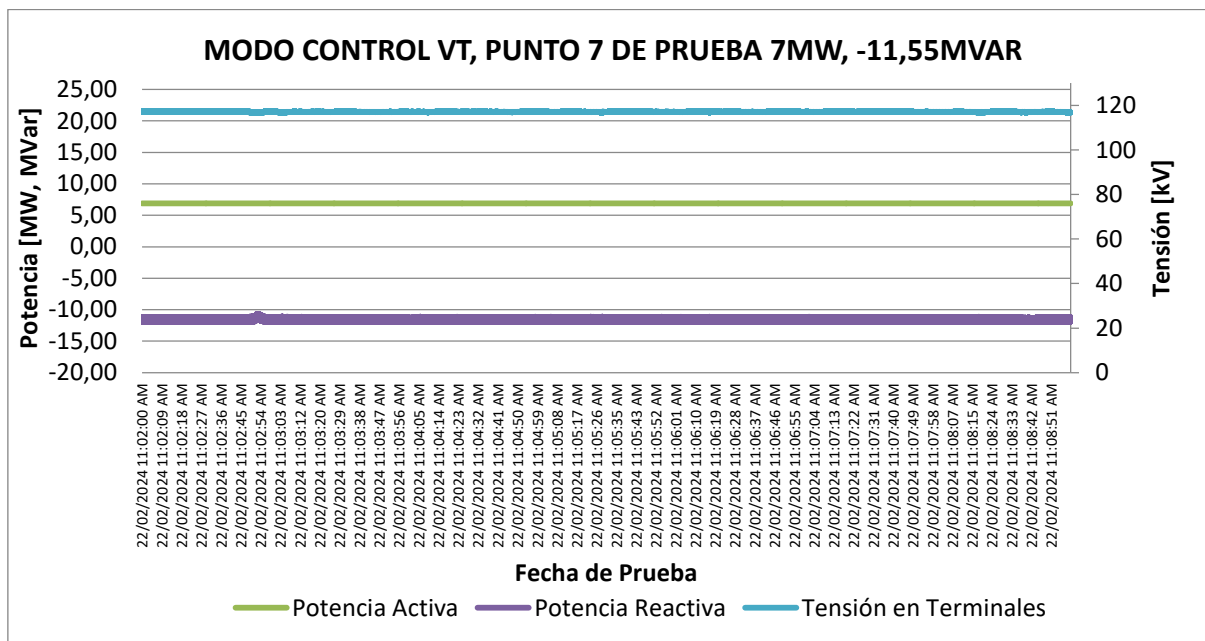


Figura 31. Registro Punto N° 7, Modo Control Tensión.

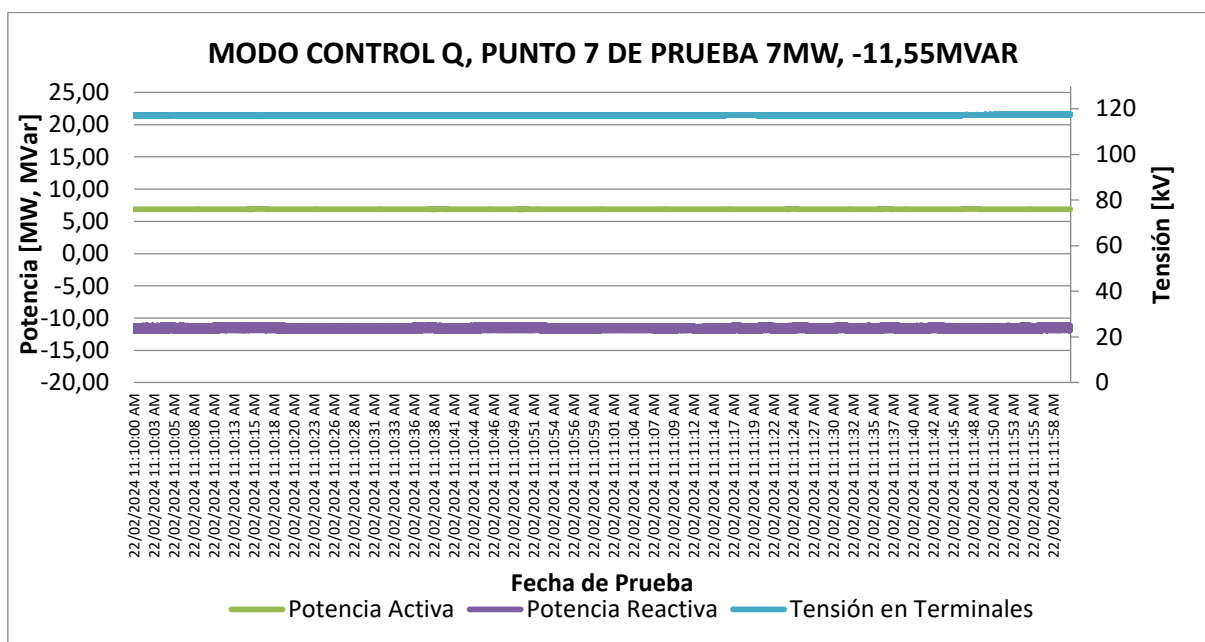


Figura 32. Registro Punto N°7, Modo Control Reactiva.

