

Empresa
País
Proyecto
Descripción

Enel Generación
Chile
Central Hidroeléctrica Los Cóndores
Informe de Mínimo Técnico



CÓDIGO DE PROYECTO EE-2023-004
CÓDIGO DE INFORME EE-EN-2024-2144
REVISIÓN B

13 ene. 25



Este documento **EE-EN-2024-2144-RB** fue preparado para Enel Generación por el Grupo Estudios Eléctricos.

Para consultas técnicas respecto del contenido del presente comunicarse con:

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

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

Ing. Pablo Rifrani
Gerente Dpto. Ensayos
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 43 páginas y ha sido guardado por última vez el 13/01/2025 por Nicolás Silva; sus versiones y firmantes digitales se indican a continuación:

Revisión	Fecha	Comentarios	Realizó	Revisó	Aprobó
A	10.01.2025	Para presentar	FM	CiC	AC
B	13.01.2025	Corrige observaciones de Enel Generación	NS	CiC	AC

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



CONTENIDO

1	RESUMEN EJECUTIVO.....	4
2	INTRODUCCIÓN.....	5
	2.1 Descripción de los participantes.....	6
	2.2 Medidores utilizados.....	6
3	ASPECTOS NORMATIVOS.....	10
4	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	11
	4.1 Diagrama unilineal	11
	4.2 Datos del transformador principal.....	17
	4.3 Antecedente técnico de Mínimo Técnico.....	18
5	DETERMINACIÓN DE MÍNIMO TÉCNICO.....	20
	5.1 Unidad 1.....	20
	5.1.1 Potencia Bruta.....	20
	5.1.2 Potencia SSAA	23
	5.1.3 Potencia Neta.....	24
	5.1.4 Pérdidas en la central	25
	5.1.5 Resultados	25
	5.2 Unidad 2.....	26
	5.2.1 Potencia Bruta.....	26
	5.2.2 Potencia SSAA	29
	5.2.3 Potencia Neta.....	30
	5.2.4 Pérdidas en la central	31
	5.2.5 Resultados	31
6	CONCLUSIONES.....	32
7	ANEXOS	33
	7.1 Generador Síncrono.....	33
	7.2 Antecedentes de turbina	41
	7.3 Certificado de calibración del equipamiento utilizado.....	42



1 RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento resume los resultados del proceso de determinación de **Mínimo Técnico (MT)**, de la **Central Hidroeléctrica Los Cóndores**, Número Único de Proyecto (NUP) 1416.

El informe muestra los ensayos y análisis realizados con el objeto de dar cumplimiento a las exigencias establecidas en el **Anexo Técnico: Determinación de Mínimo Técnico en Unidades Generadoras** vigente, siguiendo los lineamientos estipulados en la "Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio" (NTSyCS, octubre 2024).

Para la determinación de Mínimo Técnico, se han seguido las indicaciones entregadas por el fabricante de ambas unidades, considerando la curva de operación estable para la obtención de este parámetro.

Las pruebas fueron realizadas exitosamente durante las jornadas de trabajo de los días 4 y 5 de diciembre de 2024.

Se verifica la operación estable de la Unidad 1 y 2, en un valor de 6.0 MW de potencia bruta como Mínimo Técnico para cada una, de acuerdo con los lineamientos estipulados en el Anexo Técnico: Determinación de Mínimo Técnico en Unidades Generadoras y los sustentos técnicos provistos por el fabricante.



2 INTRODUCCIÓN

El presente Informe Técnico documenta el procedimiento y los resultados obtenidos al determinar el Mínimo Técnico del Central Hidroeléctrica Los Córdoros de acuerdo con lo establecido en el "Anexo Técnico: Determinación de Mínimo Técnico en Unidades Generadoras", cuyos aspectos más relevantes se destacan en la Sección 3.

Los resultados del presente informe se basan en ensayos realizados los días 4 y 5 de diciembre de 2024.

La Central Hidroeléctrica Los Córdoros, ubicada en las comunas de San Clemente, región del Maule, cuenta con dos generadores síncronos, ambos marca VOITH modelo 1DH 6151 -3WE06-Z de 85 MVA de potencia aparente nominal e impulsados por una turbina Pelton marca VOITH cada uno, modelo DK100/350 de potencia nominal de 79.48 MW.

Cada unidad cuenta con un regulador de tensión (AVR), marca VOITH modelo Thyricon™, completamente digital y cuenta con todos los modos de control: control de tensión, de reactivos y de factor de potencia. Así mismo, cada unidad cuenta con un regulador de velocidad (GOV) marca VOITH modelo HyCon™ GC443R completamente digital, siendo el encargado de regular todas las válvulas de control de la turbina; este cuenta con modos de control de velocidad y potencia.

Ambos generadores síncronos cuentan con su respectivo transformador elevador de 90 MVA de capacidad nominal y de relación de transformación 13.8 kV / 230 kV ($\pm 2 \times 2.5\%$), el cual permite la interconexión de estos con la barra de 220 kV de la subestación Los Córdoros.



2.1 Descripción de los participantes

Empresa	Personal	Cargo
Estudios Eléctricos	Federico García Nicolás Silva Palmo Giacomozzi	Equipo consultor
Enel Generación	Miguel Rey Daniel Rios Felix Costa	Comisionamiento Enel
	Octavio Garcés	Ingeniería Enel
	Raul Bravo Esteban Hermosilla	Operador sala de control Enel

Tabla 2.1 – Personal participante

2.2 Medidores utilizados

El medidor principal que se utiliza durante la instancia de pruebas corresponde a un equipo adquisidor, propiedad de Estudios Eléctricos S.A., detallado en la Tabla 2.2.

Denominación	Marca / Modelo	N° serie	Certificado de calibración
Adquisidor de señales 16 CH	EE / Cirion	EE-EQ-2009 137	Ver Anexo 7.3

Tabla 2.2 – Característica de los equipos de adquisición

Las señales registradas con el instrumental primario en el punto de interconexión son las siguientes:

- Potencia activa
- Potencia reactiva
- Corriente en bornes del generador
- Tensión en bornes del generador
- Corriente de campo del generador
- Tensión de campo del generador
- Frecuencia eléctrica

Para la medición de las variables eléctricas a nivel campo, se utiliza el resistor *shunt* "B103" para medir la corriente de campo. La medición se debe realizar en las borneras de conexión "P10" según se resalta el recuadro rojo de la Figura 2.1. Este resistor posee una relación 1500 A/ 60 mV. Con respecto a la medición de tensión de campo, esta se realiza en la bornera de conexión "P12" según se resalta en el recuadro azul de la Figura 2.1.

Para la medición de tensión y corriente en terminales se utiliza directamente los TTPP y TTCC en bornes del generador, los cuales también son utilizados por el regulador de tensión del generador. En la Figura 2.2 se indica en el recuadro azul las borneras XC: U-V-W correspondiente a la medición del voltaje de terminales del generador (ETERM), y en la Figura 2.3 se indica en el recuadro rojo las borneras TBP: A-B-C correspondiente a la medición de corriente del generador (ITERM).