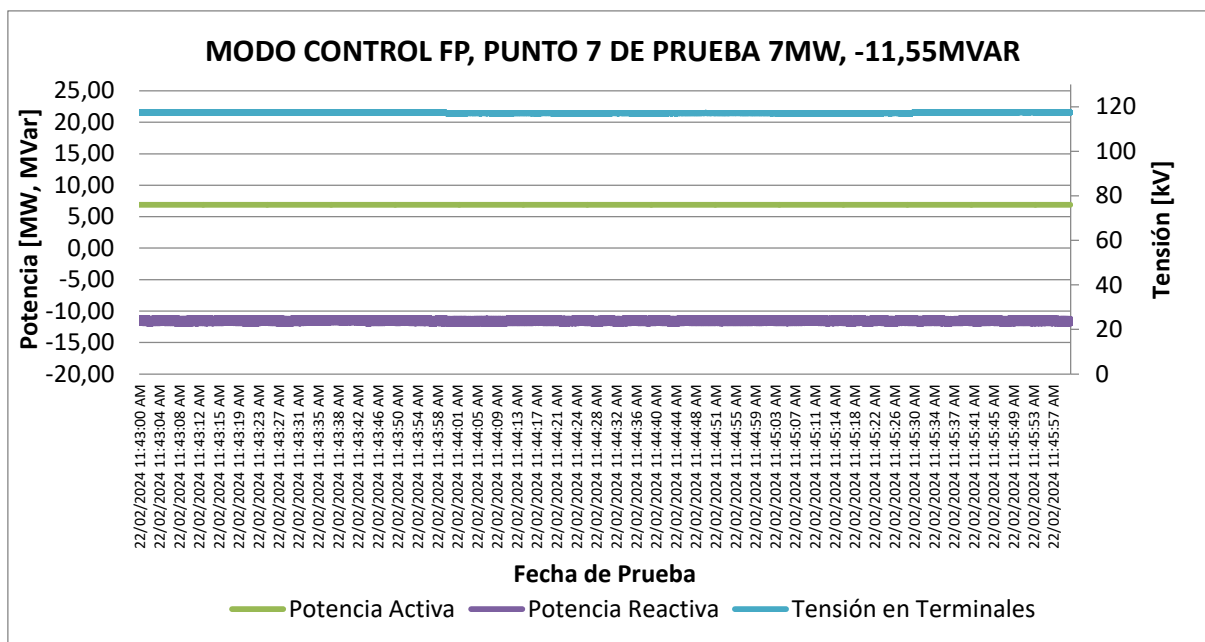


Figura 33. Registro Punto N° 7, Modo Control Factor Potencia.

6.4.2.3 Punto N° 8: P= 20,125 MW y Q= -11,55 Mvar

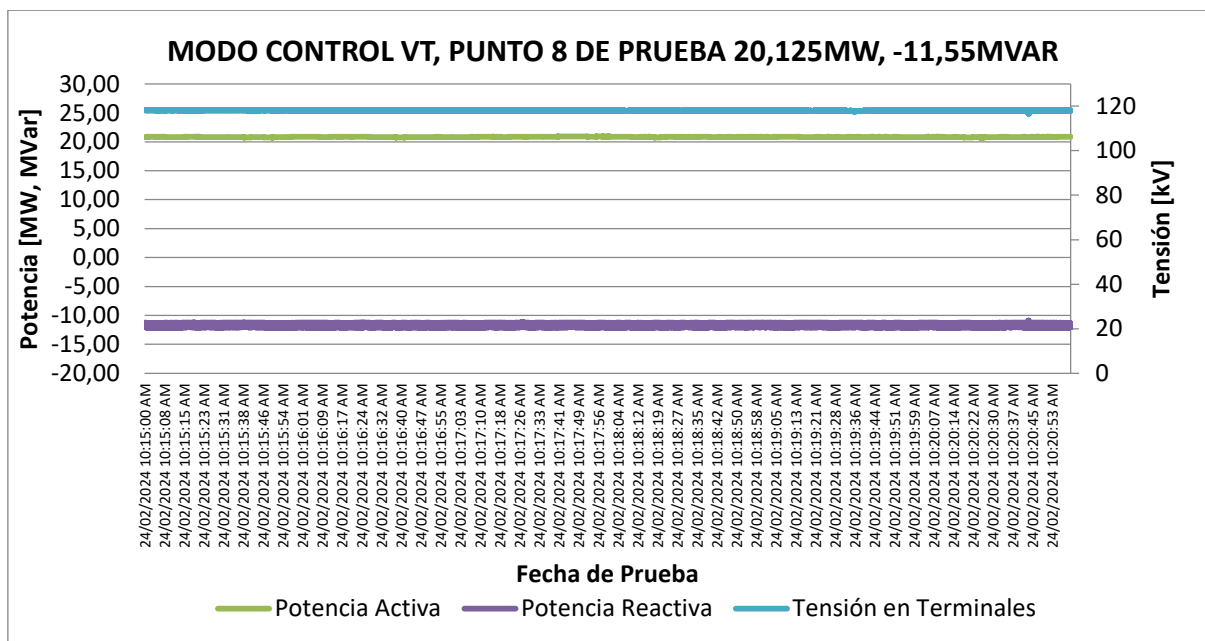


Figura 34. Registro Punto N° 8, Modo Control Tensión.

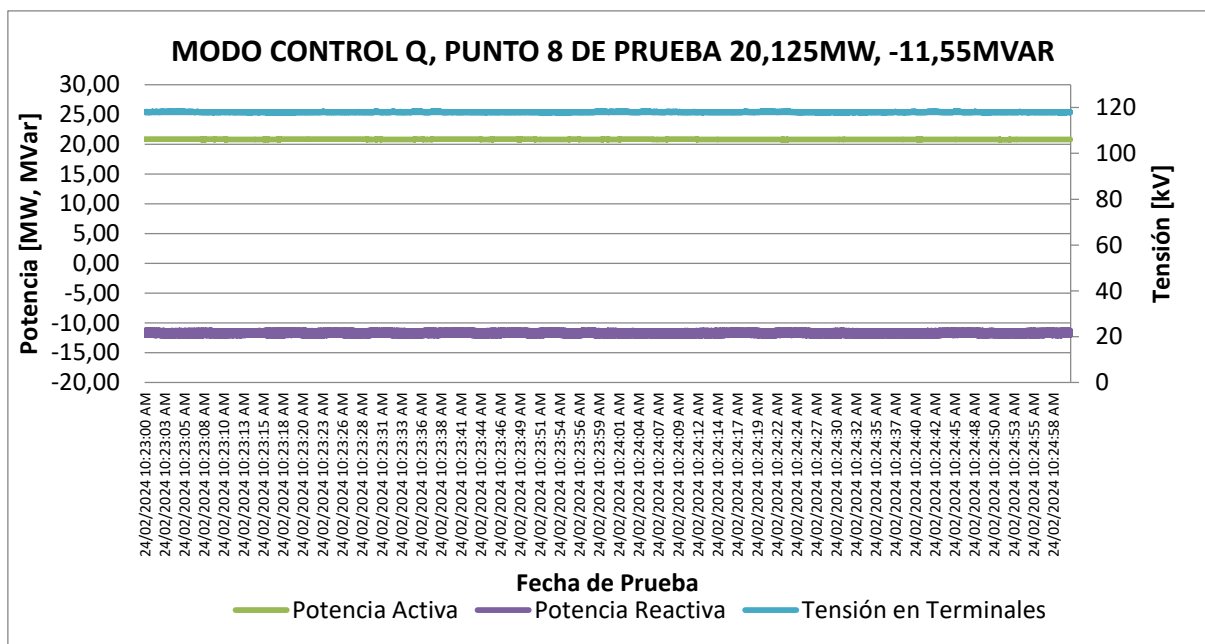


Figura 35. Registro Punto N°8, Modo Control Reactiva.

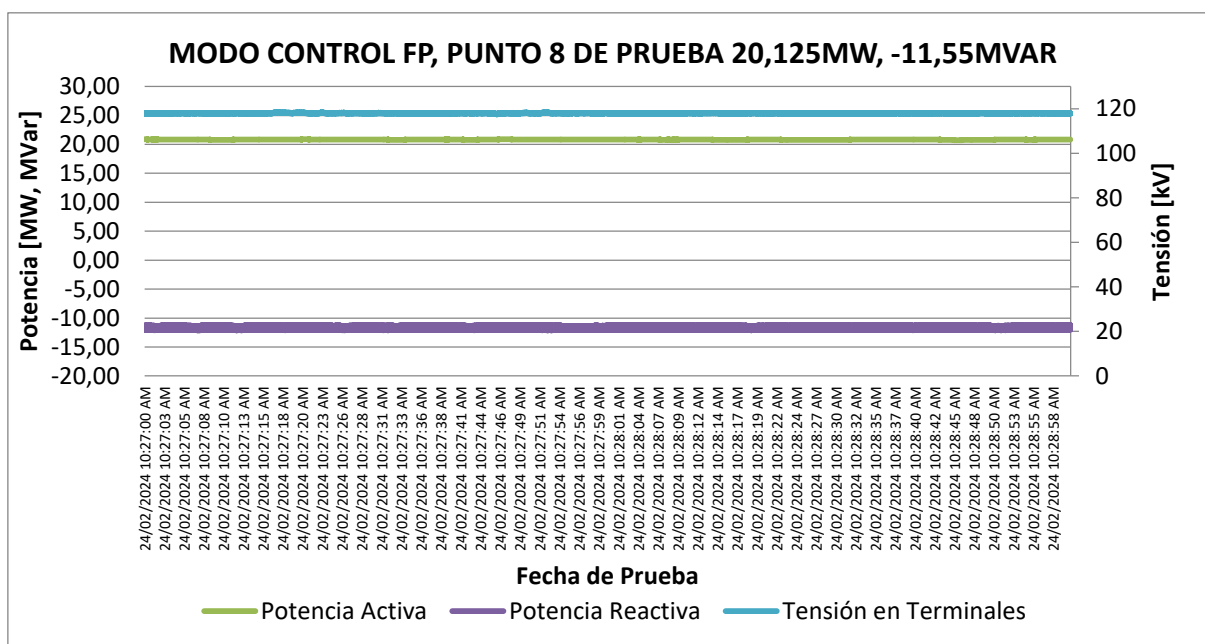


Figura 36. Registro Punto N° 8, Modo Control Factor Potencia.

6.4.2.4 Punto N° 9: P= 33,25 MW y Q= -11,55 Mvar

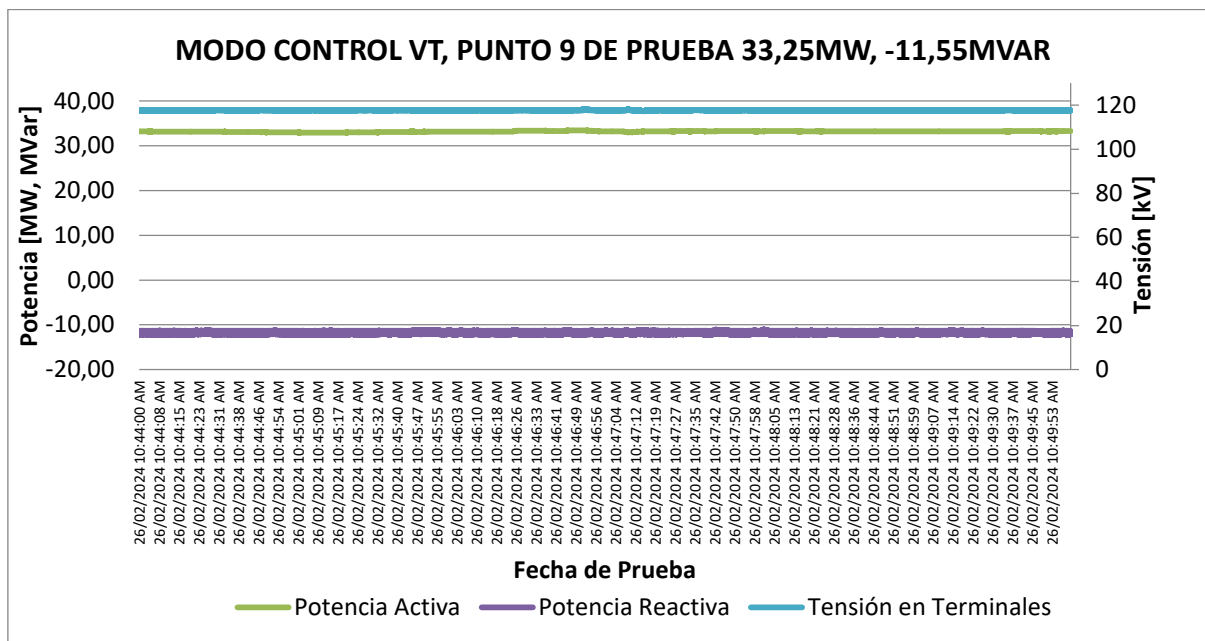


Figura 37. Registro Punto N° 9, Modo Control Tensión.