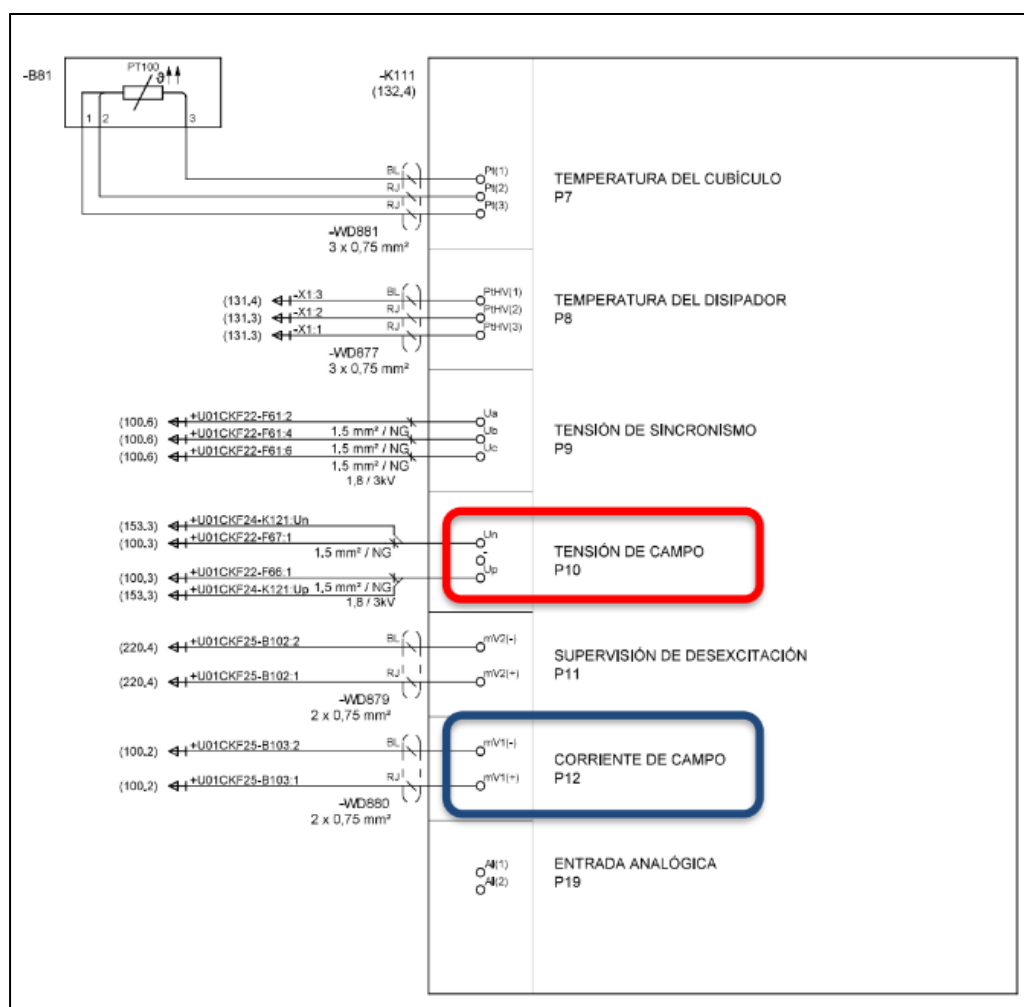


Figura 2.1 – Puntos de conexión de corriente y tensión de campo

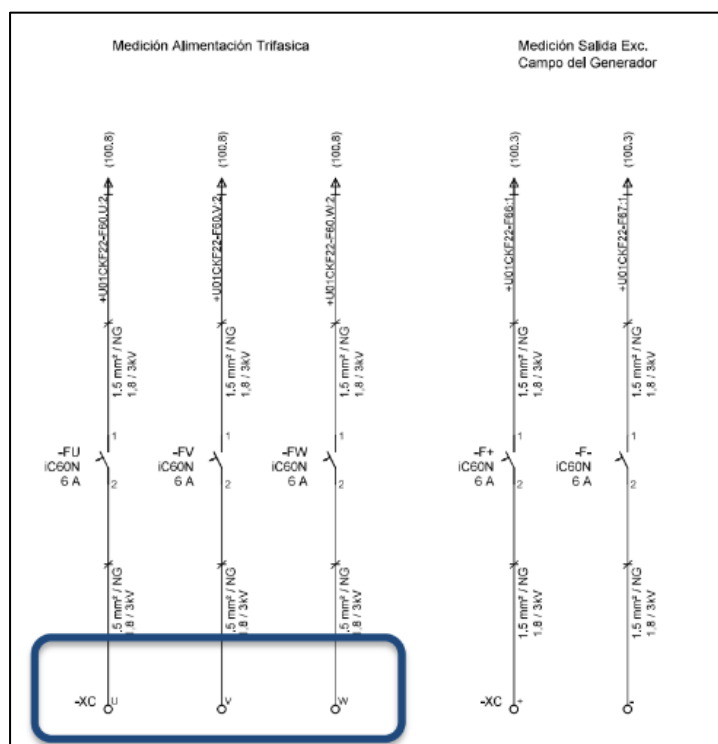


Figura 2.2 – Puntos de conexión medición de tensión – Regulador de tensión

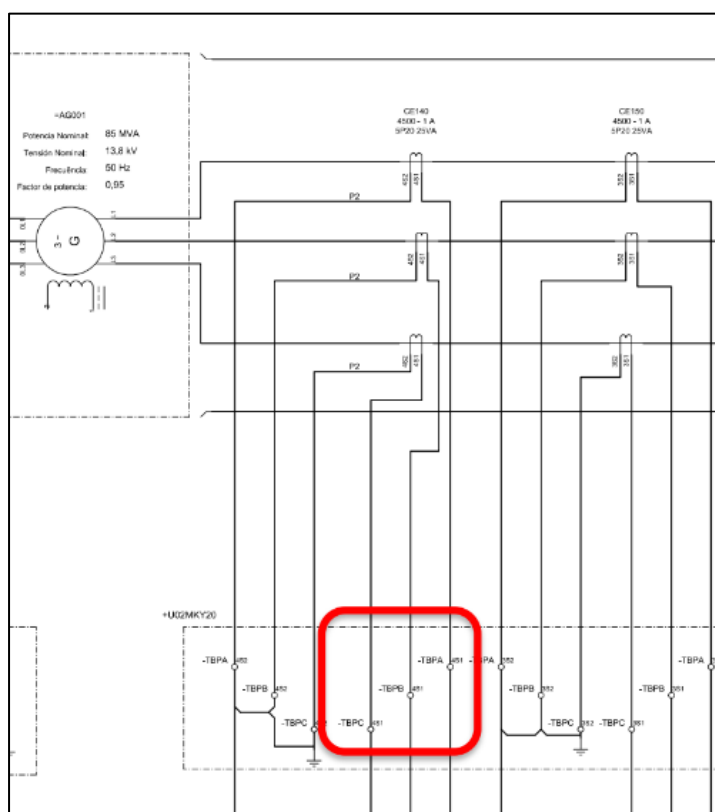


Figura 2.3 – Puntos de conexión medición de corriente – Regulador de tensión



Por otro lado, se registran señales de interés con el sistema de adquisición de planta, provistos por Enel Generación, el cual posee una tasa de muestreo de 1 s para el respaldo de las principales variables eléctricas en el punto de interconexión y la velocidad de la turbina de cada generador durante los ensayos.

Las señales registradas, para cada unidad, fueron:

- Potencia activa generador
- Potencia reactiva generador
- Tensión de generador
- Corriente de generador
- Frecuencia eléctrica
- Velocidad de la turbina
- Potencia activa y reactiva de SSAA
- Tensión de SSAA
- Velocidad de turbina
- Apertura de inyectores
- Caída
- Flujo



3 ASPECTOS NORMATIVOS

El “**Anexo Técnico:** Determinación de Mínimo Técnico en Unidades Generadoras” establece cómo determinar e informar la potencia activa bruta mínima con la cual una unidad puede operar en forma permanente, segura y estable inyectando energía al sistema. Este mínimo deberá obedecer sólo a restricciones técnicas de operación de la unidad.

En este informe, con el fin de determinar el valor de Mínimo Técnico de la Central Hidroeléctrica Los Cóndores, se presentará la siguiente información:

- Antecedentes técnicos de diseño
- Recomendación del fabricante
- Antecedentes de operación de la unidad generadora, incluyendo los registros y descripción de los análisis y pruebas efectuadas.
- Justificación que describen las eventualidades fuentes de inestabilidad en la operación de la unidad generadora, que impidan que la unidad pueda operar en un valor menor de potencia activa.
- Antecedentes técnicos que respalden y expliquen el comportamiento esperado o desempeño registrado.

En la sección 7 se incluyen las fuentes técnicas consideradas en la elaboración del presente documento.



4 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La Central Hidroeléctrica Los Cóncores, ubicada en las comunas de San Clemente, región del Maule, cuenta con dos generadores síncronos, ambos marca VOITH modelo 1DH 6151 -3WE06-Z de 85 MVA de potencia aparente nominal e impulsados por una turbina Pelton marca VOITH cada uno, modelo DK100/350 de potencia nominal de 79.48 MW.

Cada unidad cuenta con un regulador de tensión (AVR), marca VOITH modelo Thycon™, completamente digital y cuenta con todos los modos de control: control de tensión, de reactivos y de factor de potencia. Así mismo, cada unidad cuenta con un regulador de velocidad (GOV) marca VOITH modelo HyCon™ GC443R completamente digital, siendo el encargado de regular todas las válvulas de control de la turbina; este cuenta con modos de control de velocidad y potencia.

Ambos generadores síncronos cuentan con su respectivo transformador elevador de 90 MVA de capacidad nominal y de relación de transformación 13.8 kV / 230 kV ($\pm 2 \times 2.5\%$), el cual permite la interconexión de estos con la barra de 220 kV de la subestación Los Cóncores.

4.1 Diagrama unilineal

En la Figura 4.1 se presenta el diagrama unilineal de la barra principal de 13.8 kV y el transformador principal (enmarcado en recuadro azul) de la Unidad 1 de Central Hidroeléctrica Los Cóncores. El recuadro rojo enmarca el generador de la Central Hidroeléctrica Los Cóncores. En tanto, en la Figura 4.2 se presenta este mismo diagrama para la Unidad 2 de Central Hidroeléctrica Los Cóncores.

En la Figura 4.3 se presenta el diagrama unilineal de los consumos de servicios auxiliares en corriente alterna. Así también, en la Figura 4.4 se presenta el diagrama unilineal de los consumos de servicios auxiliares en corriente continua.

Finalmente, en la Figura 4.5 se presenta el diagrama unilineal de la SE Los Cóncores, la cual permite la interconexión de la Central Hidroeléctrica Los Cóncores con el SEN.

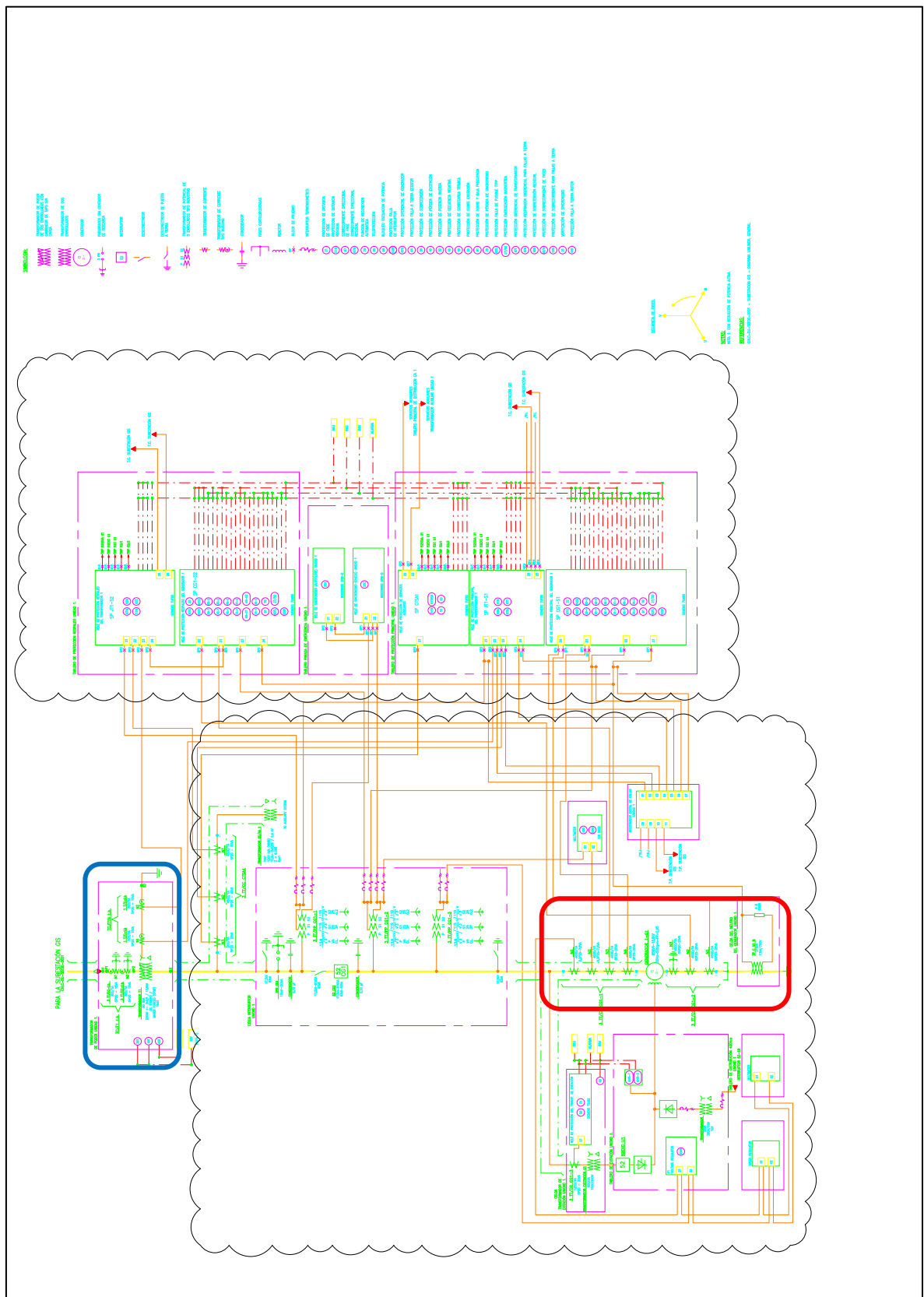


Figura 4.1 – Diagrama unilineal de la Central Hidroeléctrica Los Cóndores – Unidad 1

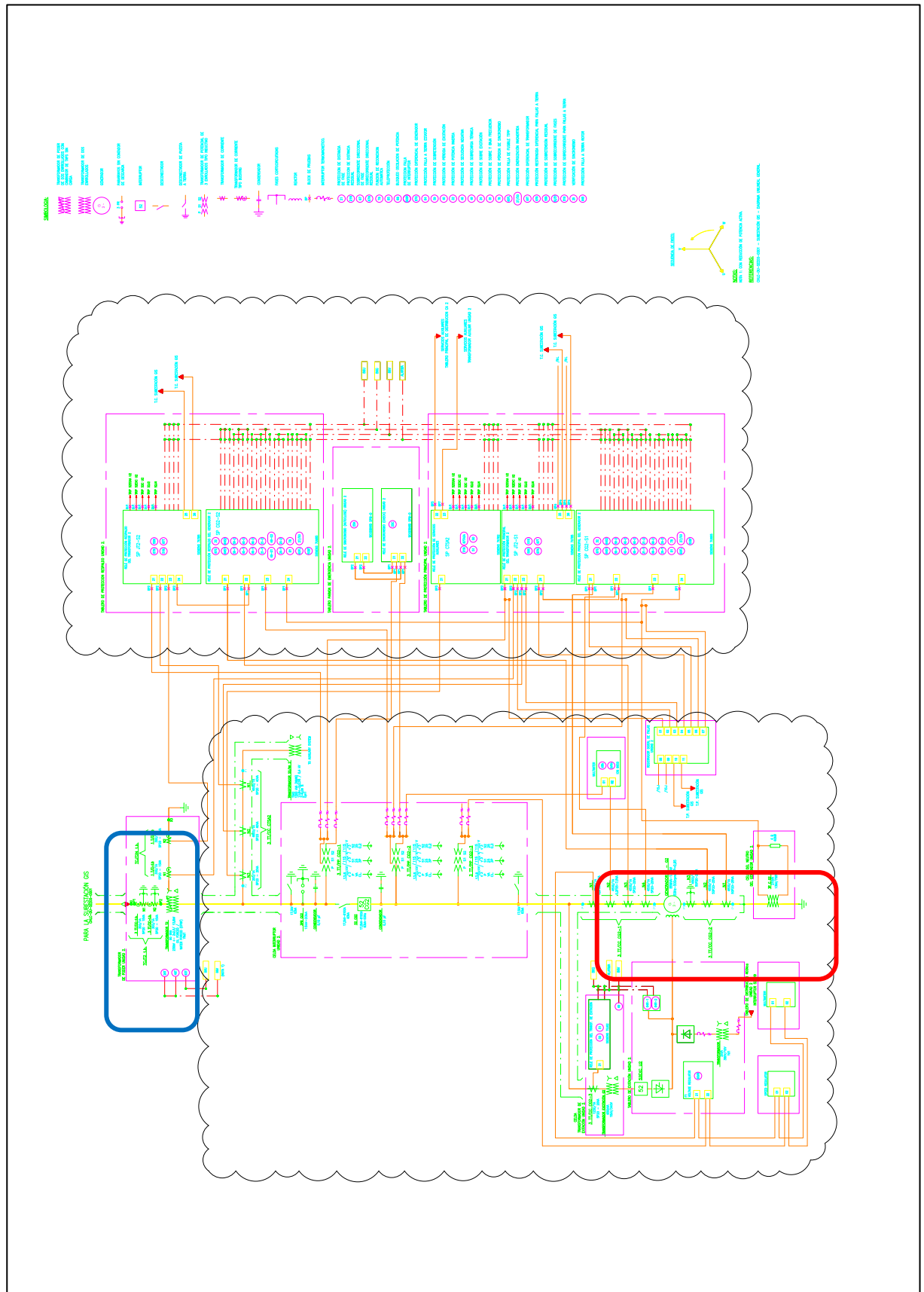


Figura 4.2 – Diagrama unilineal de la Central Hidroeléctrica Los Cóndores – Unidad 2