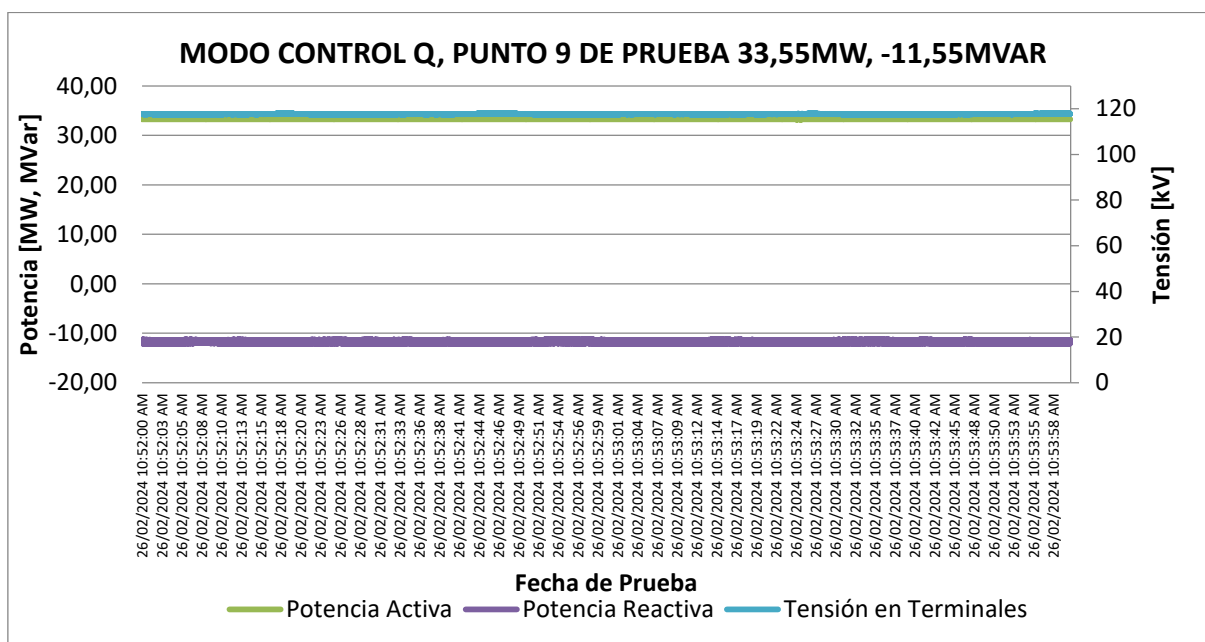


Figura 38. Registro Punto N°9, Modo Control Reactiva.

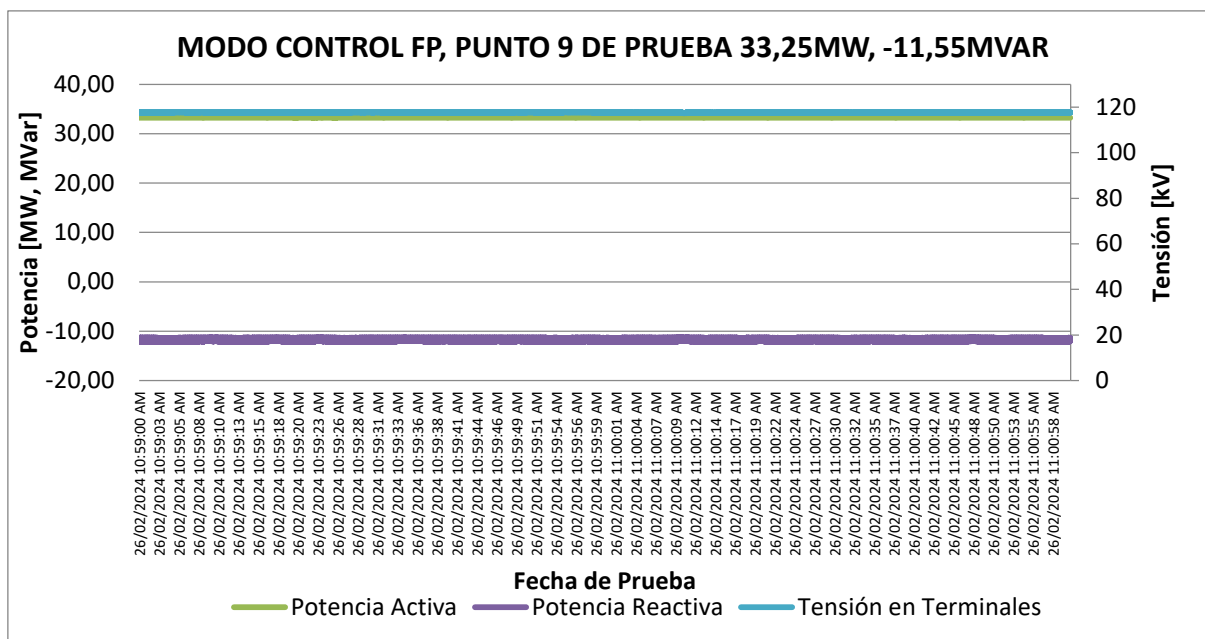


Figura 39. Registro Punto N° 9, Modo Control Factor Potencia.

6.4.2.5 Punto N° 10: P= 35,0 MW y Q= -7,98 Mvar

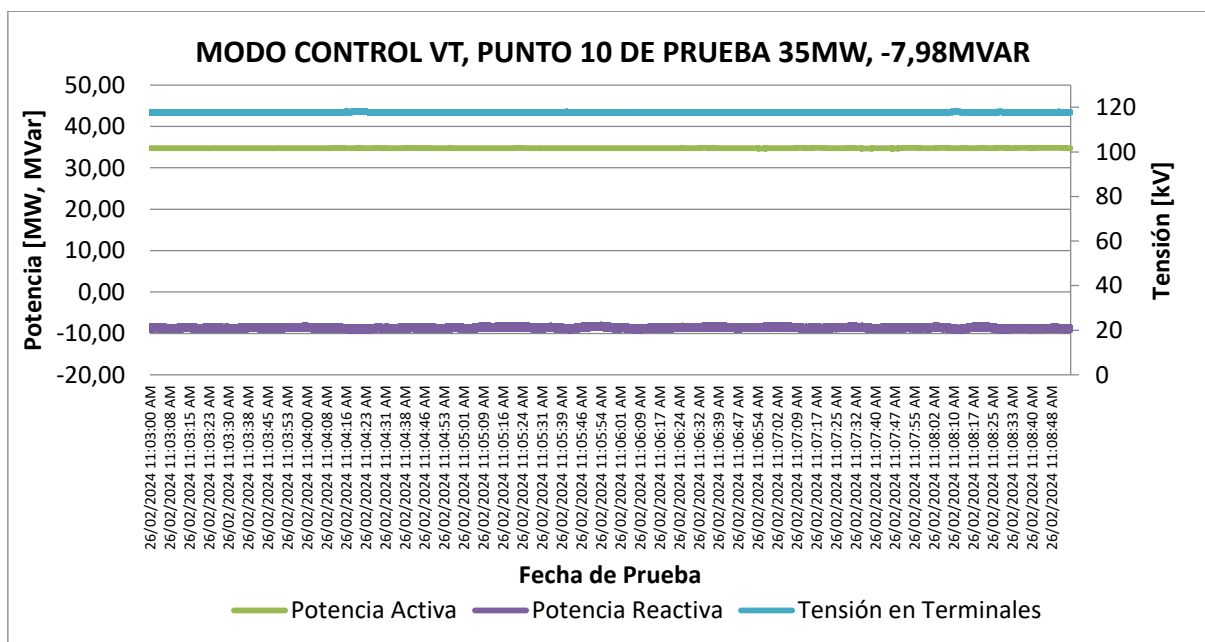


Figura 40. Registro Punto N° 10, Modo Control Tensión.

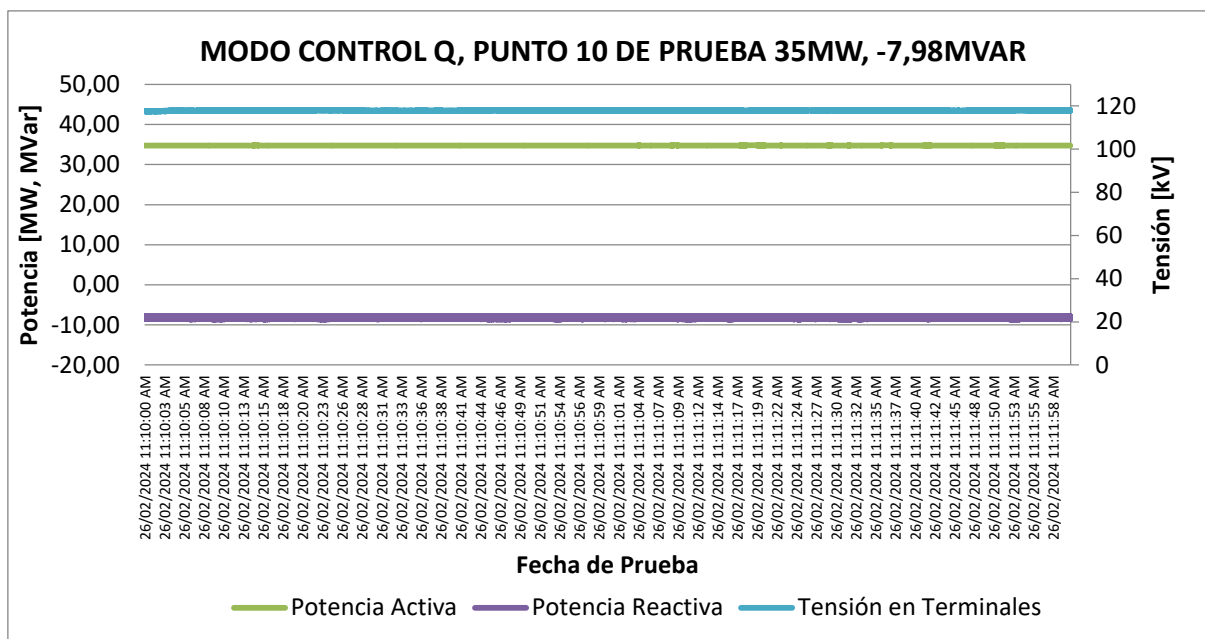


Figura 41. Registro Punto N°10, Modo Control Reactiva.