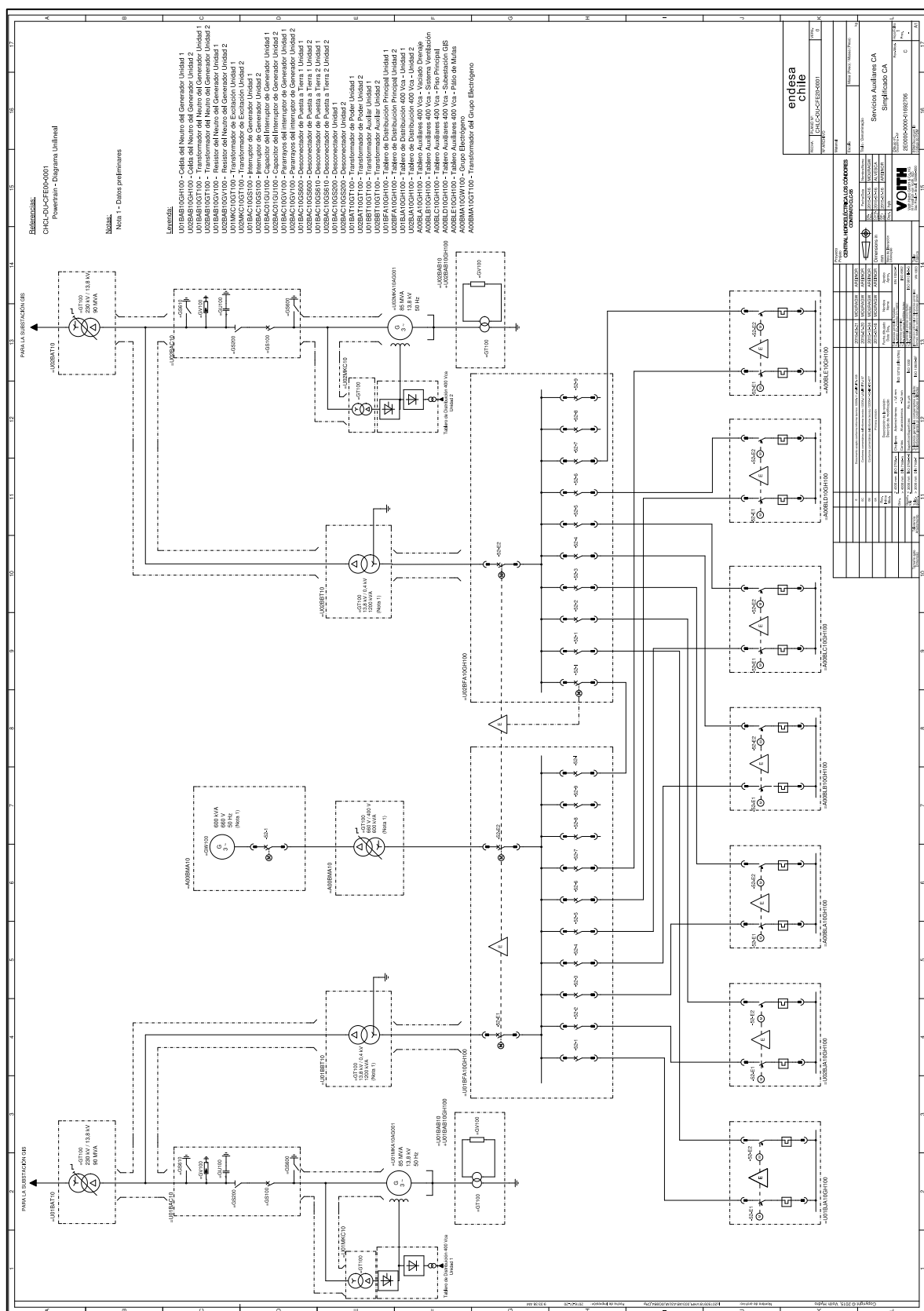


Figura 4.3 – Diagrama unilineal de consumo SSAA CA de Central Hidroeléctrica Los Cóndores

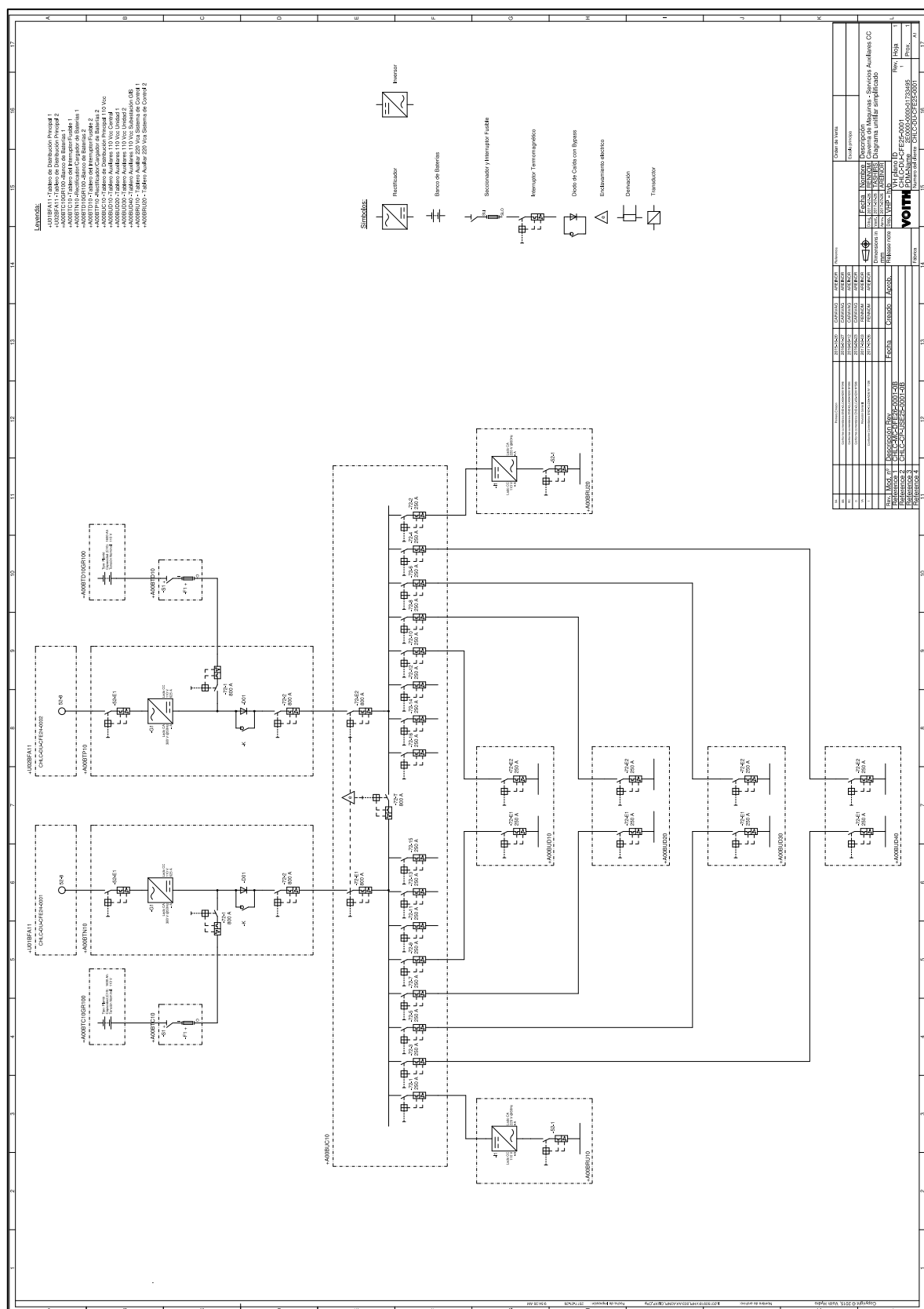


Figura 4.4 – Diagrama unilineal de consumo de SSAA CC de Central Hidroeléctrica Los Cóndores

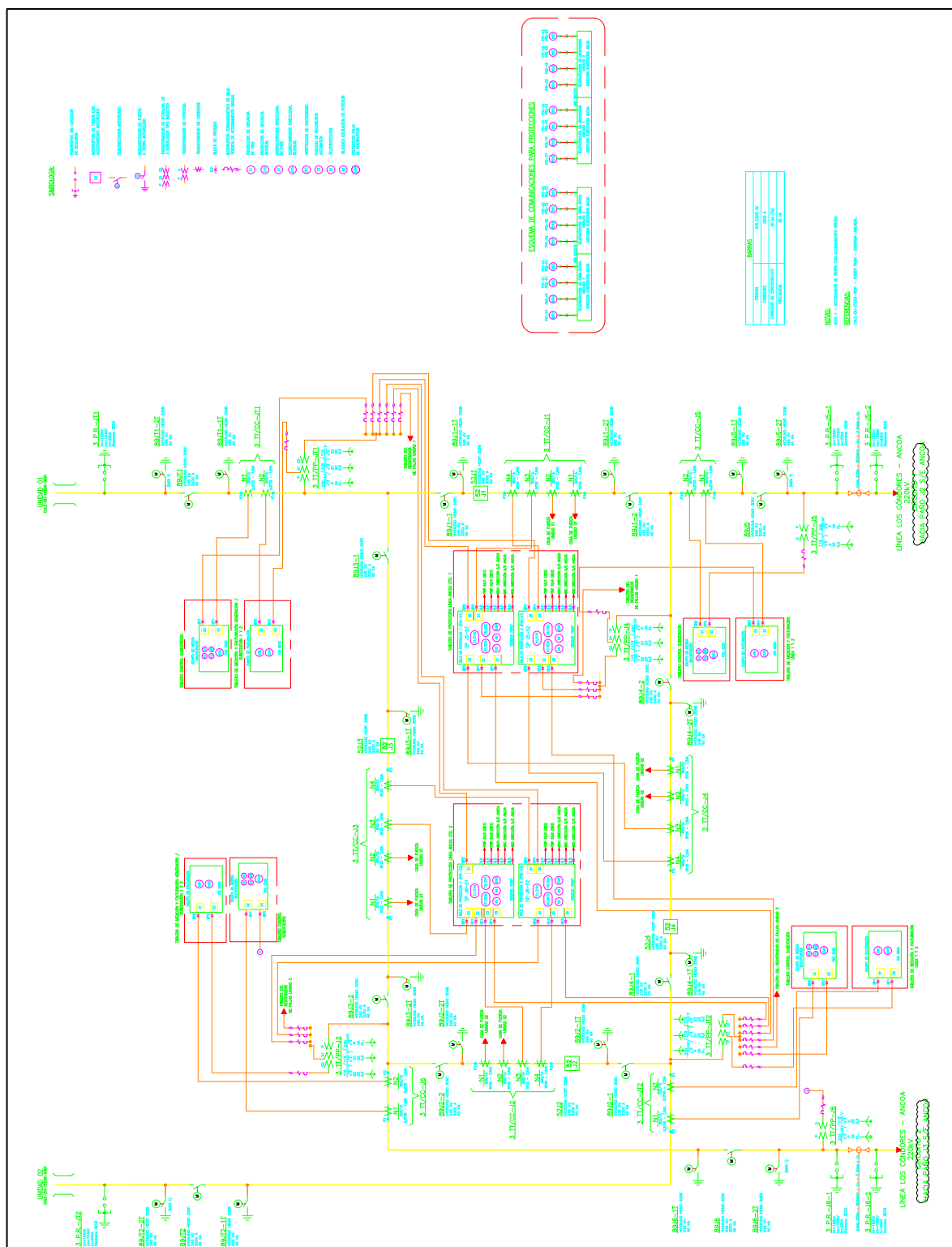


Figura 4.5 – Diagrama unilineal de la SE Los Cóndores



4.2 Datos del transformador principal

La Central Hidroeléctrica Los Córdoros considera la instalación de dos transformadores principales de dos devanados que permiten la interconexión de cada unidad generadora con la S/E Los Córdoros 220 kV. Su relación de transformación es de 13.8 / 230 kV ($\pm 2 \times 2.5\%$) y de 90 MVA de capacidad nominal.