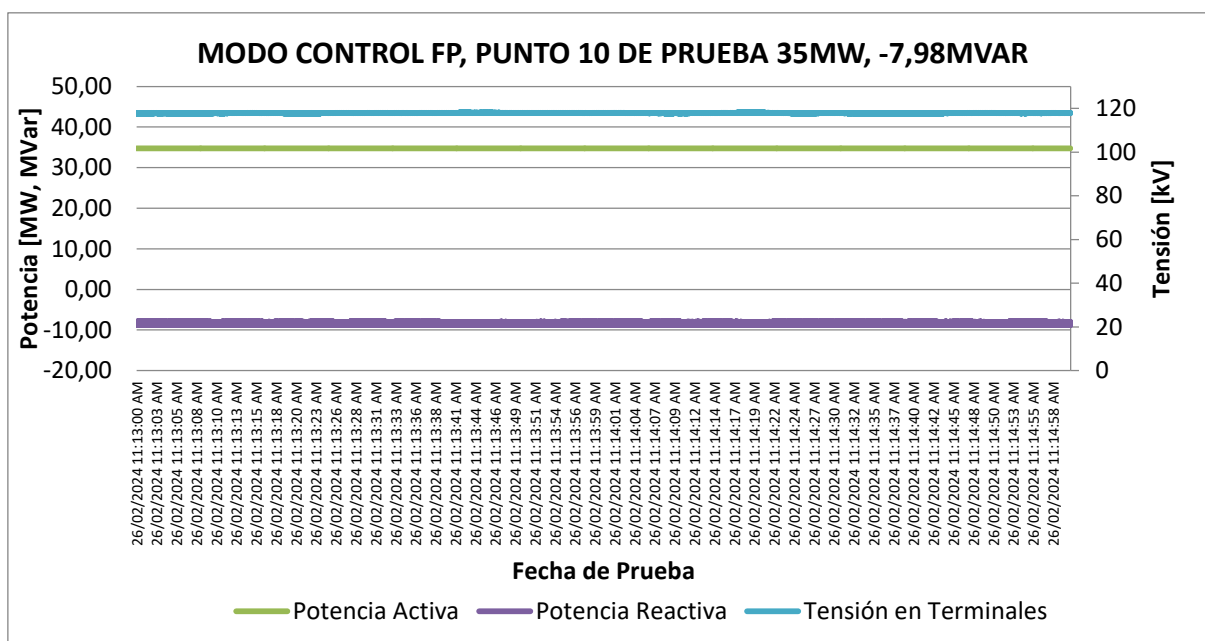


Figura 42. Registro Punto N° 10, Modo Control Factor Potencia.

6.5 Curva de Capacidad Definitiva

La curva de capacidad definitiva resultante de los parámetros presentados en la tabla del ítem 6.1 para el parque solar Sunnorte, se presenta a continuación:

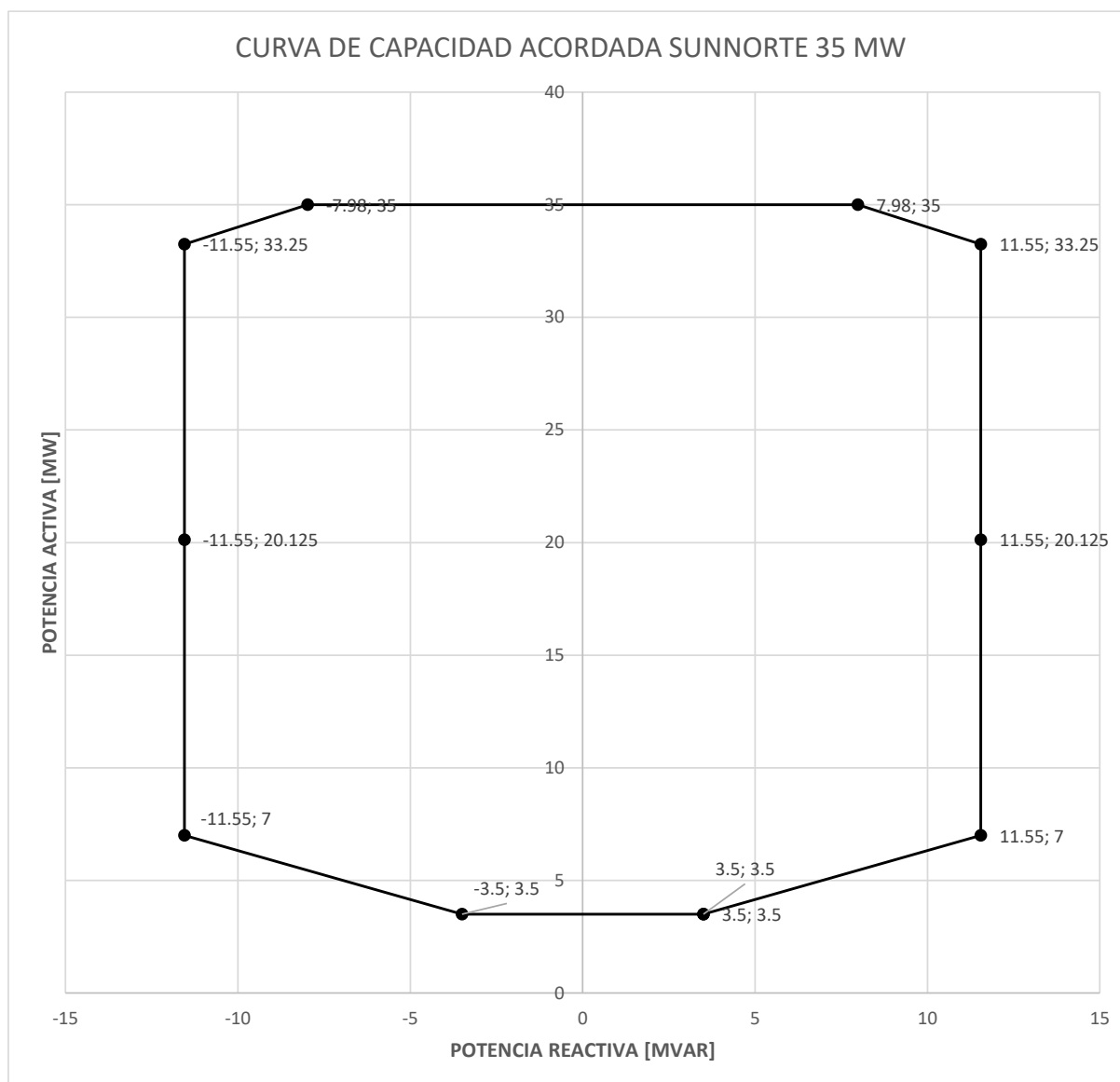


Figura 43. Curva de Capacidad Definitiva y a Declarar

7 CONCLUSIONES

1. Se realizan las pruebas y la respectiva auditoria relacionada al punto de prueba 3,5 MW y +/-3,5 Mvar, actualizando los resultados de este informe con citadas pruebas realizadas el 29 abril del 2024. Asimismo, se da cumplimiento a los puntos de prueba acordados entre el agente y XM.
2. El Parque Solar Sunnorte cumple con la curva de capacidad declarada dentro de las tolerancias establecidas (puntos de prueba acordados entre el Agente y el CND). Según el acuerdo 1563 de 2022:
3. *Región Entrega de Reactiva:* como se muestra desde la Figura 7 hasta la Figura 9, la prueba es exitosa debido que el rectángulo de tolerancia de error para cada uno de los puntos probados se encuentra dentro de la zona de validación ($\pm 1,0\%$ del límite de entrega de potencia reactiva).
4. *Región Absorción de Reactiva:* como se muestra desde la Figura 10 hasta la Figura 12, la prueba es exitosa debido que el rectángulo de tolerancia de error para cada uno de los puntos probados se encuentra dentro de la zona de validación ($\pm 1,0\%$ del límite de absorción de potencia reactiva).
5. Durante las pruebas todos los inversores de la planta se encontraban operativos y sin limitaciones para su operación normal. Además, el control P/F se encontraba operativo y activo lo mismo que los limitadores de potencia reactiva.
6. Durante el desarrollo de las pruebas no se presentaron restricciones a nivel de sistema que obligaran a cambiar la secuencia de modos de operación de la planta, por lo tanto cada punto se evaluó considerando: control de tensión, control de Q y fp.
7. El control P/F se encontraba activo y funcionando de manera correcta.
8. Las pruebas de la planta Sunnorte consideraron 4 intentos para alcanzar la completitud de los puntos acordados, en la siguiente tabla se detalla a nivel temporal las características más relevantes de cada día de prueba.

Tabla 8. Intentos de pruebas

Fecha	Acuerdo CNO	Observaciones de la auditoría
22/02/2024	CNO 1563	Pruebas de la curva PQ en los puntos 3,5MW, -3,5Mvar, 3,5Mvar Pruebas de los puntos 7 MW, -11,55 Mvar, 11,55 Mvar
23/02/2024	CNO 1563	Pruebas de la curva PQ en los puntos 20,125MW, -11,55Mvar, 11,55Mvar
24/02/2024	CNO 1563	Días de disponibilidad sin consigna
25/02/2024	CNO 1563	Días de disponibilidad sin consigna
26/02/2024	CNO 1563	Pruebas de los puntos 33,25MW, -11,55Mvar Pruebas de los puntos 35MW, -7,98Mvar
27/02/2024	CNO 1563	No se desarrollan pruebas, no se contó con recurso solar para alcanzar las potencias objetivo,
28/02/2024	CNO 1563	No se desarrollan pruebas, no se contó con recurso solar para alcanzar las potencias objetivo,
29/02/2024	CNO 1563	Pruebas de los puntos 33,25MW, 11,55Mvar Pruebas de los puntos 35MW, 7,98Mvar
29/04/2024	CNO 1563	Pruebas relacionadas al punto 3,5MW, +/-3,5Mvar.

9. Durante el desarrollo de la auditoria, se evidenció que los niveles de alarma y operativos de la planta y sus protecciones estaban en los valores recomendados por el fabricante.

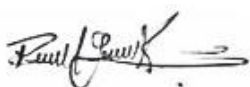
10. Durante el inicio de la auditoria se revisó que los niveles de alarma y disparos de los transformadores elevadores estuviesen acordes con las características técnicas del mismo y condiciones de aislamiento.

En el presente informe han sido expuestos los resultados de las pruebas realizadas, Con base en estos resultados y en la auditoría efectuada, se determina que el Parque Solar Sunnorte: cumple con la curva de capacidad declarada.

A continuación, se presentan los puntos definitivos a declarar:

Tabla 9. Puntos Reportados

Entrega de Reactiva		Absorción de Reactiva	
P [MW]	Q [Mvar]	P [MW]	Q [Mvar]
3,5	3,5	3,5	-3,5
7,00	11,55	7,00	-11,55
20,125	11,55	20,125	-11,55
33,25	11,55	33,25	-11,55
35,00	7,98	35,00	-7,98



Ingeniero Rolando Guisao Vélez

Fecha: 29 de febrero de 2024.

29 de abril de 2024.

8 REFERENCIAS

- [1] Acuerdo CNO 1563 de 2022, Por el cual se establece el "Procedimiento para la realización de las pruebas de verificación de la curva de capacidad de las plantas de generación y autogeneradores eólicos y solares fotovoltaicas conectados al STN y STR".
- [2] Resolución CREG 025 de 1995 (Código de Redes).
- [3] Standard PRC-019-1 — Coordination of Generating Unit or Plant Capabilities, Voltage Regulating Controls, and Protection.
- [4] Göran Andersson, Modelling and Analysis of Electric Power Systems: Power Flow Analysis.
- [5] Comisión Federal de Electricidad, Fundamentos de Sistemas Eléctricos de Potencia, 2013.
- [6] CREG 135 de 2013 – La cual modifica la Resolución CREG 025 de 1995 que establece el Reglamento de Operación del Sistema Interconectado Nacional.
- [7] CREG 060 de 2019 – Por la cual se hacen modificaciones y adiciones transitorias al Reglamento de Operación para permitir la conexión y operación de plantas solares fotovoltaicas y eólicas en el SIN y se dictan otras disposiciones.
- [8] Acuerdo CNO 1546 Por el cual se aprueban las curvas de potencia reactiva en función de la tensión (Q-V) que ajustan la curva PQ establecida en la Resolución CREG 060 de 2019 en el punto de conexión de las plantas solares y eólicas que se conecten al STN y al STR.