Los datos característicos de los mismos se muestran en la Tabla 4.1.

Parámetro	Valor U1	Valor U2
Potencia nominal	90 MVA	
Refrigeración	OFWF	
Tensión nominal lado HV	230 kV	
Tensión nominal lado LV	13.8 kV	
Grupo de conexión	YNd1	
Impedancia	12.62 %	12.65%
Pérdidas en carga	390.931 kW	393.950 kW
Pérdidas en vacío	41.244 kW	41.353kW
Posiciones de TAP	$\pm 2 \times 2.5 \%$	

Tabla 4.1 – Datos del transformador principal de la unidad generadora



4.3 Antecedente técnico de Mínimo Técnico

Para determinar el Mínimo Técnico de las unidades de la Central Hidroeléctrica Los Cóndores se ha considerado la información proporcionada por el fabricante, diseñada específicamente para garantizar el correcto funcionamiento de ambas unidades.

En la Figura 4.6 se presentan los valores nominales de las turbinas hidráulicas para ambas unidades.

La Figura 4.7 presenta las curvas de colina de la central, la cual delimita dentro del recuadro rojo el rango de operación estable y continuo de la cada unidad. Este rango depende de dos variables: la altura neta de caída, medida en metros (m), y el caudal de agua, medido en metros cúbicos por segundo (m^3/s)

Además, las líneas azules segmentadas que cruzan de lado a lado el diagrama indican distintos niveles de potencia activa. Se aprecia que el valor mínimo de operación estable se tiene para una condición de caudal mínimo de $1 \text{ m}^3/\text{s}$ (para un rango de caída entre los 690 m y 766 m) y esta es la condición fijada para la determinación del valor de Mínimo Técnico para cada unidad.

En el capítulo 5 se presentan los resultados obtenidos en la determinación de Mínimo Técnico, incorporando las variables mencionadas junto con las variables eléctricas asociadas.

En particular, la sección 5.1 muestra los resultados asociados a la Unidad 1 y la sección 5.2 los correspondientes a la Unidad 2. Para ambas unidades se ha tomado la medición de potencia activa en bornes de la unidad habiendo fijado el valor de caudal mínimo informado por el fabricante ($1 \text{ m}^3/\text{s}$) y se observa una operación estable concordante con lo informado en las curvas de colina.

Altura nominal:	699 m	Altura máxima:	766,29 m
Caudal nominal:	12,50 m^3/s	Caudal máximo:	14 m^3/s
Potencia nominal:	79484 kW	Potencia máxima:	89650 kW
Rotación nominal:	500 rpm	Nivel del Centro de Inyectores:	1416,80 m
Rotación de embalamiento:	900 rpm	Sentido de rotación:	Anti-Horário

Figura 4.6 – Valores nominales de turbina

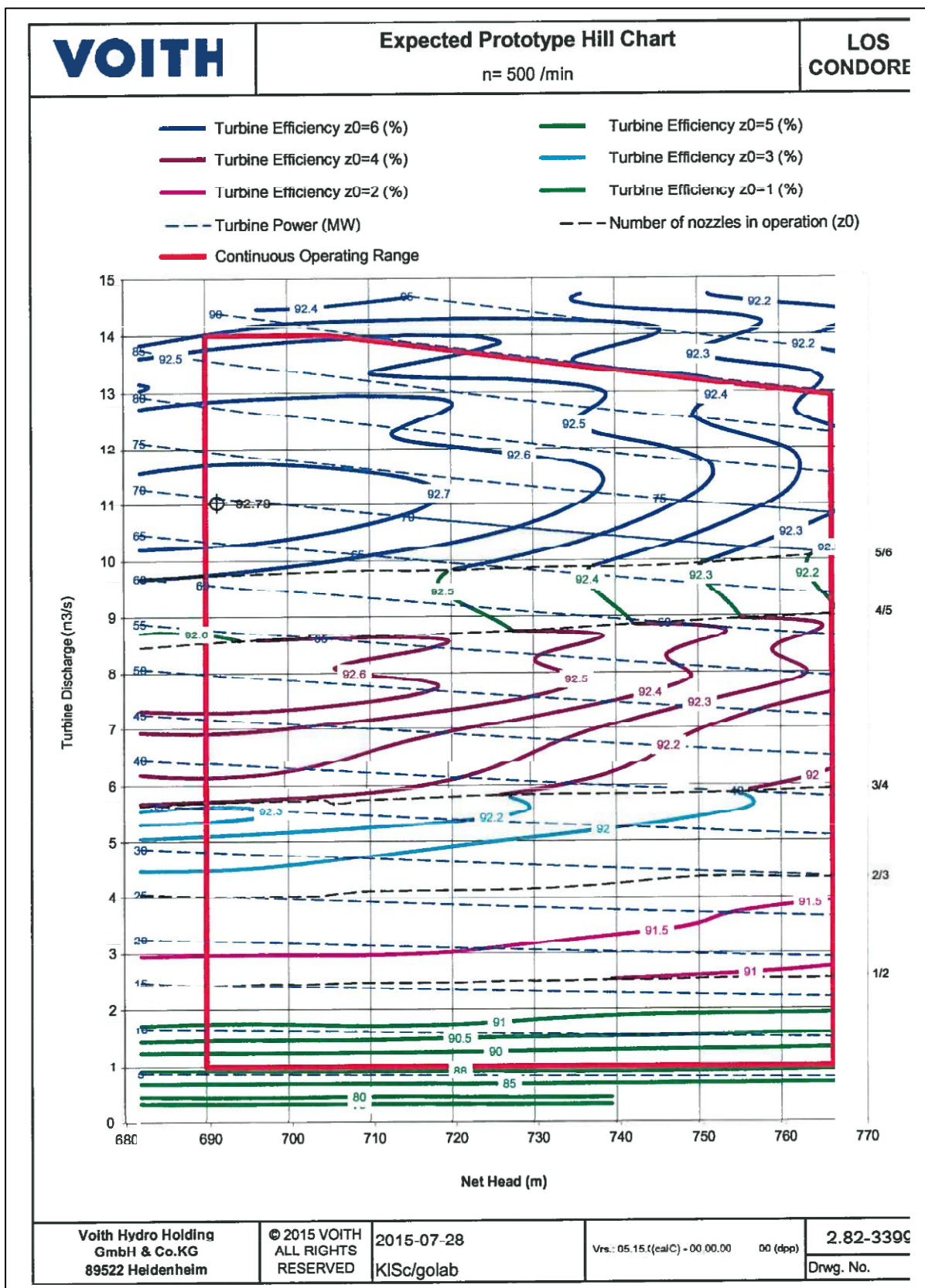


Figura 4.7 – Curva de Hill de unidades de Central Hidroeléctrica Los Cóndores



5 DETERMINACIÓN DE MÍNIMO TÉCNICO

El “**Anexo Técnico: Determinación de Mínimo Técnico en Unidades Generadoras**” establece cómo determinar e informar la potencia activa bruta mínima con la cual una unidad puede operar en forma permanente, segura y estable inyectando energía al sistema. Este mínimo deberá obedecer sólo a restricciones técnicas de operación de la unidad.

El valor de Mínimo Técnico de ambas unidades se determina mediante ensayos y guiándose por los antecedentes técnicos mencionados en la sección 4.3. De esta forma, el valor mínimo de potencia bruta en el que cada unidad de la central puede operar estable corresponde a **6.0 MW** para ambas unidades.

5.1 Unidad 1

5.1.1 Potencia Bruta

El día 5 de diciembre de 2024 se realizó la prueba para determinar el Mínimo Técnico en la Unidad 1.

En la Figura 5.1 se muestra el registro de potencia activa medida en bornes, se observa una potencia de **Mínimo Técnico de 6.0 MW** estable durante 1 hora continua de operación. Por otro lado, en la Figura 5.2 se presentan las variables eléctricas asociadas a esta operación.

Se debe aclarar que se ha fijado el valor de caudal en el mínimo recomendado por el fabricante y en concordancia con las curvas de colina de la unidad. En la Figura 5.3 se presentan las mediciones de caudal ($1 \text{ m}^3/\text{s}$), caída (745.63 m) y velocidad de la unidad y se observa que se encuentran dentro de los rangos especificados por el fabricante donde se garantiza la operación estable de la unidad.

De forma complementaria, se indica en la Figura 5.4 la apertura de los seis (6) inyectores que posee la Unidad 1 de la Central Hidroeléctrica Los Cóndores. Se evidencia únicamente la operación del inyector número 1, pues, para este punto de operación el generador puede prescindir del resto de inyectores disponibles.