ANEXO 1

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN



REPORTES DE CALIBRACIÓN

Página 1 de 4

Código: SL-F-03-02

Versión: 06

RC- 50241-01

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO BAJO PRUEBA

Analizador
Marca: REIVAX
Modelo: CPXCan3.0
S/N: IEB-MAX10-01
ID interno: N/E

Este Reporte de Calibración aplica solo para el equipo aquí identificado y expresa fielmente los resultados de las mediciones realizadas.

INTERVALO DE MEDICIÓN

Ver resultados de calibración

Los resultados contenidos en el presente reporte se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Ingeniería Especializada S.A.
CL 8B No 65-191 OF 331
Medellín, Antioquia
+57 311 634 5101

Este reporte no puede ser reproducido parcialmente sin la aprobación del laboratorio QTEST y el laboratorio no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de la información contenida en éste reporte de calibración.

PÁGINAS DEL REPORTE

4

FECHA DE RECEPCIÓN

2023 - 06 - 02

Reportes de Calibración sin firma no son válidos.

FECHA DE CALIBRACIÓN

2023 - 06 - 03

REALIZÓ CALIBRACIÓN

Alejandra García
Analista de Laboratorio

2023 - 06 - 05

Fecha de emisión

Aprobó

Nombre: Pilar Alzate

Cargo: Especialista Laboratorio Calibraciones





REPORTES DE CALIBRACIÓN

Página 2 de 4

Código: SL-F-03-02

Versión: 06

RC- 50241-01

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Para la calibración se empleó el método de comparación con un patrón de referencia. Se toma como referencia el procedimiento de calibración Guidelines on the Calibration of Digital Multimeters EURAMET cg-15 versión 3,0 (02/2015), Linea guida per la taratura di pinze amperometriche SIT/TEC-014/2006 Edición 0.

TRAZABILIDAD METROLÓGICA

El laboratorio QTEST custodia y mantiene la trazabilidad metrológica de mediciones al Sistema Internacional de Unidades a través de NIST u otro Instituto Nacional de Metrología. El Sistema de Calidad del Laboratorio Qtest cumple con los requisitos aplicables a la norma ISO/IEC 17025:2017.

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la 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.

CONDICIONES AMBIENTALES

La calibración se realizó en las instalaciones del Laboratorio Qtest en el área de metrología, las condiciones ambientales durante del proceso de calibración están dentro de los parámetros que define el documento normativo y tuvieron una variación de $18,90\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $55,00\text{ \%HR} \pm 4\text{ \%HR}$.

IDENTIFICACIÓN PATRONES

Código
100C

Descripción
Multi-Product Calibrator Fluke 5520A-PQ/300
S/N: 9440015

Próxima calibración
2024 - 07 - 08





REPORTES DE CALIBRACIÓN

Página 3 de 4

Código: SL-F-03-02

Versión: 06

RC- 50241-01

RESULTADOS

Descripción	Lectura patrón		Lectura promedio U.B.P.		Error		Factor de Cobertura	Incertidumbre Expandida	
Tensión VT1-VT3									
Intervalo de Prueba 120 V @ 60 Hz									
	12.000	V	11.94	V	-0.060	V	2.00	1.3x10 ⁻²	V
	36.000	V	35.94	V	-0.060	V	2.00	1.3x10 ⁻²	V
	60.000	V	59.97	V	-0.030	V	2.00	1.8x10 ⁻²	V
	84.000	V	83.95	V	-0.050	V	2.00	2.0x10 ⁻²	V
	108.000	V	107.85	V	-0.150	V	2.00	2.0x10 ⁻²	V
Corriente I1 Pinza AEMC MN375 S/N: 152999WCDV									
Intervalo de Prueba 5 A @ 60 Hz									
	0.5000	A	0.576	A	0.08	A	2.00	1.5x10 ⁻¹	A
	1.5000	A	1.525	A	0.03	A	2.00	1.6x10 ⁻¹	A
	2.5000	A	2.514	A	0.01	A	2.00	1.6x10 ⁻¹	A
	3.5000	A	3.510	A	0.01	A	2.00	1.6x10 ⁻¹	A
	4.5000	A	4.506	A	0.01	A	2.00	1.6x10 ⁻¹	A
Corriente I2 Pinza AEMC MN375 S/N:152997WCDV									
Intervalo de Prueba 5 A @ 60 Hz									
	0.5000	A	0.572	A	0.07	A	2.00	1.5x10 ⁻¹	A
	1.5000	A	1.528	A	0.03	A	2.00	1.6x10 ⁻¹	A
	2.5000	A	2.527	A	0.03	A	2.00	1.6x10 ⁻¹	A
	3.5000	A	3.523	A	0.02	A	2.00	1.6x10 ⁻¹	A
	4.5000	A	4.524	A	0.02	A	2.00	1.6x10 ⁻¹	A





REPORTES DE CALIBRACIÓN

Página 4 de 4

Código: SL-F-03-02

Versión: 06

RC- 50241-01

OBSERVACIONES

U.B.P : Unidad Bajo Prueba

El cliente es responsable de calibrar sus instrumentos en los intervalos de tiempo apropiados.

Los resultados reportados corresponden al momento y a las condiciones en las cuales se realizaron las mediciones.

Las Unidades fuera del SI (Sistema Internacional de Unidades) son vinculadas por medio del factor de conversión establecidos en "NIST Special Publication 811. 2008 Edition."

Se adhirió al instrumento la estampilla de calibración correspondiente al número de certificado.

Los puntos de calibración fueron definidos por el cliente de acuerdo con el certificado anterior.

FIN DEL REPORTE DE CALIBRACIÓN.



Tel.: 604 448 8877
Correo: qtest@qtest.com.co
km 17 vía Las Palmas
Parque Tecnológico Manantiales
Envigado – Antioquia
www.qtest.com.co