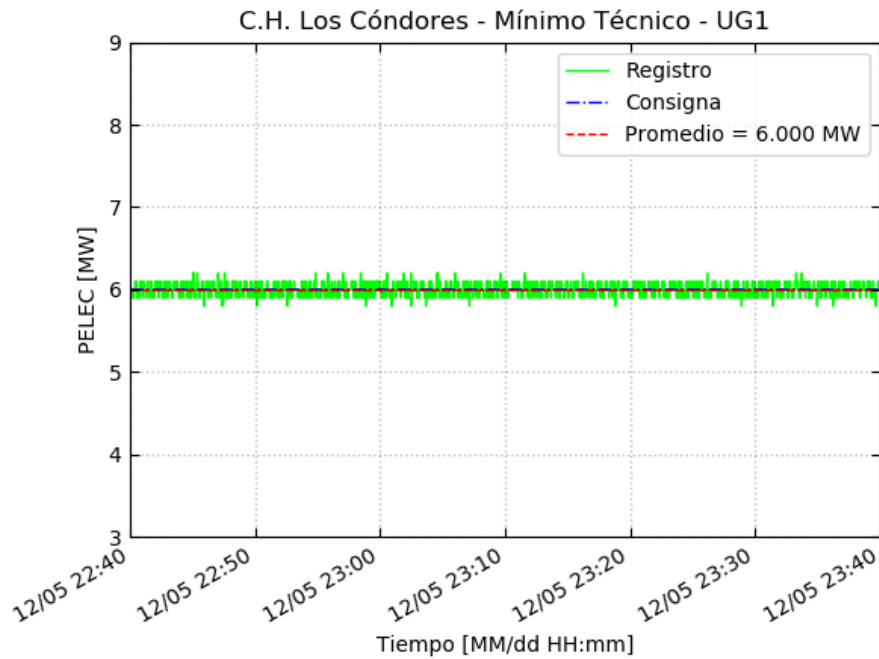


Figura 5.1 -Potencia Bruta – Mínimo Técnico – Unidad 1

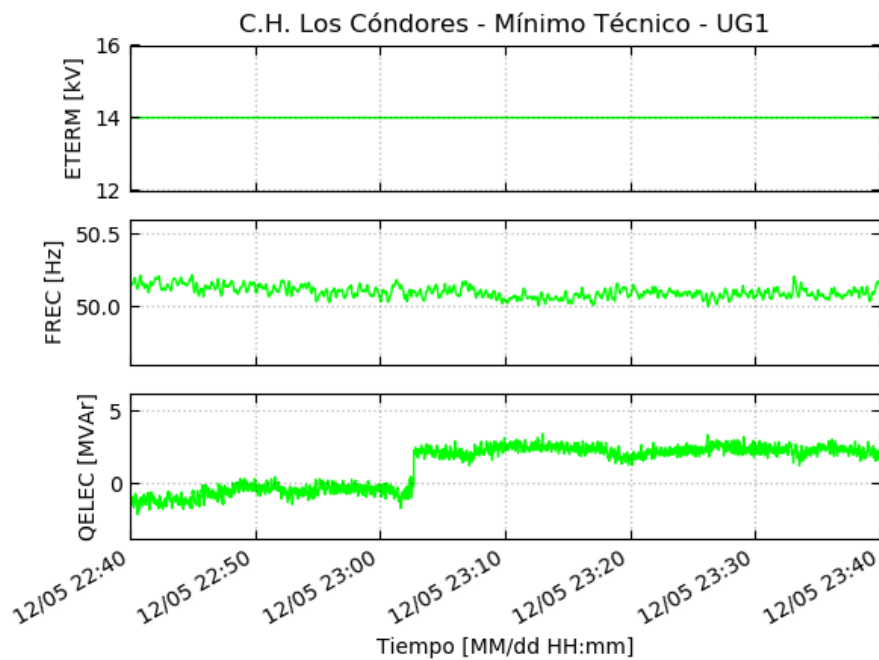


Figura 5.2 – Variables eléctricas – Mínimo Técnico – Unidad 1

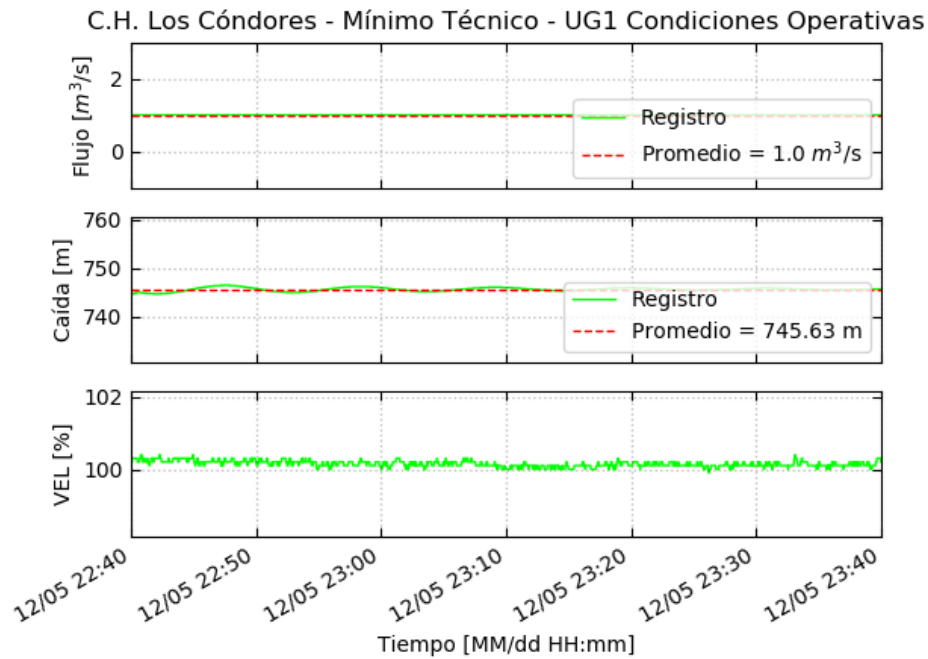


Figura 5.3 – Variables hidráulicas – Mínimo Técnico – Unidad 1

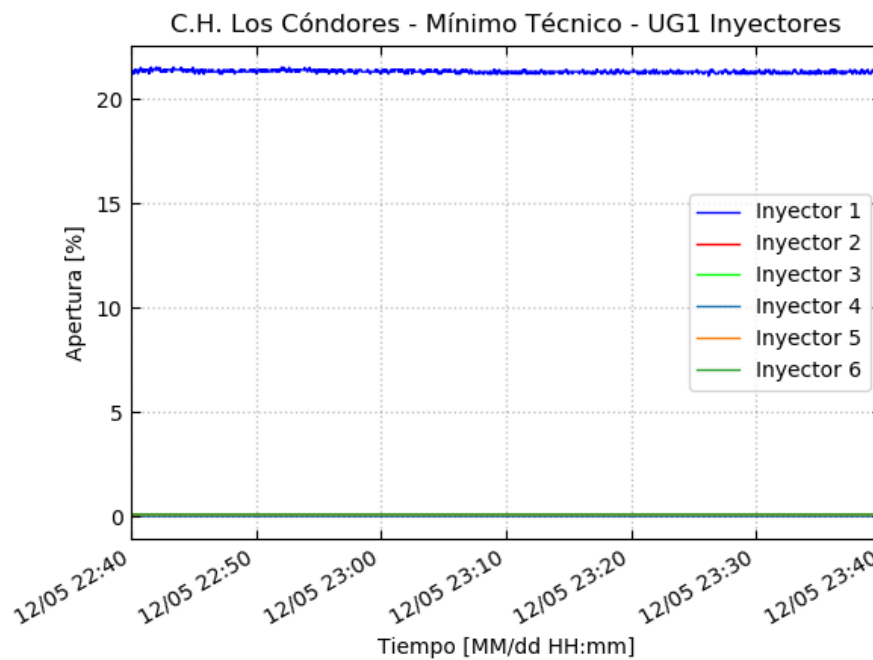


Figura 5.4 – Apertura de inyectores – Mínimo Técnico – Unidad 1



5.1.2 Potencia SSAA

En la Figura 5.5 se presentan los consumos auxiliares de la Central Hidroeléctrica Los Cóndores durante la realización de la prueba. Se observa un consumo continuo de **66.93 kW**.

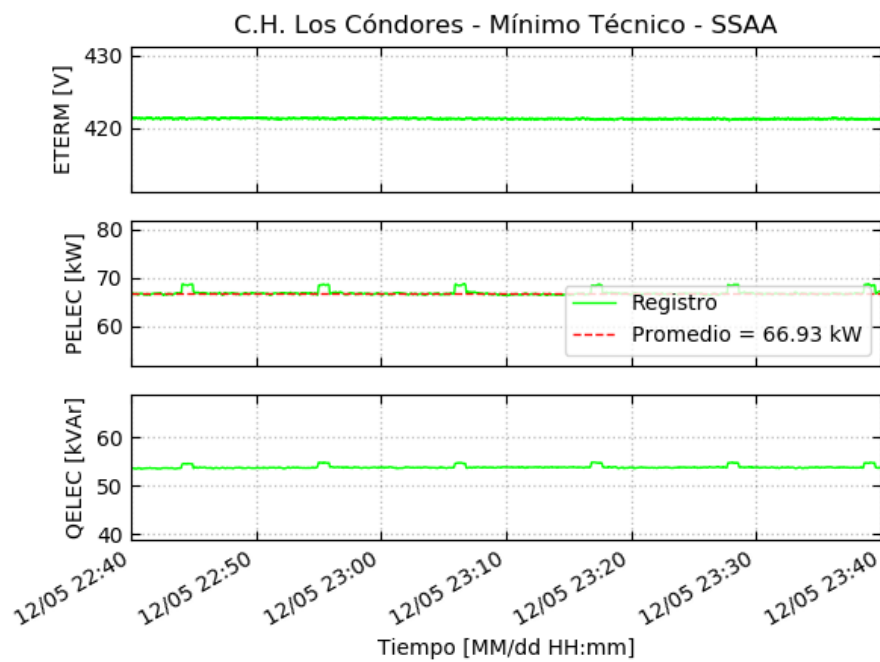


Figura 5.5 – Consumo de SSAA – Mínimo Técnico – Unidad 1



5.1.3 Potencia Neta

La S/E Los Cóndores es la encargada de inyectar la potencia generada por la Central Hidroeléctrica Los Cóndores, las variables eléctricas medidas en la S/E es presentada en la Figura 5.6, destacando una potencia neta de **5.7195 MW**.

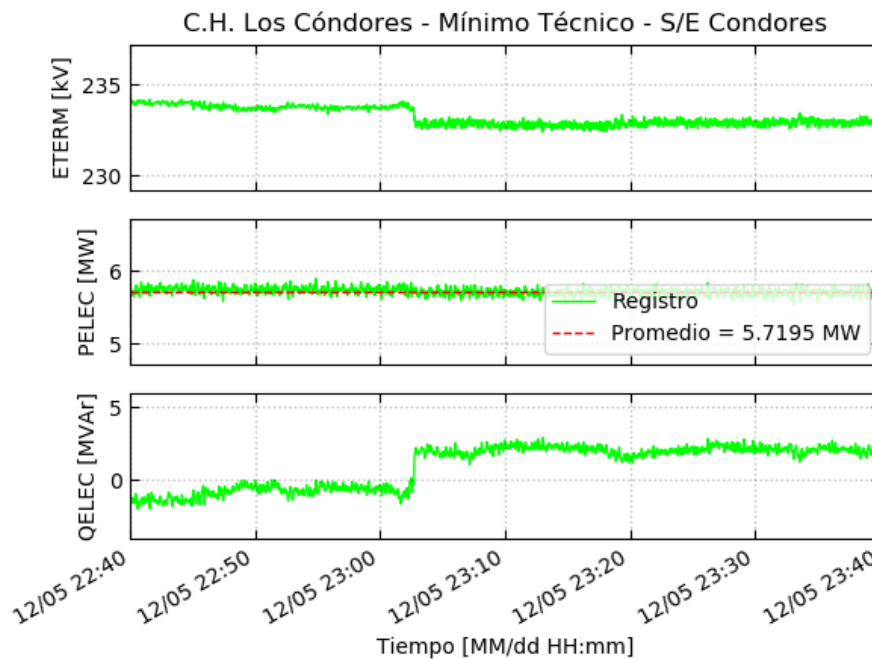


Figura 5.6 – Variables eléctricas en S/E Los Cóndores – Mínimo Técnico – Unidad 1



5.1.4 Pérdidas en la central

Las pérdidas en la central en esta ocasión son calculadas tomando la diferencia entre la Potencia Bruta generada por la Unidad 1 y la potencia observada en la S/E Los Córdoros. Esta última representa los consumos de servicios auxiliares y las pérdidas de la central: consumo de transformador elevador y conductores asociados. La expresión para calcular queda determinada a continuación.

$$P_{perd,central} = P_{gen} - P_{SSAA} - P_{S/E\ Córdoros}$$

$$P_{perd,central} = 6.0000\ MW - 0.0669\ MW - 5.7195\ MW = 0.2136\ MW$$

5.1.5 Resultados

En base a los cálculos presentados en las secciones precedentes y los registros operacionales, se muestra a continuación la tabla resumen de resultados.

Central Hidroeléctrica Los Córdoros	Potencia Bruta [MW]	Potencia de SSAA [MW]	Pérdidas en la central [MW]	Potencia Neta [MW]
Unidad 1	6.0000	0.0669	0.2136	5.7195

Tabla 5.1 – Mínimo Técnico – Central Hidroeléctrica Los Córdoros – Unidad 1



5.2 Unidad 2

5.2.1 Potencia Bruta

El día 4 de diciembre de 2024 se realizó la prueba para determinar el Mínimo Técnico en la Unidad 2.

En la Figura 5.7 se muestra el registro de potencia activa medida en bornes, se observa una potencia de **Mínimo Técnico** de **6.0 MW** estable durante 1 hora continua de operación. Por otro lado, en la Figura 5.8 se presentan las variables eléctricas asociadas a esta operación.

Se debe aclarar que se ha fijado el valor de caudal en el mínimo recomendado por el fabricante y en concordancia con las curvas de colina de la unidad. En la Figura 5.9 se presentan las mediciones de caudal ($1 \text{ m}^3/\text{s}$), caída (748.42 m) y velocidad de la unidad y se observa que se encuentran dentro de los rangos especificados por el fabricante donde se garantiza la operación estable de la unidad.

De forma complementaria, se indica en la Figura 5.10 la apertura de los seis (6) inyectores que posee la Unidad 2 de la Central Hidroeléctrica Los Córdobas. Se evidencia únicamente la operación del inyector número 1, pues, para este punto de operación el generador puede prescindir del resto de inyectores disponibles.

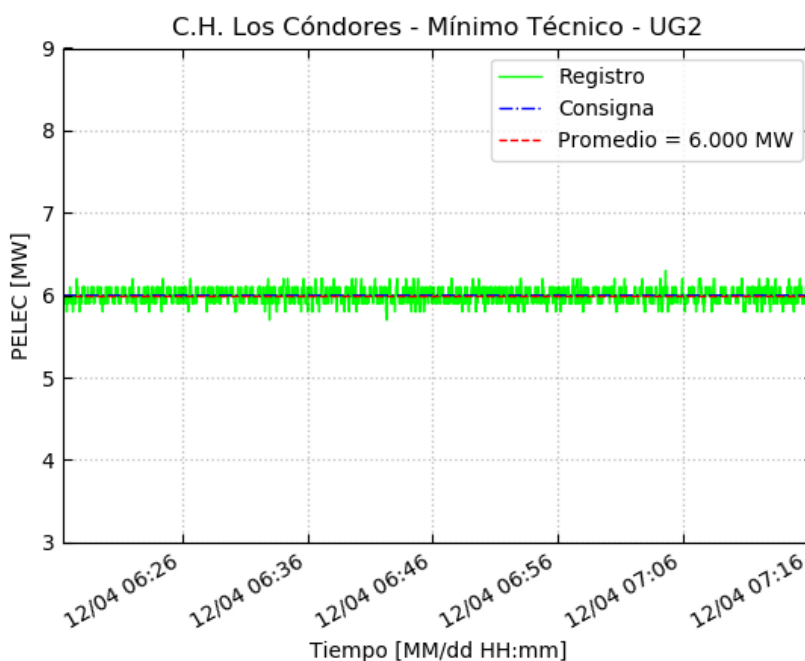


Figura 5.7 -Potencia Bruta – Mínimo Técnico – Unidad 2

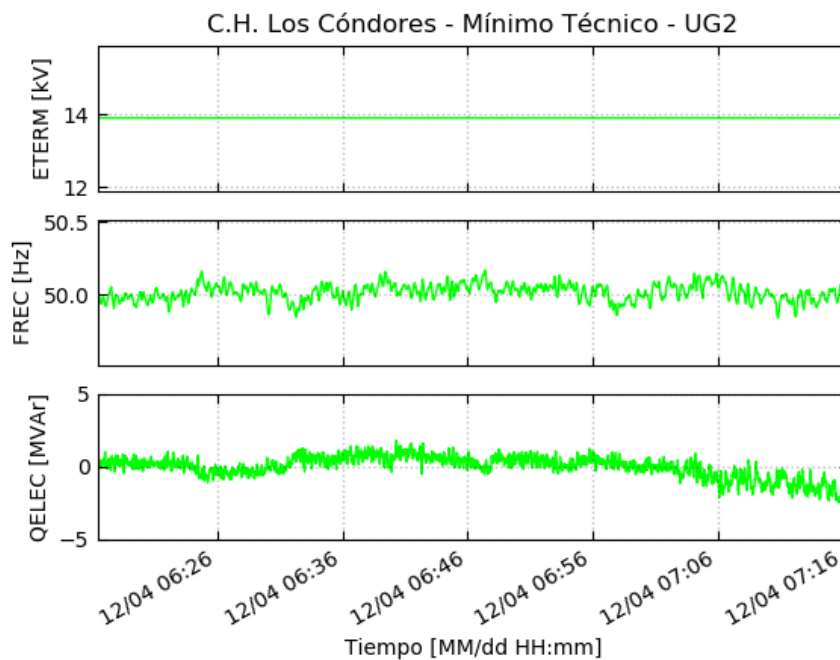


Figura 5.8 – Variables eléctricas – Mínimo Técnico – Unidad 2

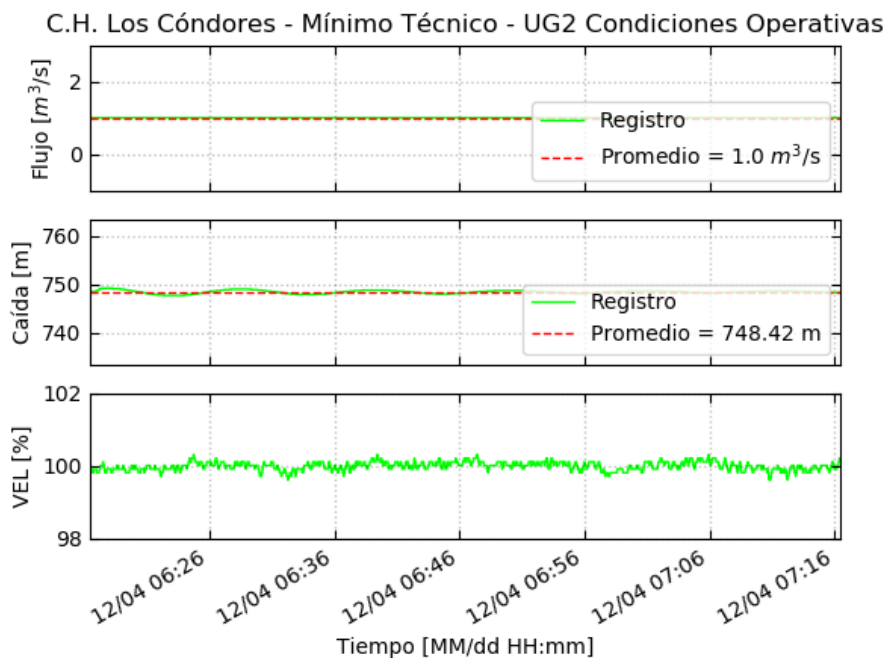


Figura 5.9 – Variables hidráulicas – Mínimo Técnico – Unidad 2

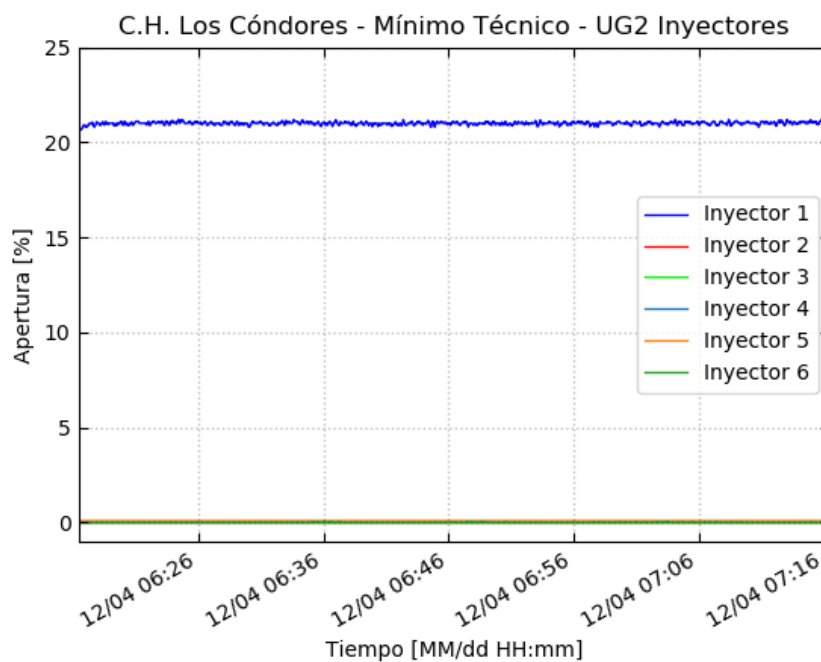


Figura 5.10 – Apertura de inyectores – Mínimo Técnico – Unidad 2



5.2.2 Potencia SSAA

En la Figura 5.11 se presentan los consumos auxiliares de la Central Hidroeléctrica Los Cóndores durante la realización de la prueba. Se observa un consumo continuo de **57.20 kW**.

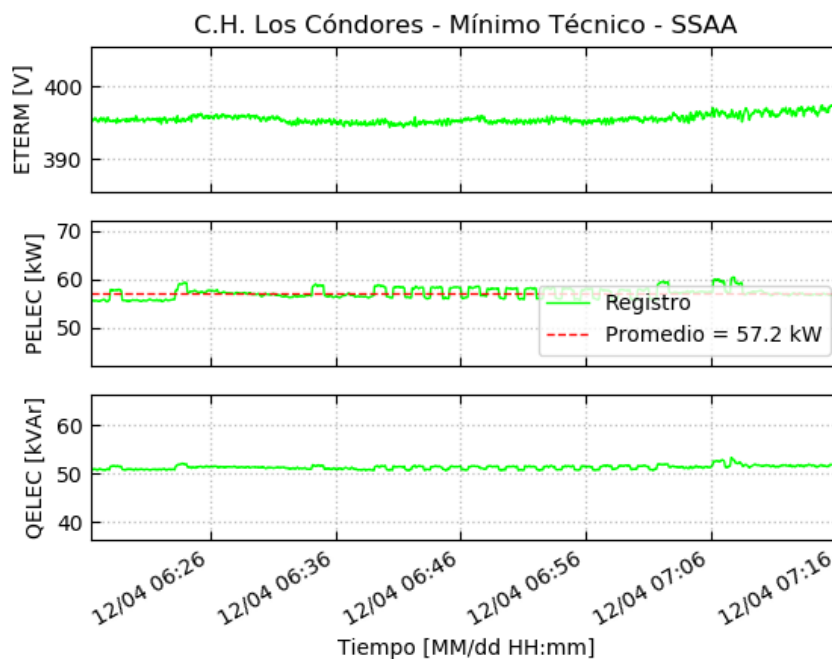


Figura 5.11 – Consumo de SSAA – Mínimo Técnico – Unidad 2



5.2.3 Potencia Neta

La S/E Los Córdoros es la encargada de inyectar la potencia generada por la Central Hidroeléctrica Los Córdoros, las variables eléctricas medidas en la S/E Los Córdoros es presentada en la Figura 5.12, destacando una potencia neta de **5.7393 MW**.

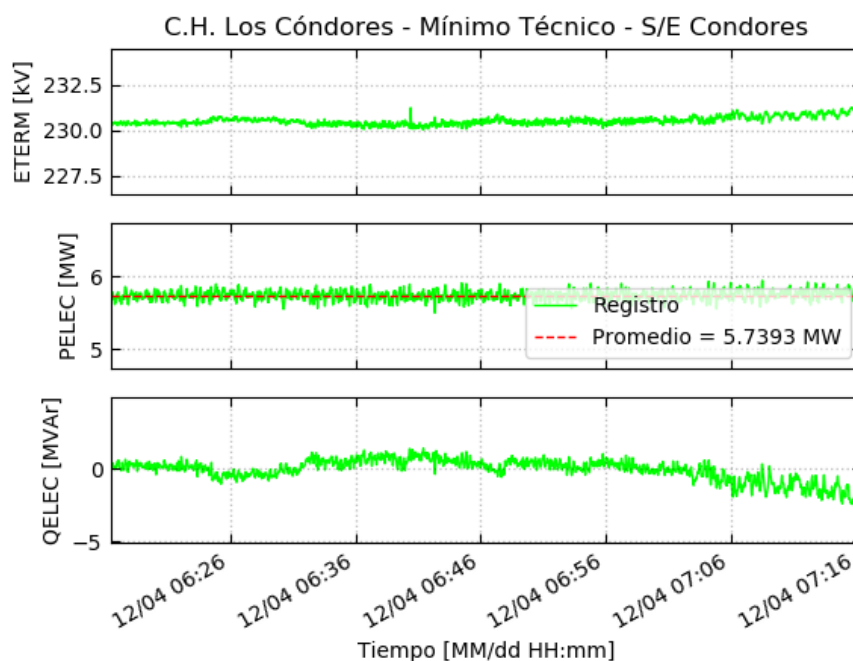


Figura 5.12 – Variables eléctricas en S/E Los Córdoros – Mínimo Técnico – Unidad 2



5.2.4 Pérdidas en la central

Las pérdidas en la central en esta ocasión son calculadas tomando la diferencia entre la Potencia Bruta generada por la Unidad 2 y la potencia observada en la S/E Los Córdoros. Esta última representa los consumos de servicios auxiliares y las pérdidas de la central: consumo de transformador elevador y conductores asociados. La expresión para calcular queda determinada a continuación.

$$P_{perd,central} = P_{gen} - P_{SSAA} - P_{S/E\ Córdoros}$$

$$P_{perd,central} = 6.0000\ MW - 0.0572\ MW - 5.7393\ MW = 0.2035\ MW$$

5.2.5 Resultados

En base a los cálculos presentados en las secciones precedentes y los registros operacionales, se muestra a continuación la tabla resumen de resultados.

Central Hidroeléctrica Los Córdoros	Potencia Bruta [MW]	Potencia de SSAA [MW]	Pérdidas en la central [MW]	Potencia Neta [MW]
Unidad 2	6.0000	0.0572	0.2035	5.7393

Tabla 5.2 – Mínimo Técnico – Central Hidroeléctrica Los Córdoros – Unidad 2



6 CONCLUSIONES

En el presente informe, se ha determinado el valor de **Mínimo Técnico** de la Central Hidroeléctrica Los Cóndores. No se identificaron fuentes de inestabilidad durante las pruebas realizadas y se confirman los valores de operación estables informados por el fabricante y con el sustento técnico respectivo.

Las Tabla 6.1 resume los resultados obtenidos.

Central Hidroeléctrica Los Cóndores	Potencia Bruta [MW]	Potencia de SSAA [MW]	Pérdidas en la central [MW]	Potencia Neta [MW]
Unidad 1	6.0000	0.0669	0.2136	5.7195
Unidad 2	6.0000	0.0572	0.2035	5.7393

Tabla 6.1 – Mínimo Técnico – Central Hidroeléctrica Los Cóndores – Planta completa



7 ANEXOS

7.1 Generador Síncrono

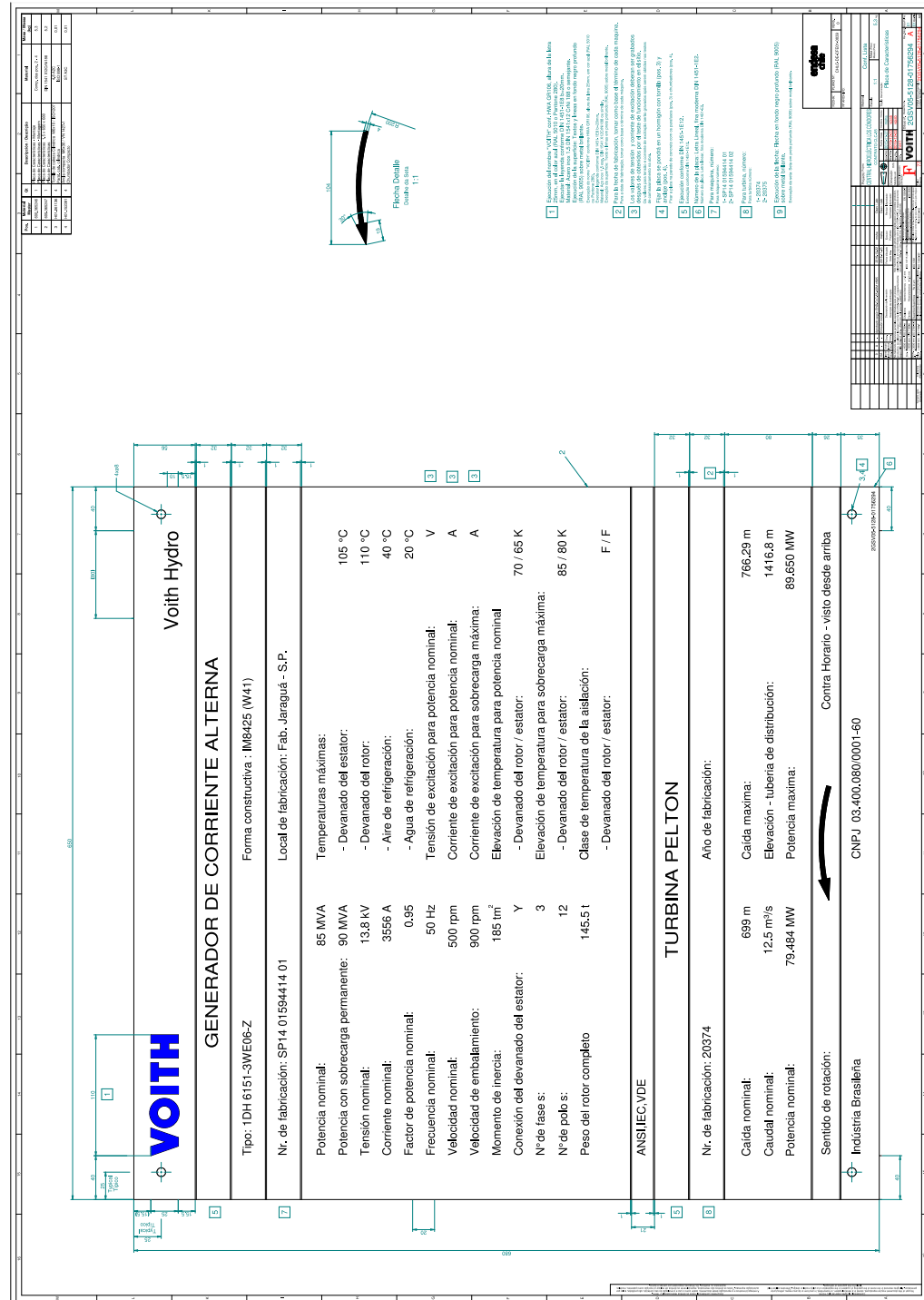


Figura 7.1 – Placa característica de generador



VOITH		Hoja de Datos Eléctricos		Voith Hydro			
Número del Documento:			2GSV00-0115- 01594417		C	Página 2/5	
Cliente			ENDESA - Chile				
Identificación del Cliente			Proyecto Hidroeléctrico Los Cóndores				
Tipo de la máquina			Generador sincrónico de polos salientes				
Modelo			1DH 6151-3WE06-Z				
Tipo de accionamiento			Turbina hidráulica Pelton				
Número de serie			SP 14 015944101 / 02				
Potencia nominal			85000		kVA		
Potencia con sobrecarga permanente			90000		kVA		
Tensión nominal			13800		V		
Gama de operación continua de la tensión			5		%		
Corriente nominal			3556		A		
Frecuencia nominal			50		Hz		
Factor de potencia nominal			0,95				
Factor de servicio			1,0				
Número de fases			3				
Número de polos			12				
Velocidad nominal			500		rpm		
Velocidad de embalamiento			900		rpm		
Regimen de servicio			S1		(Continuo)		
Clase de aislamiento:			Estator :		F	/ Rotor :	F
Elevación de temperatura sobre temperatura máxima del aire de enfriamiento no mayor de 40 °C, a factor de potencia y frecuencia nominales, con tensiones que difieran de la tensión nominal hasta 5%:							
- Potencia nominal:			Estator :		65	K	
			Rotor :		70	K	
- Potencia con sobrecarga máxima permanente:			Estator :		80	K	
			Rotor :		85	K	
Ejecutado por		Verificado por		Aprobado por		Fecha	
masm		chal		ejf		16- Dez 14	

Figura 7.2 – Hoja de datos del generador (1 de 7)



VOITH		Hoja de Datos Eléctricos		Voith Hydro		
Número del Documento:			2GSV00-0115- 01594417	C	Página 3/5	
Temperatura máxima del aire de enfriamiento		40	°C			
Altitud máxima de servicio		1421	m			
Corriente de excitación en vacío		583	A	A		
Corriente de excitación nominal		1013	A	A		
Tensión de excitación nominal		119	V @ 110 °C	A		
Tipo de excitación		Estática				
<u>Rendimiento:</u>						
-Sin incluir pérdidas en cojinete combinado (de empuje y guía) superior y cojinete guía inferior;						
-Voltaje nominal, frecuencia nominal y factor de potencia nominal;						
-Pérdidas resistivas ($I^2 R$) referidas a 75°C;						
-Se permitirán tolerancias según la Publicación IEC 60034-1, a saber +10% en las pérdidas totales.						
	$\eta_{100\%}$	$\eta_{90\%}$	$\eta_{85\%}$	$\eta_{80\%}$	$\eta_{60\%}$	$\eta_{45\%}$
% de la potencia nominal	100%	90%	85%	80%	60%	45%
Rendimiento (%)	98,97%	98,95%	98,93%	98,91%	98,75%	98,54%
Tolerancia (en las pérdidas totales según IEC 60034-1)	10%	10%	10%	10%	10%	10%
<u>Rendimiento medio ponderado generator:</u>						
$\eta_{PG} = 0.54 \eta_{100\%} + 0.23 \eta_{85\%} + 0.17 \eta_{60\%} + 0.06 \eta_{45\%} = 98.90\%$						
Capacidades máximas reactivas a la tensión y frecuencias nominales:						
Con FP=0 intensidad adelantada (excitación reducida):		61,6	MVAr			
Con FP=0 intensidad atrasada (sobree excitado):		49,9	MVAr			
Ejecutado por		Verificado por		Aprobado por		Fecha
masm		chal		ejf		16- Dez 14

Figura 7.3 – Hoja de datos del generador (2 de 7)



VOITH		Hoja de Datos Eléctricos		Voith Hydro
Número del Documento:		2GSV00-0115- 01594417	C	Página 4/5
Reactancias (en p.u.) :		No saturado	Saturado	Tolerancia
X d		1,21	1,04	± 15%
X 'd		0,28	0,26	± 15%
X "d		0,24	0,20	± 15%
X q		0,81		± 15%
X 'q		0,81		± 15%
X "q		0,24		± 15%
X 2		0,24		± 15%
X 0		0,05		± 15%
Razón de cortocircuito I _{k0} / I _n		0,96		± 15%
Corriente del corto-circuito instantánea (impulso inicial)		12,9	pu	
Constantes de tiempo				
T 'do		10,91	s	
T ' d		2,45	s	
T " d		0,12	s	
T " do		0,13	s	
T " q		0,01	s	
T " qo		0,02	s	
T a		0,30	s	
Corriente de secuencia negativa permanente		≤ 12 %		
THF (según norma IEC 60034-1)		≤ 1.5 %		
Desviación de forma de onda		≤ 3.0 %		
Ejecutado por	Verificado por	Aprobado por	Fecha	
masm	chal	ejf	16- Dez 14	

Figura 7.4 - Hoja de datos del generador (3 de 7)



VOITH		Hoja de Datos Eléctricos			Voith Hydro	
Número del Documento:		2GSV00-0115- 01594417 C			Página 5/5	
Resistencia ohmica del devanado del estator / fase	4,90	m	@	20	°C	A
Resistencia ohmica del devanado del rotor	86,58	m	@	20	°C	
Conexiones del devanado del estator	Y					
Capacitancia puesta a tierra del devanado del estator:	0,60	µF / fase				
Sensor de temperatura en el devanado del estator	12	x	Pt100			
Curva de Capabilidad	2GSV00-0115-01594417 C			(Anexo 1)		
Curva de Saturación en Circuito Abierto y en Corto-circuito	2GSV00-0115-01594417 C			(Anexo 2)		
Curvas V	2GSV00-0115-01594417 C			(Anexo 3)		
Normas	IEC					
Disipación térmica total del generador:	926	kW				C
Ejecutado por	Verificado por	Aprobado por		Fecha		
masm	chal	ejf		16- Dez 14		

Figura 7.5 - Hoja de datos del generador (4 de 7)



Figura 7.6 - Hoja de datos del generador (5 de 7)

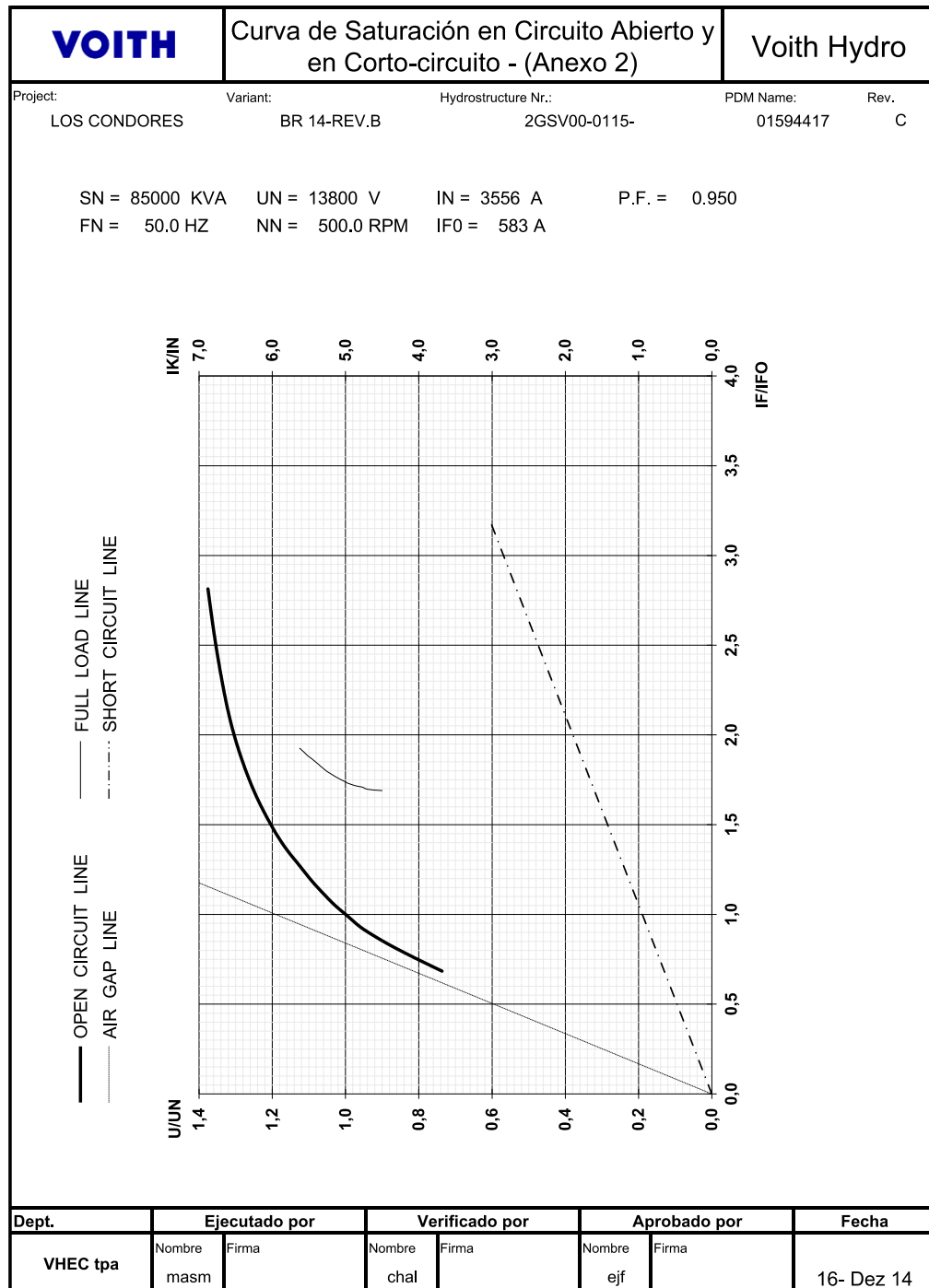


Figura 7.7 - Hoja de datos del generador (6 de 7)

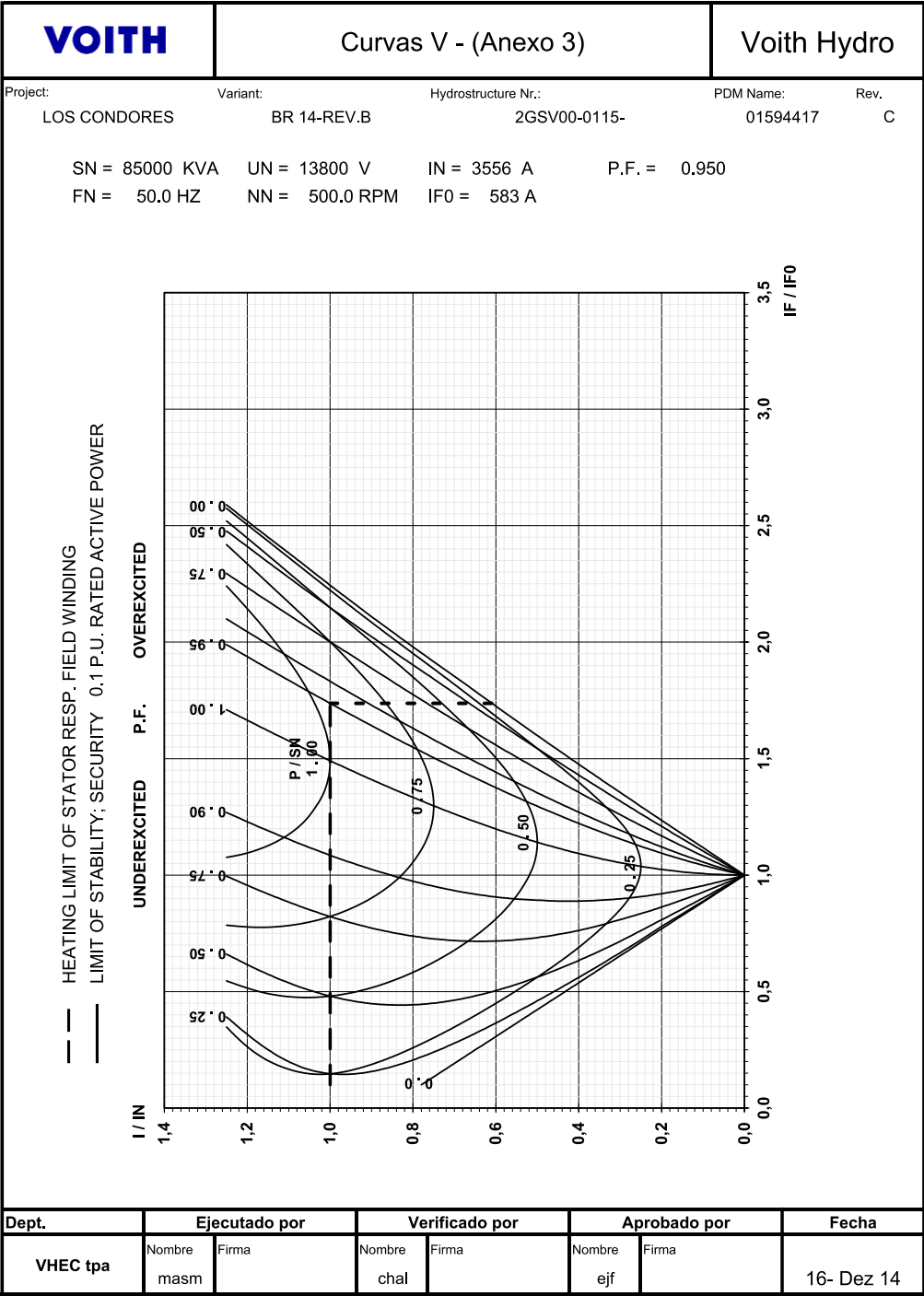


Figura 7.8 - Hoja de datos del generador (7 de 7)

7.2 Antecedentes de turbina

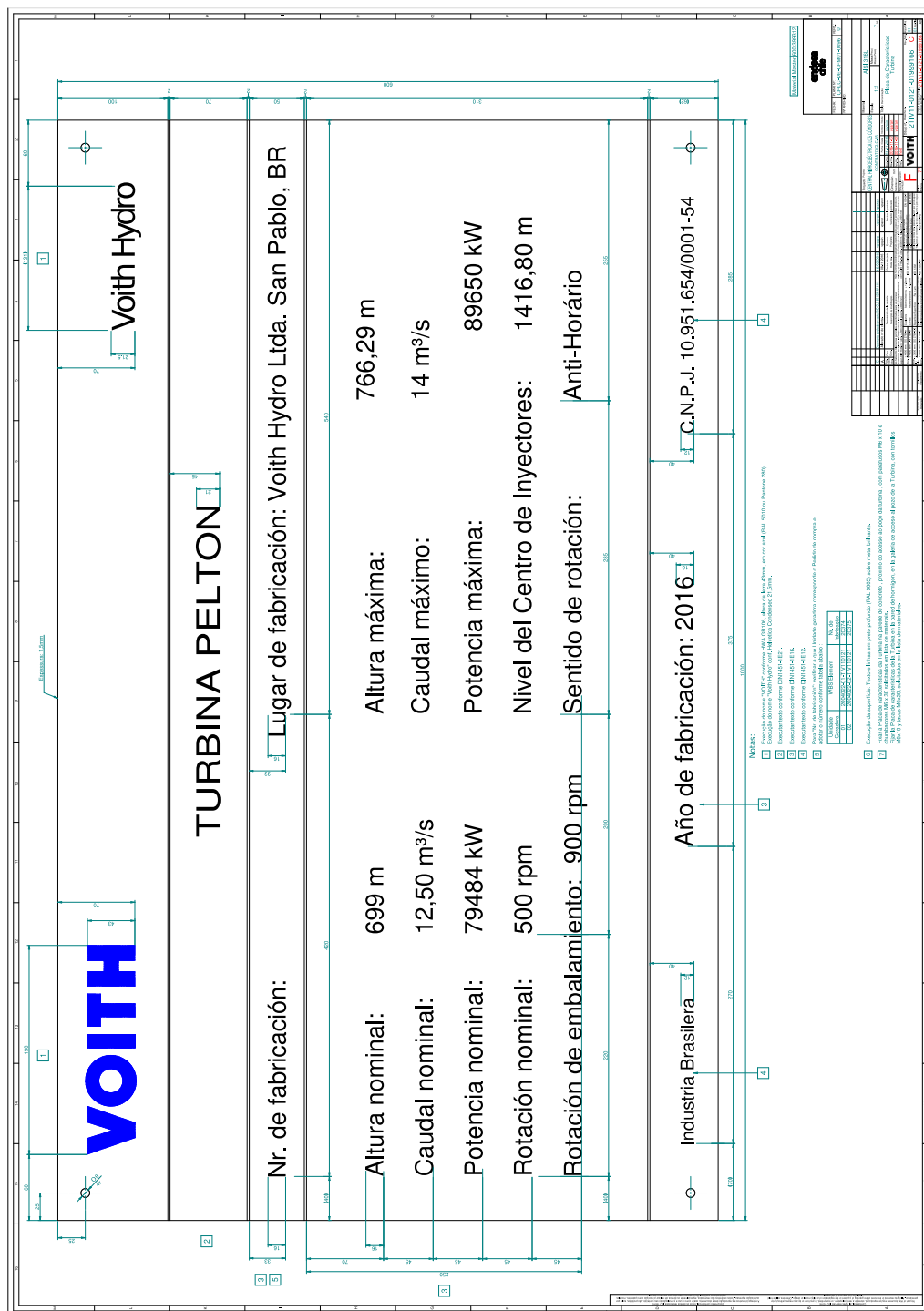


Figura 7.9 – Placa característica de turbina



7.3 Certificado de calibración del equipamiento utilizado

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN


ESTUDIOS ELECTRICOS

Estudios Eléctricos declara que el instrumento:

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.

Instrumento	Número de serie:	Última Calibración
Adquisidor Cirion 16CH	EE-EQ-2009 137	10/04/2024

Para la calibración se emplearon los siguientes instrumentos patrón:

Instrumento Patrón	Número de Serie:	Ultima calibración	Proxima calibración
OMICRON CMC 256-6	HH594R	4/3/2024	4/3/2025

Fecha de evaluación: 10/4/2024

Certificado número:EE-CI-2024-0408

Power System Studies & Power Plant Field
Testing and Electrical Commissioning

Nombre Inspector: Leiss, Jorge

Firma: 

Figura 7.10 – Certificado de calibración de analizador de energía



Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco.