

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

Coordinador Eléctrico Nacional  
Chile  
C.H. Hornitos  
Informe de Pruebas de Potencia  
Máxima



**CÓDIGO DE PROYECTO** EE-2023-139  
**CÓDIGO DE INFORME** EE-EN-2024-0257  
**REVISIÓN** A

**13 mar. 24**



Este documento **EE-EN-2024-0257-RA** fue preparado para Coordinador Eléctrico Nacional por el Grupo Estudios Eléctricos.

Para consultas técnicas respecto del contenido del presente comunicarse con:

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

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

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

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

Este documento contiene 71 páginas y ha sido guardado por última vez el 13/03/2024 por Federico García; sus versiones y firmantes digitales se indican a continuación:

<b>Revisión</b>	<b>Fecha</b>	<b>Comentarios</b>	<b>Realizó</b>	<b>Revisó</b>	<b>Aprobó</b>
<b>A</b>	13.3.2024	Para presentar.	FG	AC	PR

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



# ÍNDICE

1	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>5</b>
2	<b>RESUMEN EJECUTIVO.....</b>	<b>6</b>
3	<b>OBJETIVO GENERAL Y RESPONSABLES DE LA PRUEBA .....</b>	<b>8</b>
	3.1 Objetivo .....	8
	3.2 Condiciones de ensayos remotos .....	8
	3.3 Experto Técnico.....	8
	3.4 Representante empresa generadora .....	8
	3.5 Representante del Coordinador Eléctrico Nacional.....	9
	3.6 Observador de otro Coordinado.....	9
4	<b>DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD Y CONDICIONES DE PRUEBA .....</b>	<b>10</b>
	4.1 Descripción general de la planta .....	10
	4.2 Descripción de la unidad de generación .....	12
	4.3 Condiciones de referencia y curvas de corrección .....	21
	4.3.1 Curvas de corrección.....	21
	4.3.2 Metodología de corrección.....	21
	4.4 Instrumentación y mediciones.....	22
	4.4.1 Metodología.....	24
	4.4.2 Instrumentación principal .....	25
	4.4.3 Mediciones complementarias.....	26
	4.5 Estimación de pérdidas y consumos propios de la unidad .....	27
	4.5.1 Consumos propios de los servicios auxiliares.....	27
	4.5.2 Pérdidas en el transformador principal.....	28
5	<b>REALIZACIÓN DE LA PRUEBA.....</b>	<b>29</b>
	5.1 Chequeos preliminares .....	29
	5.2 Desarrollo de las pruebas .....	29
	5.2.1 Verificaciones previas.....	29
	5.3 Condiciones previas al inicio de los ensayos .....	30
	5.4 Incremento de potencia, estabilización e inicio de la prueba.....	32
	5.5 Periodo de prueba .....	33
6	<b>CÁLCULOS REALIZADOS Y RESULTADOS .....</b>	<b>34</b>
	6.1 Reducción de datos y estabilidad.....	34
	6.2 Determinación de la potencia bruta y de pérdidas totales .....	34
	6.2.1 Determinación de la potencia de pérdidas y consumos propios.....	35
	6.2.2 Desglose de la potencia de pérdidas totales.....	36
	6.3 Correcciones aplicables a la potencia bruta.....	37
	6.4 Cálculo de la Potencia Neta corregida .....	39
	6.5 Cálculo del promedio final.....	41
	6.6 Tabla Resumen general.....	42
	6.7 Incertidumbre.....	43
	6.8 Corrección de potencia por caudal histórico de planta .....	44
	6.8.1 Determinación Caudal de sitio .....	44
	6.8.2 Característica Caudal vs Potencia .....	46
	6.8.3 Potencia bruta .....	47
	6.8.4 Potencia de pérdidas .....	47
	6.8.5 Potencia neta.....	50
	6.8.6 Resultados.....	51
7	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>52</b>
8	<b>NORMATIVA.....</b>	<b>53</b>
9	<b>ANEXOS .....</b>	<b>54</b>
	9.1 Hojas de datos del generador .....	54
	9.2 Datos característicos del Transformador principal .....	56



9.3 Puntos de medición .....	57
9.3.1 Potencia bruta U1: .....	57
9.3.2 Potencia neta.....	59
9.4 Instrumental de medición .....	61
9.4.1 Potencia bruta/FP .....	61
9.4.2 Potencia neta.....	63
9.5 Actas de ensayos .....	65



# 1 INTRODUCCIÓN

El presente documento describe las tareas, ensayos y cálculos realizados para obtener el valor de Potencia Máxima de la Unidad 1 para la Central Hidroeléctrica Hornitos en los términos establecidos en el “ANEXO TÉCNICO: Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras”.

Para la ejecución de las pruebas se siguió el protocolo:

*EE-EN-2023-1438-RB\_Procedimiento\_Potencia\_Maxima\_CH\_Hornitos*

La Central Hidroeléctrica Hornitos, perteneciente a la Empresa Generadora Colbún S.A. y ubicada en la comuna de Los Andes, región de Valparaíso, está conformada por una (1) unidad de generación compuesta por una turbina tipo Pelton marca VA TECH HYDRO de 71.64 MW de capacidad, vinculada a un generador TECH HYDRO.



## 2 RESUMEN EJECUTIVO

En la etapa de diseño del protocolo de pruebas se exploraron distintas alternativas tendientes a efectuar las mediciones necesarias para determinar la potencia bruta máxima de acuerdo con las especificaciones establecidas por el Anexo Técnico “Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras”.

Finalmente, se diseñó una alternativa que permitió realizar la determinación buscada en las mejores condiciones técnicas posibles. Para esto, se han utilizado los equipos medidores de planta para las mediciones de potencia bruta, potencia neta y de las pérdidas y consumos propios.

Las pruebas de la Unidad 1 se realizaron el día 22 de febrero de 2024. Todas las pruebas fueron realizadas en presencia de Julián Eduardo Larrea Moraga, Mario Riveros Aguilera, Luis Edmundo Aguilar Cerpa, Flavio Rojas Romero, Daniel Herrera Bustamante, Francisco Camus Maturana y José Maturana Vega (Empresa Generadora Colbún S.A.) y Federico Deledda como Experto Técnico (Estudios Eléctricos).

Durante el período de pruebas se verificó que la unidad logra controlar en forma estable su potencia en bornes desde la sincronización hasta el fin de la prueba. En total se registraron 5 horas en condiciones de potencia máxima. Durante el desarrollo de las pruebas se operó la respectiva unidad a máxima potencia con regulación de frecuencia operativa.

Para la determinación del valor de Potencia Máxima se procesaron los datos registrados en terreno, verificación de estabilidad, promediado y finalmente las correcciones por factor de potencia tal como indica el Anexo Técnico.

Adicionalmente, se han realizado los cálculos de incertidumbre total del resultado, tanto para el valor de potencia bruta corregida como para el valor de potencia neta corregida, siguiendo los lineamientos establecidos en la norma aplicable ASME PTC19.1.



Se determinaron los siguientes valores de **Potencia Máxima Bruta** de la Central Hidroeléctrica Hornitos con el siguiente desglose de valores:

Resumen de resultados CH Hornitos - Unidad 1		
Potencia Máxima	Bruta Medida [MW]	49,4067
	<b>Bruta Corregida [MW]</b>	<b>49,4018</b>
	Neta Medida [MW]	48,9633
	<b>Neta Corregida [MW]</b>	<b>48,9584</b>
Pérdidas y consumos internos	Consumos de SSAA [kW]	89,67
	Pérdidas en transformador principal [kW]	137,56
	Pérdidas en la red interna [kW]	216,12
	<b>Pérdidas totales [kW]</b>	<b>443,35</b>

Tabla 2.1 – Resumen resultados – Unidad 1

Resumen de resultados CH Hornitos - Unidad 1 (Corrección por caudal)		
Potencia Máxima	<b>Bruta Corregida [MW]</b>	<b>57,5618</b>
	<b>Neta Corregida [MW]</b>	<b>57,0066</b>
Pérdidas y consumos internos	Consumos de SSAA [kW]	89,67
	Pérdidas en transformador principal [kW]	174,43
	Pérdidas en la red interna [kW]	291,08
	<b>Pérdidas totales [kW]</b>	<b>555,18</b>

Tabla 2.2 – Resumen resultados – Unidad 1 (Corrección por caudal)



## 3 OBJETIVO GENERAL Y RESPONSABLES DE LA PRUEBA

### 3.1 Objetivo

El Anexo Técnico indica que se debe determinar por ensayo el valor de Potencia Máxima que será aquel valor de potencia activa bruta que sea sostenible durante al menos 5 horas, dentro del período de medición de la prueba y en conformidad con el protocolo de prueba.

### 3.2 Condiciones de ensayos remotos

Según lo acordado con el Coordinador y Coordinado, el experto técnico no se presentó en las instalaciones del coordinado, sino que guio y supervisó su desarrollo de forma remota.

Desde planta, las pruebas fueron dirigidas, con la supervisión del experto técnico, por el inspector sustituto designado por el Coordinado. Para las pruebas de la Central Hidroeléctrica Hornitos los inspectores sustitutos fueron Julián Eduardo Larrea Moraga, quien se desempeña como Ingeniero Especialista Subgerencia de Sistemas Eléctricos, Flavio Rojas Romero, quien se desempeña como Supervisor de Operaciones complejo Colbún, Luis Edmundo Aguilar Cerpa, quien se desempeña como Jefe de Operaciones complejo Colbún.

En este contexto, se utilizó en todo momento un canal de comunicación bidireccional de audio y video entre el experto técnico y el inspector sustituto.

### 3.3 Experto Técnico

La empresa Estudios Eléctricos fue seleccionada para llevar adelante los ensayos y tareas relacionadas con la determinación de la Potencia Máxima de la Unidad 1 de la Central Hidroeléctrica Hornitos. El Experto Técnico designado fue el Ing. Federico Deledda, responsable de desarrollar el protocolo de pruebas, supervisar la ejecución de todas las actividades descritas en el mismo y redactar el presente informe.

### 3.4 Representante empresa generadora

Por parte de la Empresa Generadora Colbún S.A., el Coordinado, estuvieron presente durante las pruebas los inspectores sustitutos Julián Eduardo Larrea Moraga, quien se desempeña como Ingeniero Especialista Subgerencia de Sistemas Eléctricos, Flavio Rojas Romero, quien se desempeña como Supervisor de Operaciones complejo Colbún, Luis Edmundo Aguilar Cerpa, quien se desempeña como Jefe de Operaciones complejo Colbún.



### **3.5 Representante del Coordinador Eléctrico Nacional**

Sin participantes durante las pruebas.

### **3.6 Observador de otro Coordinado**

No hubo representación de otro Coordinado durante el desarrollo de las pruebas.



## 4 DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD Y CONDICIONES DE PRUEBA

### 4.1 Descripción general de la planta

La Central Hidroeléctrica Hornitos, perteneciente a la Empresa Generadora Colbún S.A. y ubicada en la comuna de Los Andes, región de Valparaíso, está conformada por una (1) unidad de generación compuesta por una turbina tipo Pelton marca VA TECH HYDRO de 71.64 MW de capacidad, vinculada a un generador TECH HYDRO.

Se presenta a continuación, el plano de disposición general de la planta.





## 4.2 Descripción de la unidad de generación

La turbina hidráulica es marca VA TECH HYDRO de 71.64 MW de capacidad y está vinculada a un generador TECH HYDRO tipo SSV 355/12-210, juntos entregan una potencia bruta aproximada de 60.84 MW<sup>1</sup>.

A continuación, se presenta el diagrama unilineal general de la Central Hidroeléctrica Hornitos:

---

<sup>1</sup> Fuente: <https://infotecnica.coordinador.cl/>

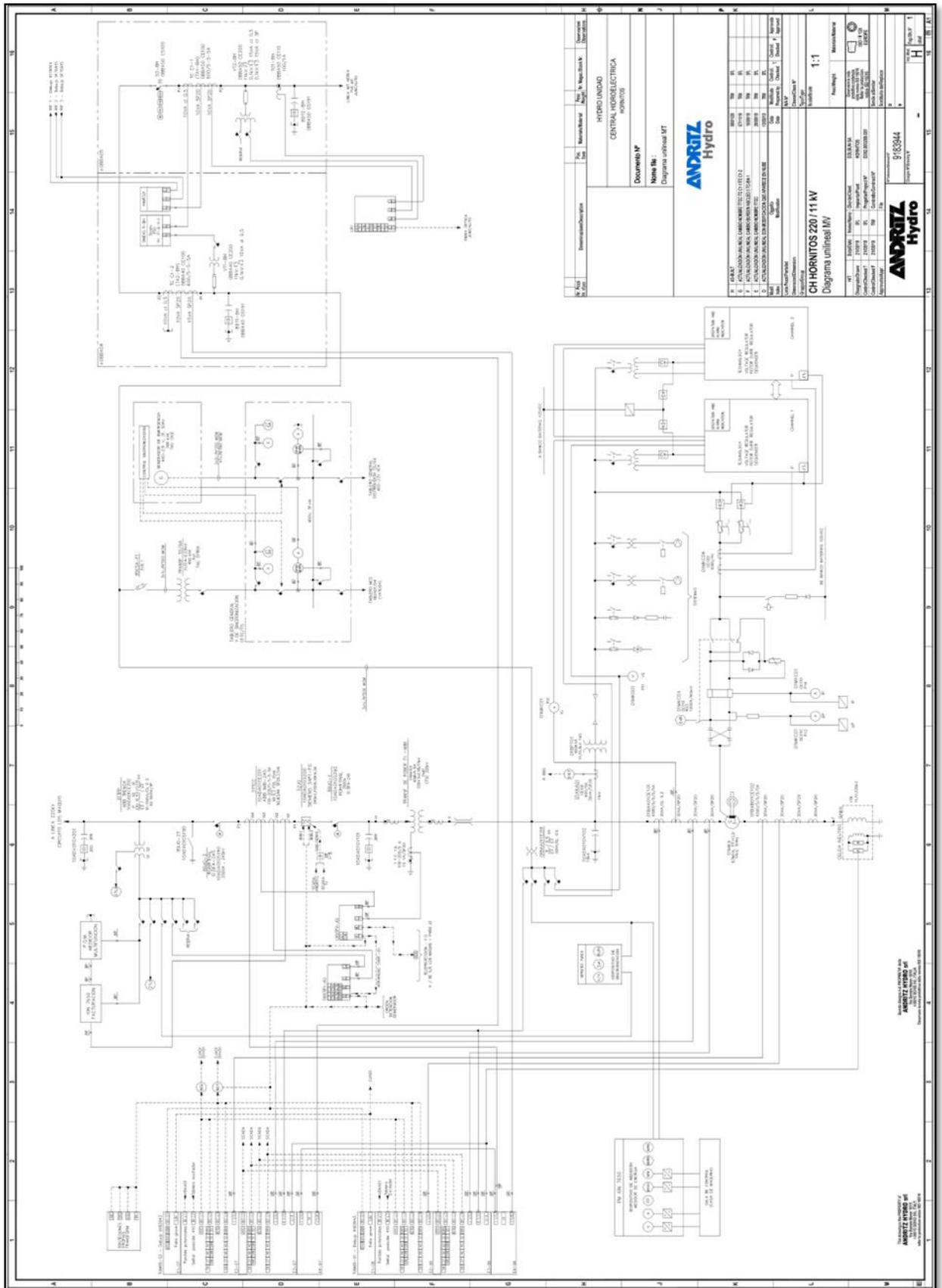


Figura 4.2 - Diagrama unilínea punto de conexión con el Sistema







Se presenta a continuación el diagrama unilineal de los servicios auxiliares.

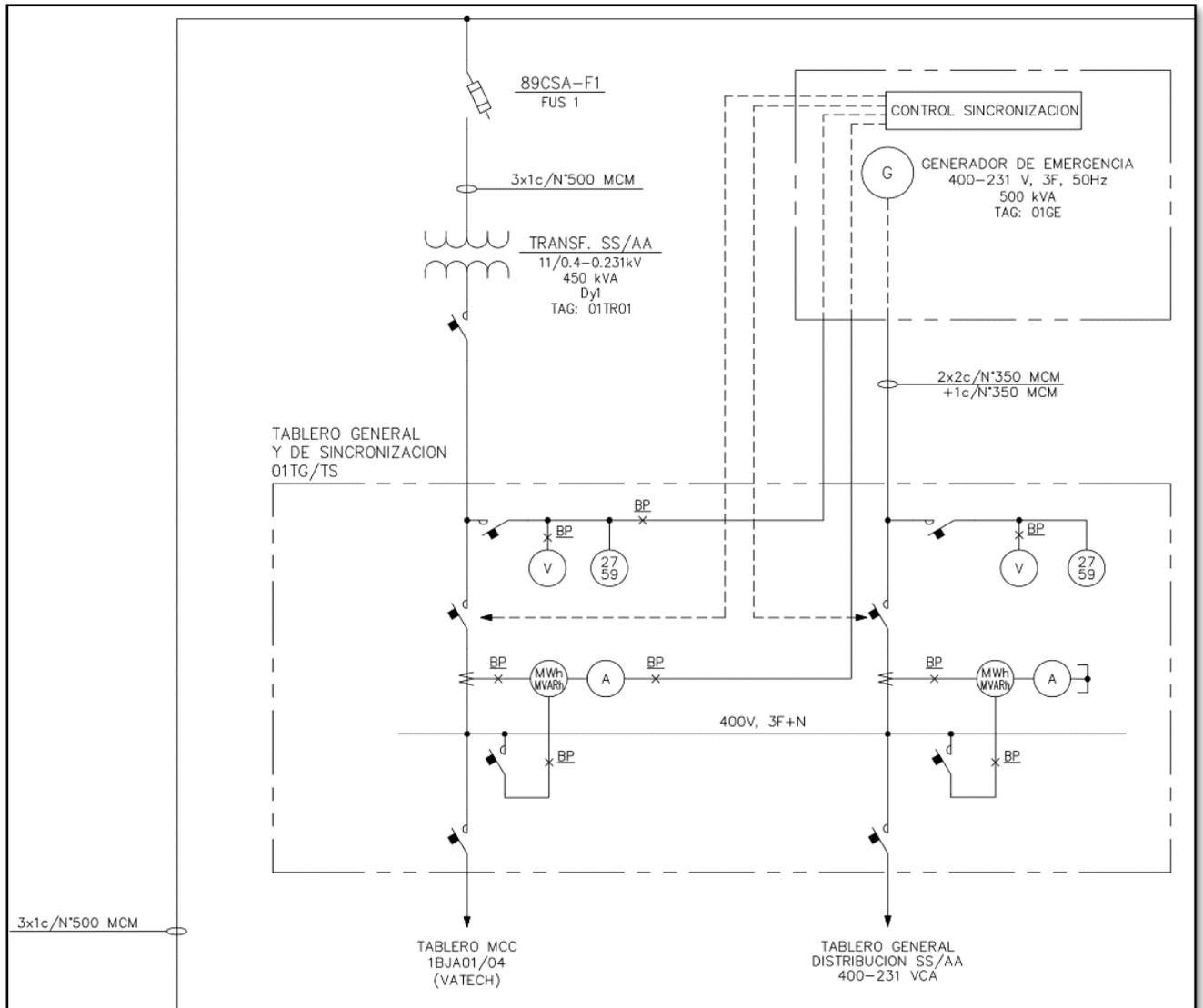


Figura 4.5 - Diagrama unilineal de las cargas asociadas al proceso de planta



Los datos característicos del generador y de la turbina se presentan a continuación.

**VA TECH HYDRO**

**GENERADOR SINCRONICO TRIFASICO HORNITOS**

Año de fabricación	2006	Modo de operación	S1
Tipo	Ssv 355/12-210	Potencia	kVA 59800
Numero de fabricación	1 660 008	Voltaje	kV 11
Tipo de construcción	IM 8425 (W41)	Corriente	A 3138,7
Clase de aislamiento	F	Factor de potencia	0,9
Clase de aumento de temperatura	B	Voltaje de excitación	V 125
Velocidad nominal	1/min 500	Corriente de excitación	A 928
Frecuencia nominal	Hz 50	Sentido de giro visto desde arriba	
Velocidad de embalamiento	1/min 903		
Temperatura máxima de ambiente	°C 40		
Temperatura máxima de agua de enfriamiento	°C 30		
Masa total	t 203		
Conexión	Estrella, 2x paralela		

VA TECH HYDRO GmbH & Co  
Eltingasse 3

Figura 4.6 - Placa del generador

**ANDRITZ VA TECH HYDRO**

VA TECH ESCHER WYSS / SCHIO / ITALIA

TURBINA PELTON VERT. $D_1 = 1910$ mm	ALTURA NETA $H_n = 555,22$ m
AÑO DE CONSTRUCCIÓN = 2006	CAUDAL $Q_n = 11$ m <sup>3</sup> /s
MATRÍCULA = 2009	POTENCIA $P_n = 55,02$ MW
	VELOCIDAD $n = 500$ rpm

Figura 4.7 - Placa de la turbina



## VA TECH HYDRO

### 1.3 Datos eléctricos

#### 1.3.1 Datos nominales

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	IM 8425 (W41)
POTENCIA NOMINAL	59,8 MVA
POTENCIA MÁXIMA CONTINUA	77,67 MVA
VOLTAJE NOMINAL	11 kV
LÍMITES DE VOLTAJE	±5 %
CORRIENTE NOMINAL	3138,7 A
FACTOR DE POTENCIA NOMINAL	0,9
FRECUENCIA NOMINAL	50 Hz
VELOCIDAD NOMINAL	500 r.p.m.
VELOCIDAD DE EMBALAMIENTO	903 r.p.m.
SENTIDO DEL GIRO (VISTO DESDE ARRIBA)	Contra las agujas del reloj
CLASE DE AISLAMIENTO TÉRMICO estator/rotor	F/F
NORMAS DE DISEÑO	IEC 34 o EN 60034
ALTITUD	1626 m.s.n.m.

Excitación estática, conectada a los anillos colectores del generador.

VOLTAJE NOMINAL DE EXCITACIÓN	125 V
CORRIENTE NOMINAL DE EXCITACIÓN	928 A
MÁXIMO VOLTAJE CONTINUO DE EXCITACIÓN	162 V
MÁXIMA CORRIENTE CONTINUA DE EXCITACIÓN	1078 A

#### 1.3.2 Aumentos de temperatura

Por encima de la temperatura del aire de enfriamiento a carga nominal/a máxima carga continua.

DEVANADO DEL ESTATOR (sensores de temperatura)	máx. 70 K / 110 K
DEVANADO DEL ROTOR (medición de resistencia)	máx. 60 K / 100 K

Figura 4.8 - Hoja de datos del generador (1/3)



## VA TECH HYDRO

### 1.3.3 Pérdidas y rendimientos

#### Pérdidas

A carga nominal.

PÉRDIDAS POR VENTILACIÓN Y FRICCIÓN	130,0 kW
PÉRDIDAS DEL COJINETE (PARTE DEL GENERADOR)	58,7 kW
PÉRDIDAS EN EL NÚCLEO	165,2 kW
PÉRDIDAS ESTATOR- $I^2R$ Y PÉRDIDAS ADICIONALES DE CARGA	177,6 kW
PÉRDIDAS ROTOR- $I^2R$	107,4 kW
PÉRDIDAS EN EL SISTEMA DE EXCITACIÓN	9,3 kW
PÉRDIDAS TOTALES	648,2 kW

#### Rendimientos

A voltaje nominal y velocidad nominal.

RENDIMIENTO A FACTOR DE POTENCIA	0,90	1,0
y carga de 100 % (59,80 MVA)	98,81 %	98,99 %
carga de 75 % (44,85 MVA)	98,67 %	98,86 %
carga de 50 % (29,90 MVA)	98,30 %	98,52 %
carga de 25 % (14,95 MVA)	aprox. 97,00 %	aprox. 97,3 %

Temperatura de referencia para pérdidas  $I^2R$ : 75° C

Rendimientos incluso pérdidas del cojinete (parte del generador) y pérdidas en el sistema de excitación.

### 1.3.4 Resistencias y capacidades

Resistencias en corriente continua a una temperatura del devanado de 20° C.

RESISTENCIA DEL DEVANADO DEL ESTATOR, POR FASE	3,30 mΩ
RESISTENCIA DEL DEVANADO DEL ROTOR	102,5 mΩ

CAPACIDAD DEL DEVANADO DEL ESTATOR, 3 FASES CONTRA MASA	1,92 μF
CAPACIDAD DEL DEVANADO DEL ROTOR, DEVANADO CONTRA MASA	0,113 μF

Figura 4.9 - Hoja de datos del generador (2/3)



**VA TECH HYDRO**

**1.3.5 Reactancias y constantes de tiempo**

Impedancia de referencia  $Z_N = U_N^2/S_N = 11^2 / 59,8 = 2,0234 \Omega$

**Reactancias**

		directa		en cuadratura		
			no saturada	saturada		no saturada
REACTANCIA SINCRÓNICA	$X_d$	1,11 pu	0,915 pu	$X_q$	0,692 pu	--
REACTANCIA TRANSITORIA	$X'_d$	0,274 pu	0,252 pu	$X'_q$	--	--
REACTANCIA SUBTRANSITORIA	$X''_d$	0,187 pu	0,130 pu	$X''_q$	0,164 pu	0,115 pu

**Constantes de tiempo**

		directa		en cuadratura	
TRANSITORIA EN CIRCUITO ABIERTO	$T'_{do}$	9,16 s		$T'_{qo}$	-
TRANSITORIA EN CORTOCIRCUITO	$T'_d$	2,26 s		$T'_q$	-
SUBTRANSITORIA EN CIRCUITO ABIERTO	$T''_{do}$	0,10 s		$T''_{qo}$	0,24 s
SUBTRANSITORIA EN CORTOCIRCUITO	$T''_d$	2,26 s		$T''_q$	0,06 s

REACTANCIA DE DISPERSIÓN DEL INDUCIDO, NO SATURADA	$X_a$	0,089 pu
REACTANCIA DE SECUENCIA NEGATIVA, NO SATURADA	$X_2$	0,175 pu
REACTANCIA DE SECUENCIA NEGATIVA, SATURADA	$X_2$	0,123 pu
REACTANCIA DE SECUENCIA CERO, NO SATURADA	$X_0$	0,09 pu
CONSTANTE DE TIEMPO EN CORTOCIRCUITO DEL INDUCIDO	$T_a$	0,285 s

MOMENTO DE INERCIA	generador	$J_G$	112500 kgm <sup>2</sup>
	turbina	$J_T$	4636 kgm <sup>2</sup>
	total	$J$	117136 kgm <sup>2</sup>
TIEMPO DE ACELERACIÓN	generador	$T_J$	5,154 s
CONSTANTE DE ENERGÍA CINÉTICA	generador	$H$	2,577 kW/kVA

**HORNITOS HPP**  
Ssv 355/12-210

Capítulo 1

Figura 4.10 - Hoja de datos del generador (3/3)



### 4.3 Condiciones de referencia y curvas de corrección

A partir de la información detallada de la unidad en condiciones nominales, presentado en la Figura 4.6 se considera el siguiente valor de potencia máxima esperables para la unidad generadora de C.H. Hornitos.

<b>Unidad</b>	<b>Potencia [MW]</b>
HT1	59.8

Tabla 4.1 - Valores base de potencia para la unidad

De acuerdo con los parámetros declarados, la potencia máxima bruta esperable de la Central Hornitos es de 61 MW.

En la Tabla 4.2 se indican las condiciones de referencia de la central. Cabe mencionar que solo se presentan los parámetros de corrección que se deben considerar en base a lo estipulado en el Anexo Técnico.

<b>Parámetro de corrección</b>	<b>Valor nominal</b>
Factor de potencia	0.95 (lagging)

Tabla 4.2 - Condiciones nominales de referencia

#### 4.3.1 Curvas de corrección

De acuerdo con lo informado por el Coordinado, para la corrección por factor de potencia, se utilizó la siguiente tabla donde que presenta el rendimiento de la unidad para factores de potencia 0.9 y 1.0.

<b>RENDIMIENTO A FACTOR DE POTENCIA</b>	<b>0,90</b>	<b>1,0</b>
y carga de 100 % (59,80 MVA)	98,81 %	98,99 %
carga de 75 % (44,85 MVA)	98,67 %	98,86 %
carga de 50 % (29,90 MVA)	98,30 %	98,52 %
carga de 25 % (14,95 MVA)	aprox. 97,00 %	aprox. 97,3 %

Tabla 4.3 - Rendimientos del generador según  $\cos \phi$

#### 4.3.2 Metodología de corrección

Para las correcciones del valor de potencia bruta se utiliza, cuando corresponda, las condiciones de referencia junto con los datos mostrados anteriormente.







#### 4.4.1 Metodología

Se realizó la medición de potencia bruta y factor de potencia en bornes del generador tal como se solicita en el Anexo Técnico. La potencia neta se midió a partir de un medidor ubicado en la SE Hornitos 220 kV.

Las pérdidas totales se calcularon indirectamente a partir de la diferencia obtenida entre la medición de potencia bruta y la medición de la potencia neta.

Para la medición de potencia bruta, se han utilizado los transformadores de instrumentación (PTs, CTs) que son clase 0.2 y 0.5, respectivamente (Figura 4.11). Para la medición de voltaje se utilizaron transformadores de tensión cuyas relaciones de transformación son 11/0.11 kV. Para la medición de corriente se utilizaron transformadores de corriente cuyas relaciones de transformación son 4300/5 A.

Para la medición de potencia bruta se utilizó un medidor ION 7650 que el Coordinado tiene instalado en sus instalaciones. El mismo es clase 0.2 y cumple con las exigencias de precisión requeridas.

Para la medición de potencia neta, se han utilizado los transformadores de instrumentación (PTs, CTs) que son clase 0.2 (Figura 4.12). Para la medición de voltaje se utilizaron transformadores de tensión cuyas relaciones de transformación son 230/0.115 kV. Para la medición de corriente se utilizaron transformadores de corriente cuyas relaciones de transformación son 200/5 A.

Para la medición de potencia neta se utilizó un medidor ION 8650 que el Coordinado instaló en sus instalaciones. El mismo es clase 0.2 y cumple con las exigencias de precisión requeridas.

En la sección de anexo 9.3 se detallan los puntos desde donde se realizan las mediciones de cada variable, en tanto en la sección de anexo 9.4 se muestran los antecedentes técnicos y certificados de calibración asociados a los equipos de medición.



#### 4.4.2 Instrumentación principal

Se instrumentó tal como se resume en la Tabla 4.4. La misma indica la instrumentación principal utilizada, magnitud medida, tipo y clase, y ubicación.

#	Magnitud	Instrumento	Tipo, clase y muestreo	Propietario y certificado	Ubicación	Tipo de Registro
1	Potencia activa bruta LM1	ION 7650 Serie: MJ-1511A422-05	A, 0.2, 1 min	Colbún Figura 9.10	Conectado a PTs CTs clase 0.2 y 0.5 (Figura 9.4)	Digital
2	Factor de potencia LM1	ION 7650 Serie: MJ-1511A422-05	A, 0.2, 1 min	Colbún Figura 9.10	Conectado a PTs CTs clase 0.2 y 0.5 (Figura 9.4)	Digital
3	Potencia activa neta	ION 8650 Serie: MW-1210A672-01	A, 0.2, 1 min	Colbún Figura 9.11	Conectado a PTs CTs clase 0.2 (Figura 9.7)	Digital

Tabla 4.4 - Instrumentación principal de potencia

Las características principales de estos equipos y sus certificados de calibración vigentes a la fecha de los ensayos pueden consultarse en el Anexo 9.4.

Los equipos medidores de potencia bruta y neta fueron configurados y operados por el Coordinado. Se solicitó la entrega de los registros digitales de las pruebas durante y luego de la ejecución de las mismas.



#### 4.4.3 Mediciones complementarias

Se muestra en la Tabla 4.5 el listado de señales disponibles en el SCADA de la central con los TAGS correspondientes:

<b>Variable Complementaria</b>	<b>TAGS</b>
Potencia activa [MW]	1.1.CJJ00.O.P_INT [MW]
Potencia reactiva [Mvar]	1.1.BAA00.CE310.XJ01 [MVAR]
Factor de potencia [-]	1.1.BAA00.CE400.XJ01 [PF]
Frecuencia [Hz]	1.1.BAA00.CE500.XJ01 [Hz]
Tensión del generador [V]	1.1.BAA00.CE214.XJ01 [V]
Presión tubería principal [m]	1.1.CJJ00.O.Hdyn [m]
Caudal tubería [m3/seg]	1.1.CJA00.ES300.XQ01 [m³/s]
Nivel 2 Cámara De Carga [msnm]	1.0.LNA10.CL002.XJ01 [msnm]
Temperatura Enrollados Estator Fase U1 [°C]	1.1.MKA10.CT001.XQ01 [°C]
Temperatura Enrollados Estator Fase U2 [°C]	1.1.MKA10.CT002.XQ01 [°C]
Temperatura Enrollados Estator Fase V1 [°C]	1.1.MKA10.CT007.XQ01 [°C]
Temperatura Enrollados Estator Fase V2 [°C]	1.1.MKA10.CT008.XQ01 [°C]
Temperatura Enrollados Estator Fase W1 [°C]	1.1.MKA10.CT013.XQ01 [°C]
Temperatura Enrollados Estator Fase W2 [°C]	1.1.MKA10.CT014.XQ01 [°C]
Temperatura Núcleo Estator 1 [°C]	1.1.MKA10.CT019.XQ01 [°C]
Temperatura Metal Blanco Descanso Empuje Generador Zapata 1 [°C]	1.1.MKD10.CT003.XQ01 [°C]
Temperatura Metal Blanco Descanso Superior Guía Generador Segmento 1 [°C]	1.1.MKD10.CT001.XQ01 [°C]
Temperatura Metal Blanco Descanso Inferior Guía Generador Segmento 1 [°C]	1.1.MKD20.CT001.XQ01 [°C]
Consumos SSAA [kW]	1.0.BFY01.CE300.XJ01 [kW]

Tabla 4.5 - Variables SCADA Central Hornitos

Finalizadas las pruebas el Coordinado realizó la entrega del registro digital de datos correspondiente.



## 4.5 Estimación de pérdidas y consumos propios de la unidad

Se pretende estimar de forma teórica los consumos propios y externos que posee la unidad y las pérdidas ocasionadas en el transformador de potencia de manera de poder contar con una valorización que permita asegurar que las mediciones indirectas realizadas sean consistentes con estos valores.

A continuación, en la Tabla 4.6 se muestran los resultados obtenidos mientras que en los capítulos sucesivos se hará el desglose de cada uno de los consumos:

Consumos	Potencia estimada	
Consumos de SSAA	89.67 kW	
Pérdidas en el transformador principal	Vacío	Carga
	41 kW	245 kW

Tabla 4.6 - Valores teóricos obtenidos de pérdidas y consumos propios

### 4.5.1 Consumos propios de los servicios auxiliares

Se presenta en la

Tabla 4.7 las mediciones de consumos de Servicios Auxiliares registrados durante los ensayos. Estos datos fueron obtenidos a partir de mediciones registradas en el sistema SCADA.

Períodos		ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test Run n°												
Hora			08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00
<b>Consumos SSAA</b>												
P <sub>SSAA</sub>	Potencia total consumida por los servicios auxiliares	[kW]	90,667	92,333	88,400	88,600	92,500	90,833	86,500	90,167	86,400	90,333
	Promedio P <sub>SSAA</sub>	[kW]	89,67									

Tabla 4.7 - Mediciones de consumos de SS.AA



#### 4.5.2 Pérdidas en el transformador principal

Para estimar las pérdidas en el transformador principal de la central se utilizaron datos obtenidos en el protocolo de ensayos del mismo. A continuación, se adjuntan los datos del transformador:

Valores Medidos		Pérdidas <sup>1</sup>		Valores Garantizados						
V	$\frac{V_{eficaz}}{1,11 \times V_{media}}$	$1,11 \times V_{media}$ (kV)	$V_{eficaz}$ (kV)	$I_A$ (A)	$I_B$ (A)	$I_C$ (A)	Pérdidas (kW)	Intensidad	Pérdidas (kW)	Intensidad
110 %		12,09	12,69	13,64	12,36	12,64	58,21	55,34	0,3146 %	1,000 %
105 %		11,55	11,91	6,250	5,250	5,180	46,20	44,76	0,1358 %	-
100 %		11,00	11,20	3,441	2,919	2,482	38,65	37,96	0,0719 %	41,00
95 %		10,45	10,57	2,561	2,352	1,696	33,29	32,90	0,0538 %	-
90 %		9,903	9,989	2,263	2,196	1,508	29,10	28,84	0,0486 %	-

Tabla 4.8 - Pérdidas en carga transformador principal

Conexión		Medido		Corregido <sup>1</sup>		Garantizado			
Alimentado	Posiciones	U Nominal Terminal Alimentado (kV)	Temp. (°C)	Tensión (kV)	Intensidad (A)	Pérdidas (kW)	Impedancia (%)	Pérdidas (kW)	Impedancia (%)
1	-	236,50	22,0	32,547	190,33	239,11	13,77	-	-
2	-	231,00	22,0	16,190	100,47	239,56	13,60	-	-
3	-	225,50	22,0	15,156	100,20	241,02	13,40	-	-
4	-	220,00	22,0	14,670	103,40	240,85	13,20	245,00	13,10
5	-	214,50	22,0	14,024	105,40	242,45	13,02	-	-

Tabla 4.9 - Pérdidas en carga transformador principal



## 5 REALIZACIÓN DE LA PRUEBA

Como se indicó en el capítulo 3.2 el experto técnico no se presentó en las instalaciones del coordinado y, por lo tanto, guio y supervisó su desarrollo de forma remota.

La comunicación se materializó vía reunión de **Microsoft Teams**: Llamada de voz, video e interfaz para compartir medios digitales

### 5.1 Chequeos preliminares

En una reunión previa a la ejecución de las pruebas se realizó una inspección virtual en dónde se verificó que todo quede adecuadamente dispuesto para el inicio de las pruebas.

Se verificó:

1. Lectura de los equipos de medición principales.
2. Sincronización horaria entre los distintos equipos de medición.
3. El sistema de adquisición de datos de planta estaba operativo

### 5.2 Desarrollo de las pruebas

#### 5.2.1 Verificaciones previas

Se verificó el cumplimiento de las condiciones de prueba establecidas:

- a. Todas las protecciones estaban operativas y sin falla.
- b. No existían alarmas relevantes.
- c. La unidad estaba disponible para operar a máxima potencia.
- d. El control primario de frecuencia (CPF) no pudo ser desactivado, por lo tanto, se mantuvo operativo durante la prueba. Por esta razón, durante las pruebas se modificó el valor del estatismo a 10%. La potencia activa quedo establecida por la apertura máxima alcanzada por las agujas.
- e. Para las pruebas de el factor de potencia (FP) de la unidad fue ajustado lo más cercano posible a 0.95 de acuerdo con lo exigido en el Anexo Técnico.
- f. La barra de SS.AA. estuvo aislada de conexiones externas a la central



### 5.3 Condiciones previas al inicio de los ensayos

Previo al inicio de las pruebas se verificaron las condiciones operativas de la unidad.

En las siguientes figuras se presentan las condiciones operativas durante las pruebas a la Unidad 1:

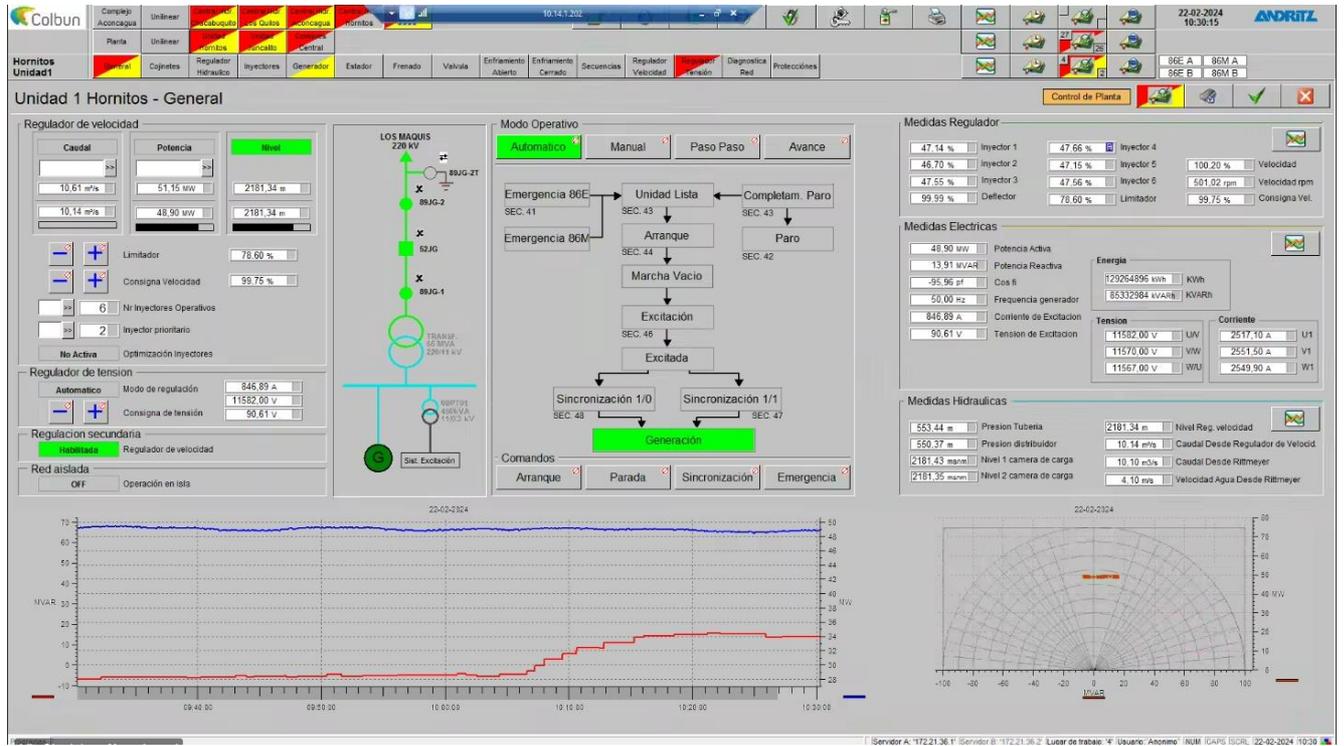


Figura 5.1 - Condiciones operativas durante los ensayos – Unidad 1

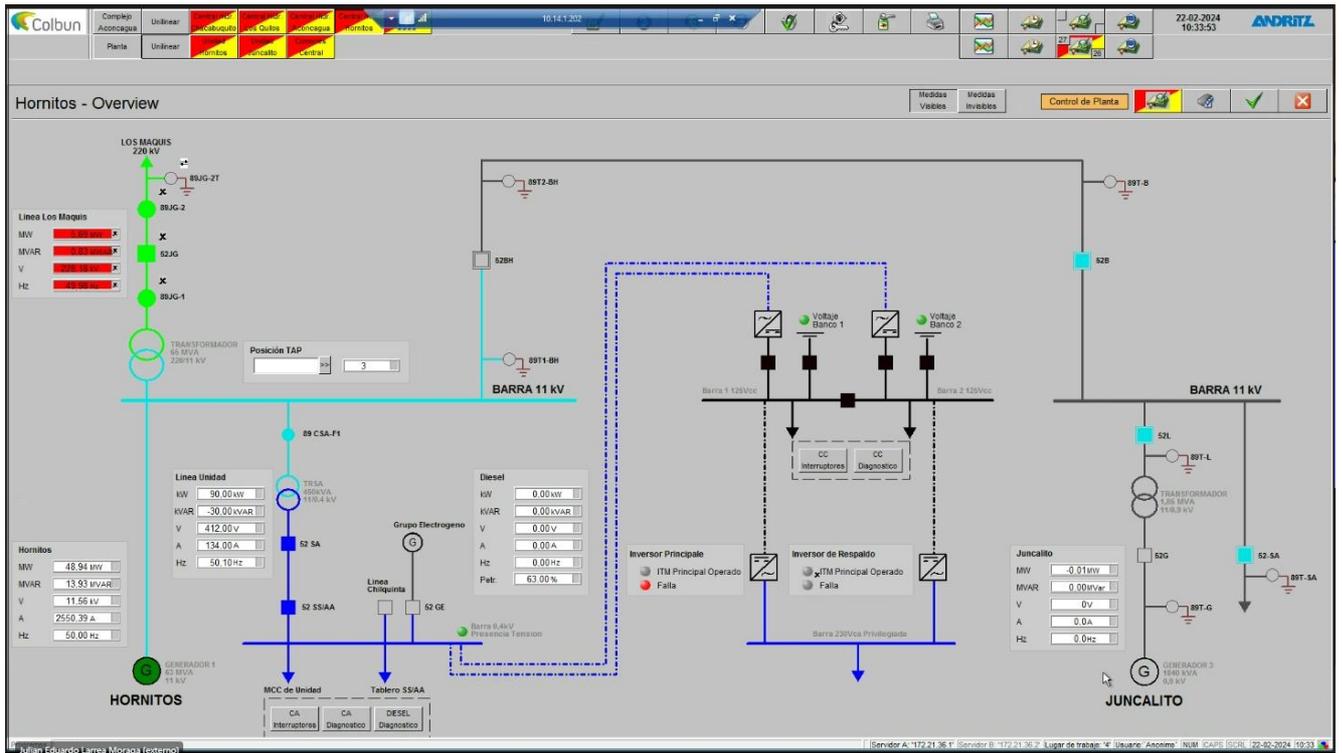


Figura 5.2 - Condiciones operativas durante los ensayos – SSAA



## 5.4 Incremento de potencia, estabilización e inicio de la prueba

Previo al inicio de las pruebas la unidad se encontraba en servicio.

En dicho punto se verificaron las condiciones de prueba establecidas en Tabla 4.1 del procedimiento, las cuales son: modificar el valor de estatismo del control primario de frecuencia y ajustar el factor de potencia al valor más cercano posible a 0.95 que permita la red y/o limitadores.

Finalizados estos ajustes se dio inicio al período de estabilización de la unidad en cuestión. Durante el mismo se monitoreó la evolución de las principales variables hasta que se verificó la estabilidad, dando inicio formal al período de pruebas.

Durante la prueba, a las 10:54 Hs se produce una desconexión intempestiva de la unidad a causa de una falla externa (Perturbación por falla en línea de 220 kV Tap off El Llano - SAG). A las 11:42 Hs se vuelve a sincronizar la unidad al sistema. Se inicia el período de estabilización hasta las 13:00 Hs cuando se retoma la prueba. A partir de las 13:00 Hs se continua la prueba hasta completar las 5 horas de pruebas.

La Tabla 5.1 resume los períodos resultantes del desarrollo de las pruebas para la Unidad 1:

<b>Arranque de la unidad</b>	Despachada
<b>Inicio del período de estabilización</b>	7:20 Hs
<b>Fin del período de estabilización</b>	8:00 Hs
<b>Inicio del período de prueba</b>	8:00 Hs
<b>Interrupción prueba (Falla externa)<sup>2</sup></b>	10:54 Hs
<b>Sincronización de la unidad</b>	11:42 Hs
<b>Continuación del período de prueba</b>	13:00 Hs
<b>Fin del período de prueba</b>	15:30 Hs

Tabla 5.1 - Etapas de la prueba para la Unidad 1

<sup>2</sup> Perturbación por falla en línea de 220 kV Tap off El Llano - SAG



## 5.5 Período de prueba

La unidad operó en condiciones controladas por operación desde el inicio del periodo de estabilización (07:20 Hs) hasta el fin de las pruebas (15:30 Hs), a excepción del periodo de tiempo que estuvo fuera de servicio producto de la falla externa a la central.

Descartando el mencionado periodo, se presenciaron un aproximado de 7 horas de operación con la unidad en servicio de las cuales aproximadamente 6 horas corresponden a una operación estable a máxima potencia.

De estas 6 horas de operación estable, se seleccionaron 10 test-run de 30 minutos (que totalizan 5 horas de pruebas). En cada uno de los mismos se verificó la estabilidad de la unidad según lo establecido en el artículo 36 del Anexo Técnico.

Parámetros	Desviación estándar durante el periodo
Potencia eléctrica de salida	1.5%
Factor de potencia	2%
Altura bruta del nivel de laguna	1%
Velocidad de rotación de la Turbina	0.5%

Tabla 5.2 - Máximas variaciones permisibles en las condiciones de operación

Los periodos de pruebas seleccionados son:

- 1º Periodo: 08:00 Hs a 10:30 Hs
- 2º Periodo: 13:00 Hs a 15:30 Hs

La Tabla 5.3 muestra el resumen de las verificaciones de estabilidad realizadas para la Unidad 1:

Períodos		ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test Run n°	Hora		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00
<b>Verificación de condiciones de estabilidad</b>												
P <sub>Neta</sub>	Potencia Neta medido en Alta	1,50%	0,452%	0,536%	0,287%	0,268%	0,349%	0,141%	0,164%	0,295%	0,102%	0,207%
P <sub>BRUTA</sub>	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	1,50%	0,460%	0,576%	0,366%	0,255%	0,303%	0,295%	0,252%	0,331%	0,074%	0,226%
Nivel	Altura bruta del nivel de laguna	1,00%	0,003%	0,003%	0,003%	0,003%	0,003%	0,003%	0,003%	0,003%	0,003%	0,003%
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	2,00%	0,360%	0,192%	1,402%	0,476%	0,456%	0,298%	0,231%	0,235%	0,345%	1,670%
Frec	Velocidad de Rotación	0,50%	0,089%	0,180%	0,144%	0,108%	0,121%	0,145%	0,081%	0,136%	0,119%	0,120%
Estabilidad	¿Se cumplen los criterios para todas las variables?		SI									

Tabla 5.3 - Verificación de estabilidad para la Unidad 1

Finalizadas las pruebas se confeccionaron actas reflejando las principales condiciones de los ensayos. Dichas actas pueden consultarse en el Anexo 9.5.



## 6 CÁLCULOS REALIZADOS Y RESULTADOS

### 6.1 Reducción de datos y estabilidad

Se procesaron los datos en búsqueda de valores atípicos, para cada período se evaluó la estabilidad de las principales variables tal como se indicó en 5.5, determinando los test run aptos para ser considerados en el cálculo final del valor de potencia bruta.

### 6.2 Determinación de la potencia bruta y de pérdidas totales

Para la unidad se cuenta con la medición de potencia bruta y potencia neta, por lo tanto, se pueden calcular las pérdidas totales como:

$$L_{Totales} = P_{Bruta, No Corr} - P_{Neta, No Corr}$$

Dónde:

- $P_{Neta, No Corr}$ : Potencia Neta No Corregida (medición directa)
- $P_{Bruta, No Corr}$ : Potencia Bruta No Corregida (medición directa)
- $L_{Totales}$ : Pérdidas y consumos internos de la planta en todo concepto.

La Tabla 6.1 detalla los cálculos realizados para la Unidad 1:

Períodos			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test Run n°	ref		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00
<b>Variables Primarias</b>												
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	-	0,957	0,952	0,947	0,959	0,956	0,962	0,957	0,957	0,957	0,949
$P_{BRUTA}$	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	[MW]	49,30	49,80	50,13	50,42	50,27	49,14	48,95	48,80	48,67	48,59
$P_{Neta}$	Potencia Neta medido en Alta	[MW]	48,82	49,35	49,74	49,96	49,83	48,60	48,58	48,37	48,20	48,18
<b>Determinación pérdidas totales</b>												
$P_{Bruta, No Corr}$	Potencia Bruta medida - Total	[MW]	49,296	49,801	50,132	50,420	50,269	49,136	48,949	48,799	48,674	48,590
$P_{Neta, No Corr}$	Potencia Neta medida - Total	[MW]	48,824	49,348	49,744	49,958	49,828	48,597	48,582	48,371	48,203	48,178
$L_{TOTALES}$	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos	[MW]	0,472	0,453	0,388	0,462	0,441	0,539	0,367	0,428	0,471	0,412
	$L_{TOTALES}$	[kW]	443,35									

Tabla 6.1 - Cálculos de potencia de pérdidas para la Unidad 1



### 6.2.1 Determinación de la potencia de pérdidas y consumos propios

La potencia de pérdidas totales considera las pérdidas en carga en el transformador principal de la central, las pérdidas resistivas asociadas al nivel de carga en la condición de ensayo y la potencia asociadas a los consumos externos y consumos auxiliares.

$$L_{Totales} = P_{Perd,central,med} + P_{SSAA}$$

La expresión para el cálculo de **Potencia de Pérdidas en la central** ( $P_{Perd,central,med}$ ) presenta a continuación:

$$P_{Perd,central,med} = L_{Totales} - P_{SSAA}$$

Este valor de pérdidas considera las pérdidas en condición de vacío en el transformador principal y las pérdidas resistivas asociadas al nivel de carga en la condición de ensayo. Por lo tanto, el valor de **Potencia de Pérdidas en la central** debe ser desglosado en los siguientes elementos:

- Pérdidas en el transformador principal ( $P_{Perd,tr}$ )
- Pérdidas en la red interna ( $P_{Perd,red}$ )

$$P_{Perd,central,med} = P_{Perd,tr} + P_{Perd,red}$$

#### Pérdidas en el transformador principal

En la Tabla 4.6 se presentan los valores de pérdida en vacío y carga del transformador principal. Cabe mencionar que el valor de pérdidas en carga está referido a la condición de potencia nominal del equipo y deben ser determinadas en la condición de ensayo.

Las pérdidas en carga del transformador ( $P_{Perd,carga,tr}$ ) se calculan según la siguiente expresión:

$$P_{Perd,carga,tr} = (P_{Perd,carga,nominal,tr}) \cdot \left( \frac{P_{Neta,No\ corr}}{S_{nom,tr}} \right)^2$$

La expresión de pérdidas en el transformador principal es la siguiente:

$$P_{Perd,tr} = P_{Perd,carga,tr} + P_{Perd,vacio,tr}$$



## Pérdidas en la red interna

En tanto, el valor de pérdidas en la red interna queda determinado por la siguiente ecuación:

$$P_{Perd,red} = P_{Perd,central,med} - P_{Perd,tr}$$

La Tabla 6.2 detalla los cálculos realizados para la Unidad 1:

Períodos		ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test Run n°			08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00
<b>Variables Primarias</b>												
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	-	0,957	0,952	0,947	0,959	0,956	0,962	0,957	0,957	0,957	0,949
P <sub>BRUTA</sub>	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	[MW]	49,30	49,80	50,13	50,42	50,27	49,14	48,95	48,80	48,67	48,59
P <sub>Neta</sub>	Potencia Neta medido en Alta	[MW]	48,82	49,35	49,74	49,96	49,83	48,60	48,58	48,37	48,20	48,18
<b>Determinación pérdidas totales</b>												
P <sub>Bruta, No Corr</sub>	Potencia Bruta medida - Total	[MW]	49,296	49,801	50,132	50,420	50,269	49,136	48,949	48,799	48,674	48,590
P <sub>Neta, No Corr</sub>	Potencia Neta medida - Total	[MW]	48,824	49,348	49,744	49,958	49,828	48,597	48,582	48,371	48,203	48,178
L <sub>TOTALES</sub>	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos	[MW]	0,472	0,453	0,388	0,462	0,441	0,539	0,367	0,428	0,471	0,412
	L <sub>TOTALES</sub>	[kW]	443,35									
P <sub>PERD,TR</sub>	Pérdidas en el transformador principal	[MW]	0,137	0,139	0,141	0,142	0,141	0,136	0,136	0,135	0,135	0,134
	P <sub>PERD,TR</sub>	[kW]	137,56									
P <sub>SSAA</sub>	Potencia total consumida por los servicios auxiliares	[MW]	0,091	0,092	0,088	0,089	0,093	0,091	0,087	0,090	0,086	0,090
	P <sub>SSAA</sub>	[kW]	89,67									
P <sub>PERD,RED</sub>	Pérdidas en la red interna	[MW]	0,245	0,221	0,159	0,232	0,208	0,312	0,144	0,203	0,250	0,188
	P <sub>PERD,RED</sub>	[kW]	216,12									

Tabla 6.2 - Desglose de potencia de pérdidas y consumos para la Unidad 1

### 6.2.2 Desglose de la potencia de pérdidas totales

En la Tabla 6.3 se resumen los resultados del desglose de pérdidas y consumos (promedio) de cada unidad y de la central completa.

Consumos	Potencia estimada
Consumos de SSAA	89.67 kW
Pérdidas en el transformador principal	137.56 kW
Pérdidas en la red interna	216.12 kW
<b>Total</b>	<b>443.35 kW</b>

Tabla 6.3 - Valores de pérdidas y consumos (Unidad 1)



### 6.3 Correcciones aplicables a la potencia bruta

Las correcciones mencionadas en este capítulo fueron aplicadas a cada uno de los períodos (test run) registrados y válidos de acuerdo con las condiciones de estabilidad y el resultado final resultó del promedio de todos ellos.

Según lo establece el anexo técnico pueden aplicarse correcciones por:

1. Corrección por factor de potencia.

Los factores de corrección de cada una de las magnitudes antes mencionadas, y para cada período, se obtuvieron de las curvas indicadas en la sección 4.3.1.

La Potencia Bruta Corregida de la unidad se calculará según la siguiente ecuación:

$$P_{Bruta,Corr} = (P_{Bruta} - L_{FP})$$

Dónde:

- $P_{Bruta,Corr}$ : Potencia Bruta Corregida
- $P_{Bruta}$ : Potencia Bruta Medida
- LFP: Pérdidas relacionadas a no operar en el factor de potencia (FP) establecido por el Anexo Técnico. Se aplica sólo si durante los ensayos no se logró alcanzar  $FP = 0.95$ . Se calcula como la diferencia de potencia entre la correspondiente al FP del ensayo menos la potencia correspondiente al FP de referencia, ambos valores obtenidos de las curvas del capítulo 4.3. El factor de potencia que se utilizará como referencia es el indicado por el medidor #2 (Tabla 4.4).



La Tabla 6.4 detalla las correcciones realizadas para la Unidad 1:

Períodos												
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Hora		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	
Variables Primarias												
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	-	0,957	0,952	0,947	0,959	0,956	0,962	0,957	0,957	0,949	
P <sub>BRUTA</sub>	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	[MW]	49,30	49,80	50,13	50,42	50,27	49,14	48,95	48,80	48,59	
P <sub>Neta</sub>	Potencia Neta medido en Alta	[MW]	48,82	49,35	49,74	49,96	49,83	48,60	48,58	48,37	48,18	
Correcciones a la Potencia bruta												
L <sub>FP</sub>	Diferencia en pérdidas por FP	[kW]	6,678	1,419	-2,988	8,547	5,766	11,072	6,861	6,849	6,064	-1,074
P <sub>Bruta, Corr</sub>	Potencia Bruta corregida por los factores permitidos en el Anexo Técnico	[MW]	49,29	49,80	50,14	50,41	50,26	49,12	48,94	48,79	48,67	48,59

Tabla 6.4 - Correcciones a la Potencia Bruta para la Unidad 1



## 6.4 Cálculo de la Potencia Neta corregida

El cálculo mencionado en este capítulo se aplicó a cada uno de los períodos (test run) registrados (10 períodos) y el resultado final será el promedio de todos ellos.

La Potencia Neta Corregida de la Unidad Generadora se calcula usando la siguiente ecuación:

$$P_{Neta,Corr} = P_{Bruta,Corr} - L_{Totales}$$

$$L_{Totales} = P_{Bruta,NoCorr} - P_{Neta,NoCorr}$$

Dónde:

- $P_{Neta,Corr}$  : Potencia Neta Corregida
- $P_{Neta,No Corr}$  : Potencia Neta No Corregida (medición directa)
- $P_{Bruta,Corr}$  : Potencia Bruta Corregida
- $P_{Bruta, No Corr}$  : Potencia Bruta No Corregida (medición directa)
- $L_{Totales}$  : Pérdidas y consumos internos de la planta en todo concepto



La Tabla 6.5 detalla los cálculos realizados para la Unidad 1:

Períodos		ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test Run n°			08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00
<b>Determinación pérdidas totales</b>												
P <sub>Bruta, No Corr</sub>	Potencia Bruta medida - Total	[MW]	49,296	49,801	50,132	50,420	50,269	49,136	48,949	48,799	48,674	48,590
P <sub>Neta, No Corr</sub>	Potencia Neta medida - Total	[MW]	48,824	49,348	49,744	49,958	49,828	48,597	48,582	48,371	48,203	48,178
L <sub>TOTALES</sub>	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos	[MW]	0,472	0,453	0,388	0,462	0,441	0,539	0,367	0,428	0,471	0,412
	L <sub>TOTALES</sub>	[kW]	443,35									
P <sub>PERD,TR</sub>	Pérdidas en el transformador principal	[MW]	0,137	0,139	0,141	0,142	0,141	0,136	0,136	0,135	0,135	0,134
	P <sub>PERD,TR</sub>	[kW]	137,56									
P <sub>SSAA</sub>	Potencia total consumida por los servicios auxiliares	[MW]	0,091	0,092	0,088	0,089	0,093	0,091	0,087	0,090	0,086	0,090
	P <sub>SSAA</sub>	[kW]	89,67									
P <sub>PERD,RED</sub>	Pérdidas en la red interna	[MW]	0,245	0,221	0,159	0,232	0,208	0,312	0,144	0,203	0,250	0,188
	P <sub>PERD,RED</sub>	[kW]	216,12									
<b>Correcciones a la Potencia bruta</b>												
L <sub>FP</sub>	Diferencia en pérdidas por FP	[kW]	6,678	1,419	-2,988	8,547	5,766	11,072	6,861	6,849	6,064	-1,074
P <sub>Bruta, Corr</sub>	Potencia Bruta corregida por los factores permitidos en el Anexo Técnico	[MW]	49,29	49,80	50,14	50,41	50,26	49,12	48,94	48,79	48,67	48,59
<b>Cálculo promedio final</b>												
P <sub>Bruta, Corr</sub>	Valores utilizados para	[MW]	49,29	49,80	50,14	50,41	50,26	49,12	48,94	48,79	48,67	48,59
P <sub>Neta, Corr</sub>	cálculo de promedio final	[MW]	48,82	49,35	49,75	49,95	49,82	48,59	48,58	48,36	48,20	48,18

Tabla 6.5 - Cálculos de Potencia Neta corregida para la Unidad 1



## 6.5 Cálculo del promedio final

Finalmente, se realiza el promedio final de aquellos períodos que verificaron las condiciones de estabilidad para obtener los siguientes valores finales de **Potencia Máxima Bruta**:

- Unidad 1: **49,40 MW**

En tanto, los valores finales de **Potencia Máxima Neta** son:

- Unidad 1: **48,96 MW**

La Tabla 6.6 detalla los valores utilizados para el cálculo del promedio de la Unidad 1

Períodos												
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Hora		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	
Cálculo promedio final												
P <sub>Bruta, Corr</sub>	Valores utilizados para	[MW]	49,29	49,80	50,14	50,41	50,26	49,12	48,94	48,79	48,67	48,59
P <sub>Neta, Corr</sub>	cálculo de promedio final	[MW]	48,82	49,35	49,75	49,95	49,82	48,59	48,58	48,36	48,20	48,18
P <sub>MAX, Bruta</sub>	Potencia Máxima Bruta	[MW]	49,40									
P <sub>MAX, Neta</sub>	Potencia Máxima Neta	[MW]	48,96									

Tabla 6.6 - Promedio Final para la Unidad 1



## 6.6 Tabla Resumen general

Todos los cálculos presentados anteriormente se resumen a continuación.

Períodos												
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Hora		08:00	08:30	09:00	09:30	10:00	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	
<b>Variables Primarias</b>												
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	-	0,957	0,952	0,947	0,959	0,956	0,962	0,957	0,957	0,949	
P <sub>BRUTA</sub>	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	[MW]	49,30	49,80	50,13	50,42	50,27	49,14	48,95	48,80	48,59	
P <sub>NETA</sub>	Potencia Neta medido en Alta	[MW]	48,82	49,35	49,74	49,96	49,83	48,60	48,58	48,37	48,18	
<b>Variables Secundarias</b>												
Nivel	Altura bruta del nivel de presa (Laja)	[msnm]	2181,34	2181,35	2181,34	2181,34	2181,34	2181,34	2181,34	2181,34	2181,34	
Frec	Velocidad de Rotación - Para estabilidad	[Hz]	49,98	50,16	50,13	50,06	49,86	49,87	49,91	49,90	49,96	
<b>Verificación de condiciones de estabilidad</b>												
P <sub>NETA</sub>	Potencia Neta medido en Alta	1,50%	0,452%	0,536%	0,287%	0,268%	0,349%	0,141%	0,164%	0,295%	0,102%	0,207%
P <sub>BRUTA</sub>	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	1,50%	0,460%	0,576%	0,366%	0,255%	0,303%	0,295%	0,252%	0,331%	0,074%	0,226%
Nivel	Altura bruta del nivel de laguna	1,00%	0,003%	0,003%	0,003%	0,003%	0,003%	0,003%	0,003%	0,003%	0,003%	0,003%
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	2,00%	0,360%	0,192%	1,402%	0,476%	0,456%	0,298%	0,231%	0,235%	0,345%	1,670%
Frec	Velocidad de Rotación	0,50%	0,089%	0,180%	0,144%	0,108%	0,121%	0,145%	0,081%	0,136%	0,119%	0,120%
Estabilidad	¿Se cumplen los criterios para todas las variables?		SI									
<b>Consumos SSAA</b>												
P <sub>SSAA</sub>	Potencia total consumida por los servicios auxiliares	[kW]	90,667	92,333	88,400	88,600	92,500	90,833	86,500	90,167	86,400	90,333
	Promedio P <sub>SSAA</sub>	[kW]	89,67									
<b>Determinación pérdidas totales</b>												
P <sub>BRUTA, No Corr</sub>	Potencia Bruta medida - Total	[MW]	49,296	49,801	50,132	50,420	50,269	49,136	48,949	48,799	48,674	48,590
P <sub>NETA, No Corr</sub>	Potencia Neta medida - Total	[MW]	48,824	49,348	49,744	49,958	49,828	48,597	48,582	48,371	48,203	48,178
L <sub>TOTALES</sub>	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos	[MW]	0,472	0,453	0,388	0,462	0,441	0,539	0,367	0,428	0,471	0,412
	L <sub>TOTALES</sub>	[kW]	443,35									
P <sub>PERD,TR</sub>	Pérdidas en el transformador principal	[MW]	0,137	0,139	0,141	0,142	0,141	0,136	0,136	0,135	0,135	0,134
	P <sub>PERD,TR</sub>	[kW]	137,56									
P <sub>SSAA</sub>	Potencia total consumida por los servicios auxiliares	[MW]	0,091	0,092	0,088	0,089	0,093	0,091	0,087	0,090	0,086	0,090
	P <sub>SSAA</sub>	[kW]	89,67									
P <sub>PERD,RED</sub>	Pérdidas en la red interna	[MW]	0,245	0,221	0,159	0,232	0,208	0,312	0,144	0,203	0,250	0,188
	P <sub>PERD,RED</sub>	[kW]	216,12									
<b>Correcciones a la Potencia bruta</b>												
L <sub>FP</sub>	Diferencia en pérdidas por FP	[kW]	6,678	1,419	-2,988	8,547	5,766	11,072	6,861	6,849	6,064	-1,074
P <sub>BRUTA, Corr</sub>	Potencia Bruta corregida por los factores permitidos en el Anexo Técnico	[MW]	49,29	49,80	50,14	50,41	50,26	49,12	48,94	48,79	48,67	48,59
<b>Cálculo promedio final</b>												
P <sub>BRUTA, Corr</sub>	Valores utilizados para cálculo de promedio final	[MW]	49,29	49,80	50,14	50,41	50,26	49,12	48,94	48,79	48,67	48,59
P <sub>NETA, Corr</sub>		[MW]	48,82	49,35	49,75	49,95	49,82	48,59	48,58	48,36	48,20	48,18
P <sub>MAX, Bruta</sub>	Potencia Máxima Bruta	[MW]	49,40									
P <sub>MAX, Neta</sub>	Potencia Máxima Neta	[MW]	48,96									

Tabla 6.7 - Resumen general para la Unidad 1



## 6.7 Incertidumbre

En la presente sección se presenta los resultados del cálculo de **Incertidumbre Total del Resultado ( $U_R$ )**, siguiendo los lineamientos establecidos en la norma ASME PTC 19.1 “Test Uncertainty”.

En la Tabla 6.8 y Tabla 6.9 se presenta el cálculo de incertidumbre para la **Potencia Bruta Corregida** y la **Potencia Neta Corregida** respectivamente para la Unidad 1, en ambos casos se ha considerado una certeza del 95%.

Cálculo de incertidumbre - Potencia Bruta										
Variable	Unidad	Promedio	Desviación estándar	N	ts,v - 95%	Error de medición (Bx)	Error aleatorio (Sx)	Factor de sensibilidad ( $\theta$ )	Incertidumbre sistémica ( $Bx*\theta*ts,v$ )	Incertidumbre aleatoria ( $Sx*\theta*ts,v$ )
P <sub>BRUTA</sub>	[kW]	49406,68	155,069	30	2,042	283,820	28,3115	1,00002	579,5699	57,8132
FP	[-]	0,955	0,005	30	2,042	0,005	0,0010	-692,57	-7,7612	-1,3970
<b><math>U_R</math></b>									<b>582,50</b>	<b>[kW]</b>

Tabla 6.8 - Cálculo de incertidumbre para la Potencia Bruta corregida de la Unidad 1

Cálculo de incertidumbre - Potencia Neta										
Variable	Unidad	Promedio	Desviación estándar	N	ts,v - 95%	Error de medición (Bx)	Error aleatorio (Sx)	Factor de sensibilidad ( $\theta$ )	Incertidumbre sistémica ( $Bx*\theta*ts,v$ )	Incertidumbre aleatoria ( $Sx*\theta*ts,v$ )
P <sub>BRUTA</sub>	[kW]	49406,68	155,069	30	2,042	283,820	28,3115	0,00002	0,0099	0,0010
FP	[-]	0,955	0,005	30	2,042	0,005	0,0010	-692,57	-7,7612	-1,3970
P <sub>Neta</sub>	[kW]	48963,33	137,144	30	2,042	169,614	25,0390	1,00	346,3517	51,1297
<b><math>U_R</math></b>									<b>350,19</b>	<b>[kW]</b>

Tabla 6.9 - Cálculo de incertidumbre para la Potencia Neta corregida de la Unidad 1



## 6.8 Corrección de potencia por caudal histórico de planta

Durante el desarrollo de las pruebas, la unidad no pudo operar a plena carga debido a las condiciones del caudal en el recurso hídrico existente.

El valor promedio del caudal medido durante la prueba fue:

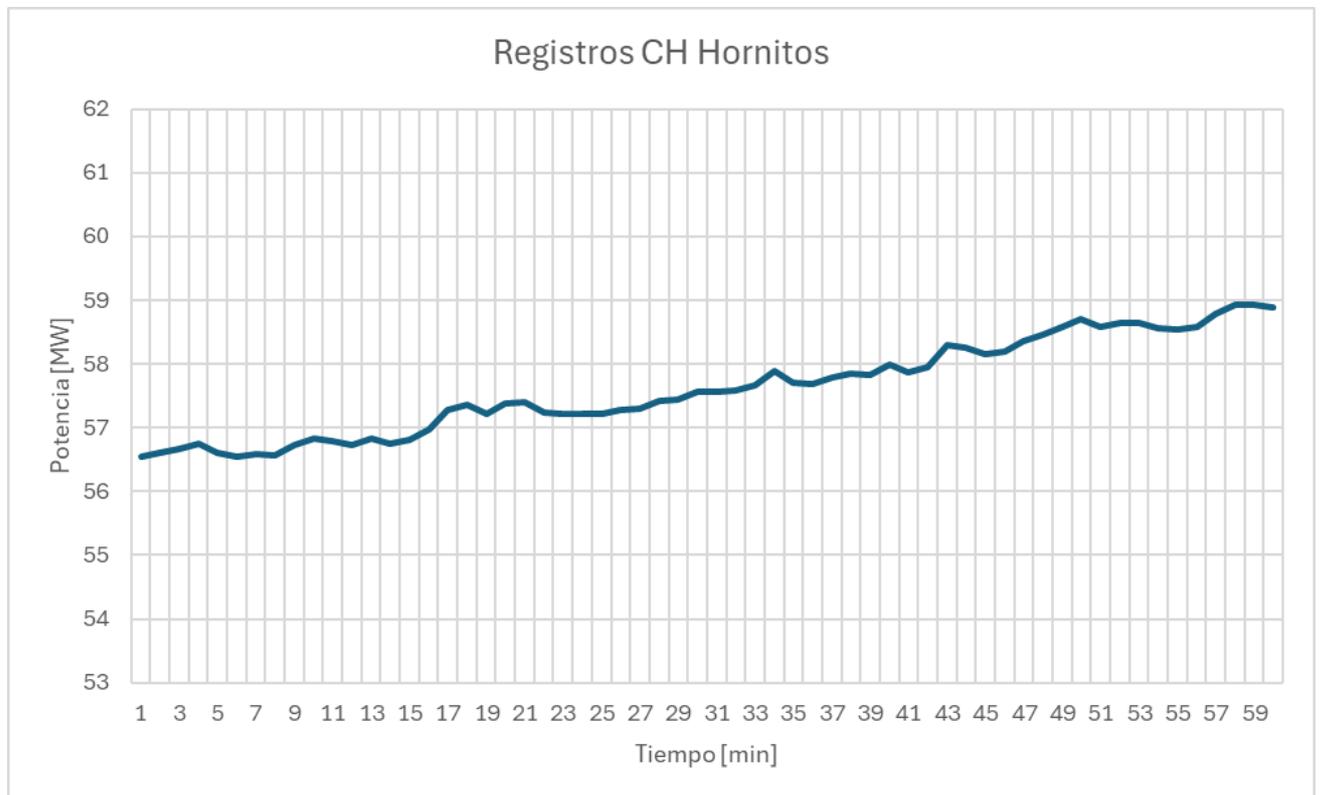
$$Caudal_{Med} = 10.22 \text{ m}^3/\text{seg}$$

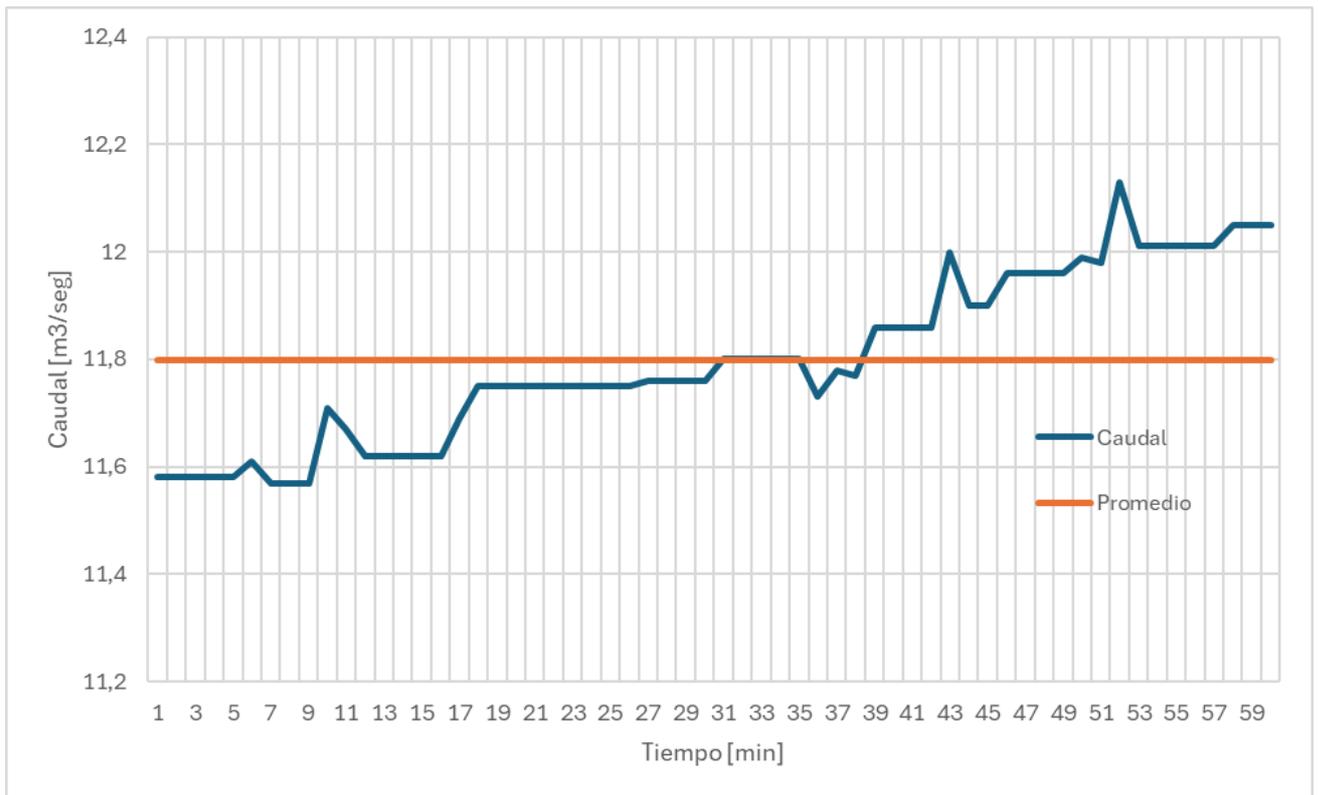
Por otro lado, como se detalla en este capítulo, la potencia bruta máxima de la central puede ser corregida para el valor de caudal de sitio estimado en base a los valores históricos registrados en la central.

### 6.8.1 Determinación Caudal de sitio

En la presente sección se muestra la estimación de la caudal de sitio para el Central en base a los últimos valores históricos registrados. Se busca determinar las condiciones de sitio que representan el escenario diario más favorable para la producción de potencia activa.

En la siguiente figura se presenta el registro histórico de potencia y caudal del día 17/12/2023:





Como puede observarse, si consideramos este periodo de la unidad de Central Hornitos operando a potencia máxima dadas las condiciones del recurso hídrico disponible, podemos determinar para este periodo el valor promedio de caudal. El valor promedio de caudal es 11.797 m<sup>3</sup>/seg.

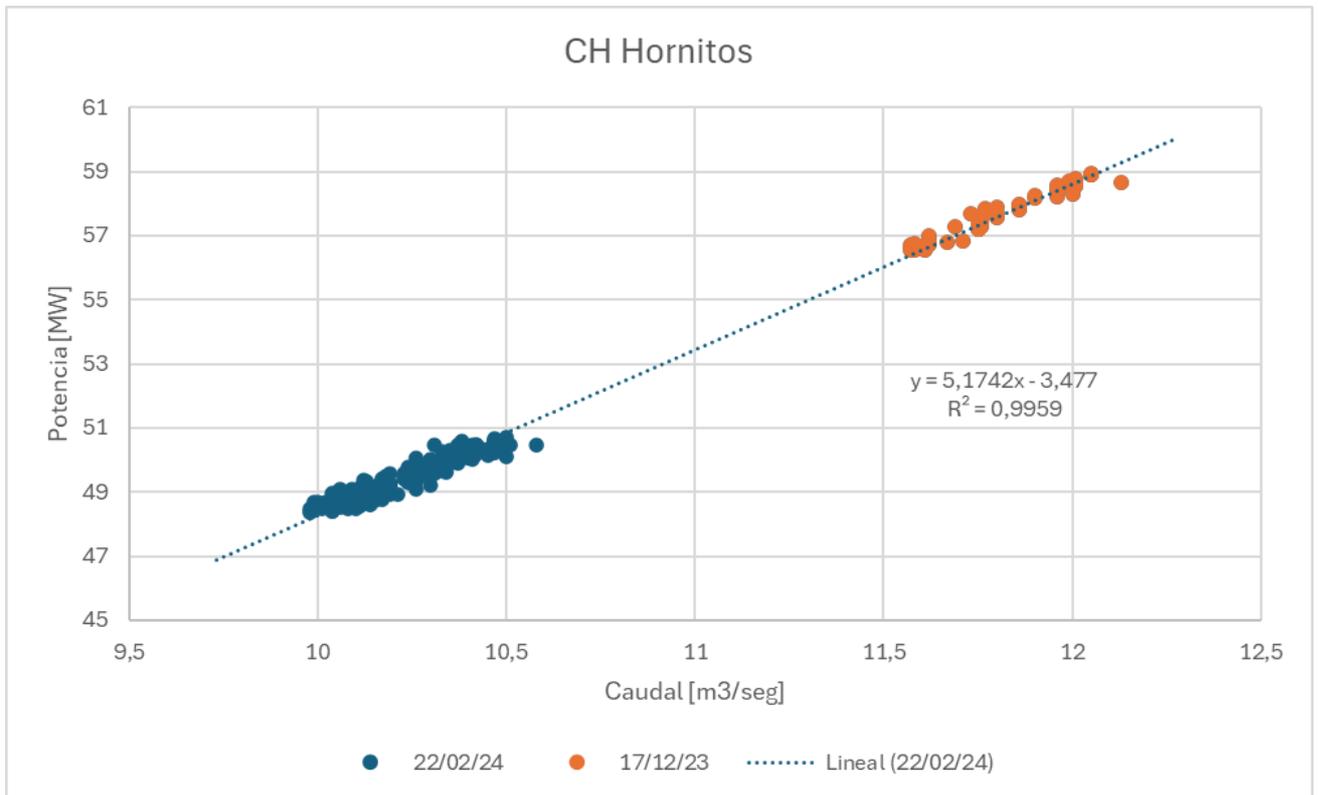
A partir de este valor promedio se estima el valor del caudal de sitio, es decir:

$$Caudal_{sitio} = 11.797 \text{ m}^3/\text{seg}$$



## 6.8.2 Característica Caudal vs Potencia

A partir de los datos históricos de planta de la fecha 17/12/23 y los datos de las pruebas del 22/02/24, se presenta en el siguiente gráfico la curva de generación de Central Hornitos en función del caudal. Los datos presentados fueron informados por el Coordinado.



Como puede observarse la generación de Central Hornitos en función del caudal puede ser estimada a partir de la siguiente función polinómica:

$$P_{(x)} = 5.1742x - 3.477$$

Utilizando la función polinómica de generación máxima se estiman los valores de potencia máxima que desarrollaría la central para los valores de caudal medido y caudal de sitio. Los valores determinados son los siguientes.

$$P_{(Caudal_{Med})} = 49.40 \text{ MW}$$

$$P_{(Caudal_{Sitio})} = 57.56 \text{ MW}$$



### 6.8.3 Potencia bruta

La corrección por caudal se realiza considerando la diferencia de potencia activa entre la condición de caudal de sitio y la condición de caudal medido. Esta diferencia o salto de potencia se suma al valor de **Potencia Máxima Bruta Corregida** ( $P_{MAX,Bruta,Corr}$ ), detallado en la Tabla 2.1.

Por lo anterior, la **Potencia Máxima Bruta Corregida** por caudal ( $P_{MAX,Bruta,Corr,Caudal}$ ) es estimada de la siguiente manera:

$$P_{MAX,Bruta,Corr,Caudal} = P_{MAX,Bruta,Corr} + (P_{(Caudal_{Sitio})} - P_{(Caudal_{Med})})$$

$$P_{MAX,Bruta,Corr,Caudal} = 49.4018 \text{ MW} + (57.56 \text{ MW} - 49.40 \text{ MW})$$

$$P_{MAX,Bruta,Corr,Caudal} = 57.5618 \text{ MW}$$

### 6.8.4 Potencia de pérdidas

El cálculo de la Potencia de pérdidas se realizó en capítulo 6.2 y el resultado está detallado en la Tabla 2.1:

$$L_{Totales} = 443.35 \text{ kW}$$

Este valor de pérdidas totales considera las pérdidas en carga en el transformador principal de la central, las pérdidas resistivas asociadas al nivel de carga en la condición de ensayo y la potencia asociadas a los consumos externos y consumos auxiliares.

$$L_{Totales} = P_{Perd,central} + P_{SSAA}$$

Los valores de Potencia asociadas a los consumos auxiliares ( $P_{SSAA}$ ) se consideran como constantes y no dependen del despacho de la unidad. En base a lo presentado en la Tabla 4.6, se debe considerar el consumo de potencia de servicios auxiliares estimado en 89.67 kW.

$$P_{SSAA} = 89.67 \text{ kW}$$

El cálculo de **Potencia de Pérdidas en la central** ( $P_{Perd,central}$ ) presenta a continuación:

$$P_{Perd,central} = L_{Totales} - P_{SSAA}$$

$$P_{Perd,central} = 443.35 \text{ kW} - 89.67 \text{ kW} = 353.68 \text{ kW}$$



Este valor de pérdidas considera las pérdidas en condición de vacío en el transformador principal y las pérdidas resistivas asociadas al nivel de carga en la condición de ensayo. A continuación, se procede a desglosar el valor de pérdidas entre los valores correspondiente a carga y vacío:

$$P_{Perd,central,carga} = P_{Perd,central} - P_{Perd,central,vacio}$$

$$P_{Perd,central,vacio} = P_{Perd,vacio,tr}$$

Dónde:

- Pérdidas en carga en la central ( $P_{Perd,central,carga}$ )
- Pérdidas en vacío en la central ( $P_{Perd,central,vacio}$ )
- Pérdidas en vacío transformador principal ( $P_{Perd,vacio,tr}$ )

A partir del valor de pérdida en vacío presentado en la Tabla 4.6, se determina el valor de **Potencia de Pérdidas en carga en la central** ( $P_{Perd,central,carga}$ )

$$P_{Perd,central,carga} = 353.68 \text{ kW} - 41 \text{ kW} = 312.68 \text{ kW}$$

Este valor de pérdidas debe ser corregido para el despacho en escenario de **Potencia Máxima Bruta Corregida por caudal**. La siguiente expresión muestra la **Potencia de Pérdidas en carga en la central corregida** ( $P_{Perd,central,carga,Corr}$ )

$$P_{Perd,central,carga,Corr} = P_{Perd,central,carga} \times \left( \frac{P_{MAX,Bruta,Corr,Caudal}}{P_{MAX,Bruta,Corr}} \right)^2$$

$$P_{Perd,central,carga,Corr} = 312.68 \text{ kW} \times \left( \frac{57.5618 \text{ MW}}{49.4018 \text{ MW}} \right)^2 = 424.51 \text{ kW}$$



### Potencia de pérdidas en la central corregida

A partir del valor anterior, se puede estimar el valor de Potencia de Pérdidas en la central corregida ( $P_{Perd,central,Corr}$ ), usando la siguiente ecuación

$$P_{Perd,central,Corr} = P_{Perd,central,vacío} + P_{Perd,central,carga,Corr}$$

$$P_{Perd,central,Corr} = 41 \text{ kW} + 424.51 \text{ kW} = 465.51 \text{ kW}$$

A su vez, el valor de **Potencia de Pérdidas en la central corregida** puede ser desglosado en los siguientes términos:

- Pérdidas en el transformador principal ( $P_{Perd,tr}$ )
- Pérdidas en la red interna ( $P_{Perd,red}$ )

$$P_{Perd,central,Corr} = P_{Perd,tr} + P_{Perd,red}$$

### Pérdidas en el transformador principal

En la Tabla 4.6 se presentan los valores de pérdida en vacío y carga del transformador principal. Cabe mencionar que el valor de pérdidas en carga está referido a la condición de potencia nominal del equipo y deben ser determinadas en la condición de ensayo.

Las pérdidas en carga del transformador ( $P_{Perd,carga,tr}$ ) se calculan según la siguiente expresión:

$$P_{Perd,carga,tr} = (P_{Perd,carga,nominal,tr}) \cdot \left( \frac{P_{MAX,Bruta,Corr,Caudal}}{S_{nom,tr}} \right)^2$$

La expresión de pérdidas en el transformador principal es la siguiente:

$$P_{Perd,tr} = P_{Perd,carga,tr} + P_{Perd,vacío,tr}$$

A continuación, se presentan los cálculos de pérdidas del transformador principal:

$$P_{Perd,tr} = 174.43 \text{ kW}$$



### Pérdidas en la red interna

En tanto, el valor de pérdidas en la red interna queda determinado por la siguiente ecuación:

$$P_{Perd,red} = P_{Perd,central,Corr} - P_{Perd,tr}$$

$$P_{Perd,red} = 465.51 \text{ kW} - 174.43 \text{ kW} = 291.08 \text{ kW}$$

### Potencia de Pérdidas totales en la central corregida

El valor **Pérdidas Totales en la central corregida** ( $L_{Totales,central,Corr}$ ) queda determinado por la siguiente ecuación:

$$L_{Totales,central,Corr} = P_{Perd,central,Corr} + P_{SSAA}$$

$$L_{Totales,central,Corr} = 465.51 \text{ kW} + 89.67 \text{ kW} = 555.18 \text{ kW}$$

En la Tabla 6.10 se resumen los resultados del desglose de pérdidas y consumos propios considerando la corrección por caudal realizada:

<b>Consumos</b>	<b>Potencia estimada</b>
Consumos de SSAA	89.67 kW
Pérdidas en el transformador principal	174.43 kW
Pérdidas en la red interna	291.08 kW
<b>Total</b>	<b>555.18 kW</b>

Tabla 6.10 - Valores de pérdidas y consumos (Corrección por caudal)

### 6.8.5 Potencia neta

Para obtener el valor de **Potencia Máxima Neta Corregida por caudal** ( $P_{MAX,Neta,Corr.Caudal}$ ) se utilizará el valor de **Potencia Máxima Bruta Corregida por caudal** y el valor de **Potencia de Pérdidas totales en la central corregida**, según la siguiente expresión:

$$P_{MAX,Neta,Corr.Caudal} = P_{MAX,Bruta,Corr.Caudal} - L_{Totales,central,Corr}$$

$$P_{MAX,Neta,Corr.Caudal} = 57.5618 \text{ MW} - 555.18 \text{ kW} = 57.0066 \text{ MW}$$



### 6.8.6 Resultados

En base a los cálculos presentados en las secciones precedentes, se muestra a continuación la tabla resumen de resultados:

Resumen de resultados CH Hornitos - Unidad 1 (Corrección por caudal)		
Potencia Máxima	Bruta Corregida [MW]	57,5618
	Neta Corregida [MW]	57,0066
Pérdidas y consumos internos	Consumos de SSAA [kW]	89,67
	Pérdidas en transformador principal [kW]	174,43
	Pérdidas en la red interna [kW]	291,08
	<b>Pérdidas totales [kW]</b>	<b>555,18</b>

Tabla 6.11 – Resumen resultados – Unidad 1 (Corrección por caudal)



## 7 CONCLUSIONES

Se realizaron con éxito las pruebas de Potencia Máxima de la Unidad 1 para la Central Hidroeléctrica Hornitos.

Se determinaron los siguientes valores de **Potencia Máxima Bruta** de la Central Hidroeléctrica Hornitos con el siguiente desglose de valores.

Resumen de resultados CH Hornitos - Unidad 1		
Potencia Máxima	Bruta Medida [MW]	49,4067
	<b>Bruta Corregida [MW]</b>	<b>49,4018</b>
	Neta Medida [MW]	48,9633
	<b>Neta Corregida [MW]</b>	<b>48,9584</b>
Pérdidas y consumos internos	Consumos de SSAA [kW]	89,67
	Pérdidas en transformador principal [kW]	137,56
	Pérdidas en la red interna [kW]	216,12
	<b>Pérdidas totales [kW]</b>	<b>443,35</b>

Tabla 7.1 – Resumen resultados – Unidad 1

Resumen de resultados CH Hornitos - Unidad 1 (Corrección por caudal)		
Potencia Máxima	<b>Bruta Corregida [MW]</b>	<b>57,5618</b>
	<b>Neta Corregida [MW]</b>	<b>57,0066</b>
Pérdidas y consumos internos	Consumos de SSAA [kW]	89,67
	Pérdidas en transformador principal [kW]	174,43
	Pérdidas en la red interna [kW]	291,08
	<b>Pérdidas totales [kW]</b>	<b>555,18</b>

Tabla 7.2 – Resumen resultados – Unidad 1 (Corrección por caudal)



## 8 NORMATIVA

- Anexo Técnico: “Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras”.
- Norma ASME PTC 19.1 “Test Uncertainty”



## 9 ANEXOS

### 9.1 Hojas de datos del generador

**VA TECH HYDRO**

### 1.3 Datos eléctricos

#### 1.3.1 Datos nominales

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	IM 8425 (W41)
POTENCIA NOMINAL	59,8 MVA
POTENCIA MÁXIMA CONTINUA	77,67 MVA
VOLTAJE NOMINAL	11 kV
LÍMITES DE VOLTAJE	±5 %
CORRIENTE NOMINAL	3138,7 A
FACTOR DE POTENCIA NOMINAL	0,9
FRECUENCIA NOMINAL	50 Hz
VELOCIDAD NOMINAL	500 r.p.m.
VELOCIDAD DE EMBALAMIENTO	903 r.p.m.
SENTIDO DEL GIRO (VISTO DESDE ARRIBA)	Contra las agujas del reloj
CLASE DE AISLAMIENTO TÉRMICO estator/rotor	F/F
NORMAS DE DISEÑO	IEC 34 o EN 60034
ALTITUD	1626 m.s.n.m.

Excitación estática, conectada a los anillos colectores del generador.

VOLTAJE NOMINAL DE EXCITACIÓN	125 V
CORRIENTE NOMINAL DE EXCITACIÓN	928 A
MÁXIMO VOLTAJE CONTINUO DE EXCITACIÓN	162 V
MÁXIMA CORRIENTE CONTINUA DE EXCITACIÓN	1078 A

#### 1.3.2 Aumentos de temperatura

Por encima de la temperatura del aire de enfriamiento a carga nominal/a máxima carga continua.

DEVANADO DEL ESTATOR (sensores de temperatura)	máx. 70 K / 110 K
DEVANADO DEL ROTOR (medición de resistencia)	máx. 60 K / 100 K

Capítulo 1

**HORNITOS HPP**  
Ssv 355/12-210

Capítulo01 HORNITOS\_S.doc 3/16

Figura 9.1 - Hoja de datos del generador (1 de 2)

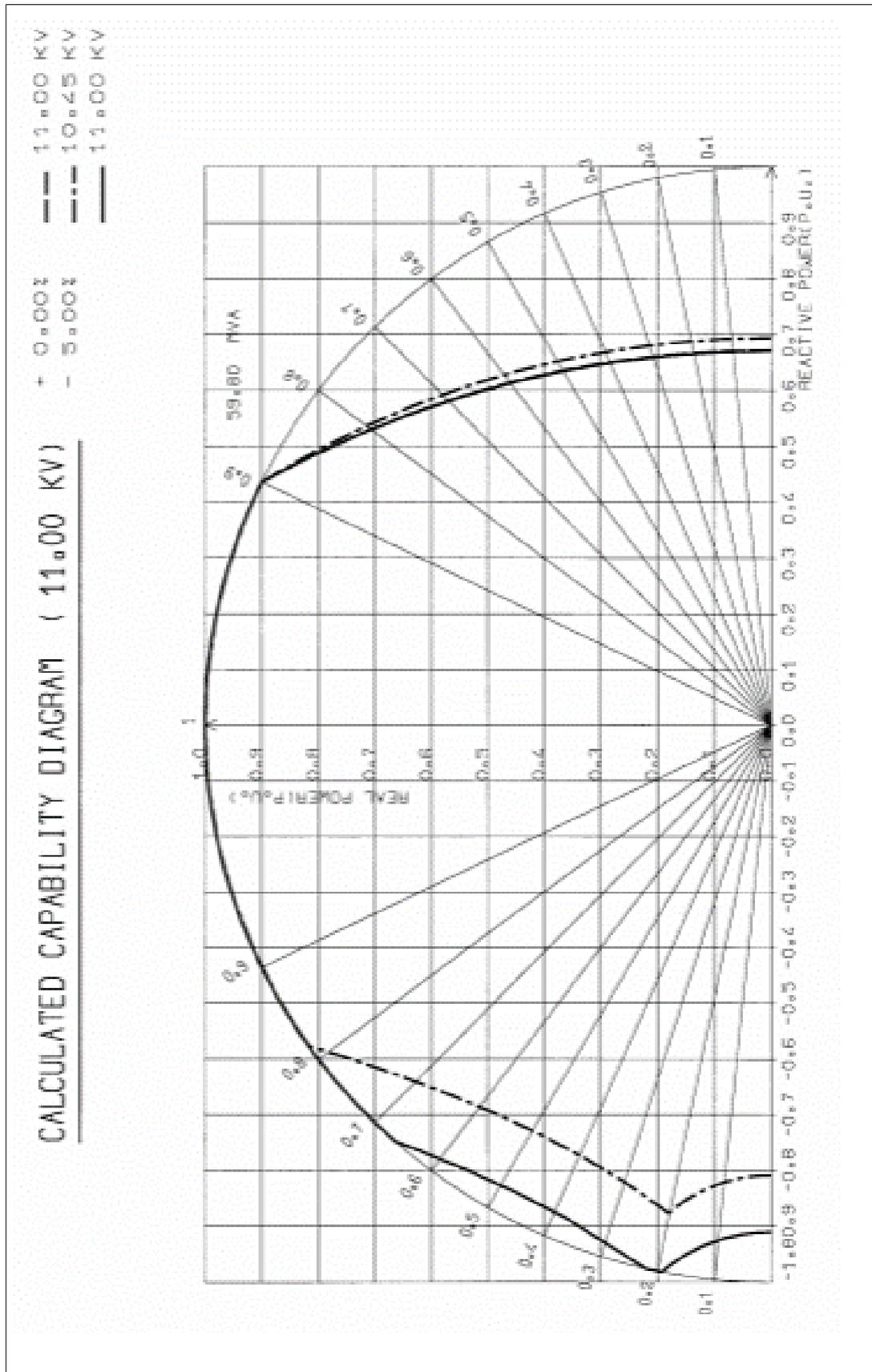


Figura 9.2 - Hoja de datos del generador (2 de 2)



## 9.2 Datos característicos del Transformador principal

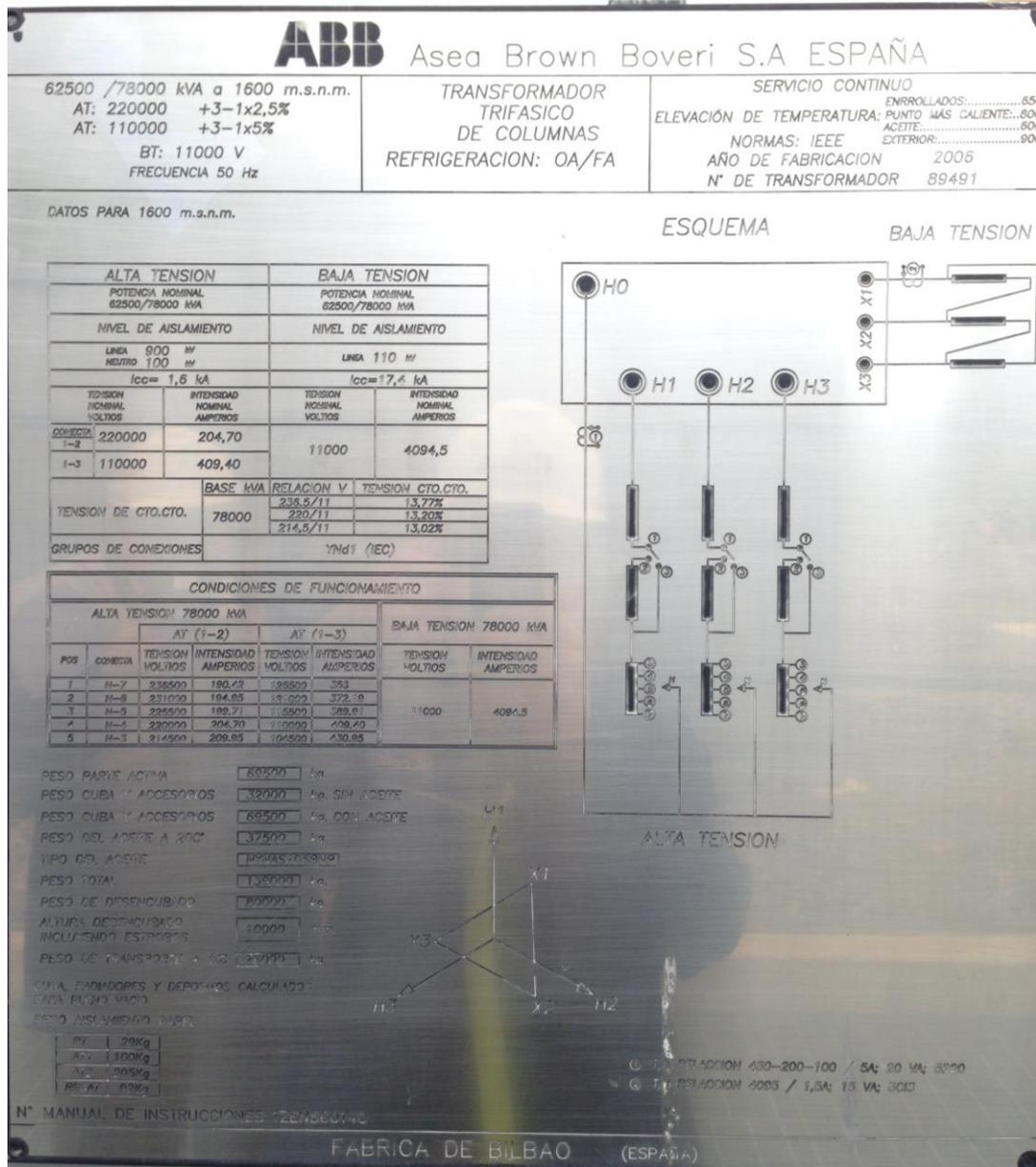


Figura 9.3 - Hoja de datos del transformador principal



### 9.3 Puntos de medición

#### 9.3.1 Potencia bruta U1:

En el siguiente unilineal general se pueden identificar los puntos de medición de la potencia bruta. Se muestran en azul y rojos los núcleos de los transformadores de corriente y tensión de clase 0.2 y 0.5, respectivamente.

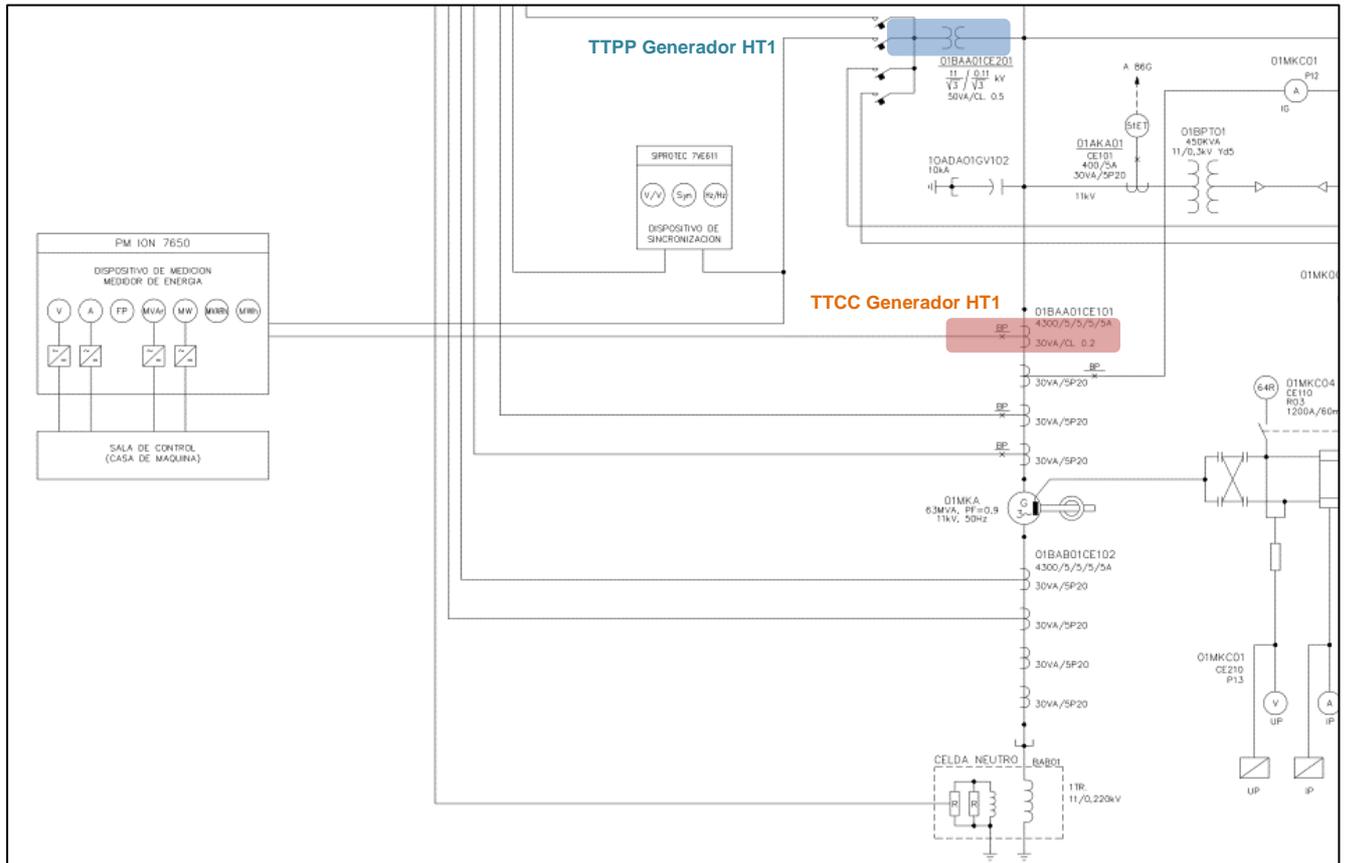


Figura 9.4 - Unilineal para mediciones de potencia bruta



En las siguientes imágenes se presentan fotos del medidor de potencia bruta:



Figura 9.5 - Equipo medidor ION 7650 potencia bruta U1

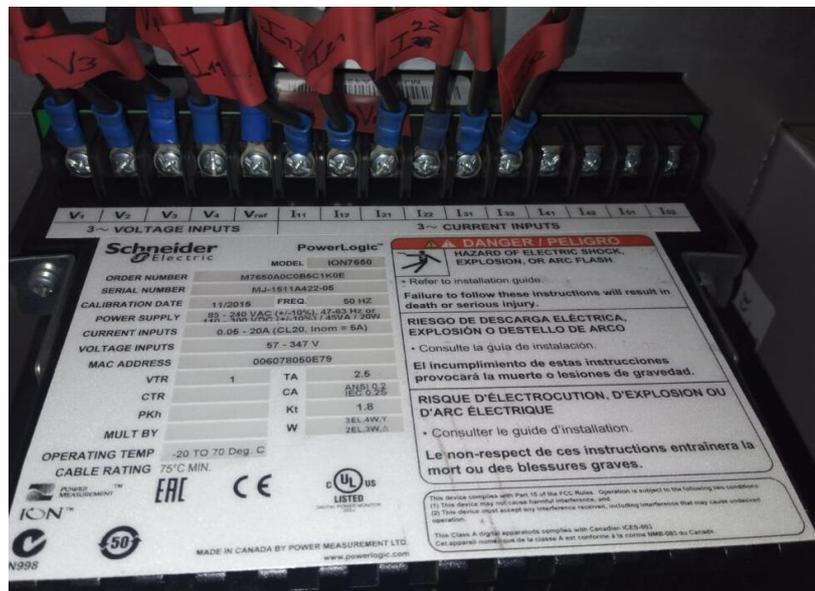


Figura 9.6 - Equipo medidor ION 7650 potencia bruta U1



### 9.3.2 Potencia neta

En el siguiente unilínea se pueden identificar los puntos de medición de la potencia neta. Se muestran en azul y rojos los núcleos de los transformadores de corriente y tensión de clase 0.2, respectivamente.

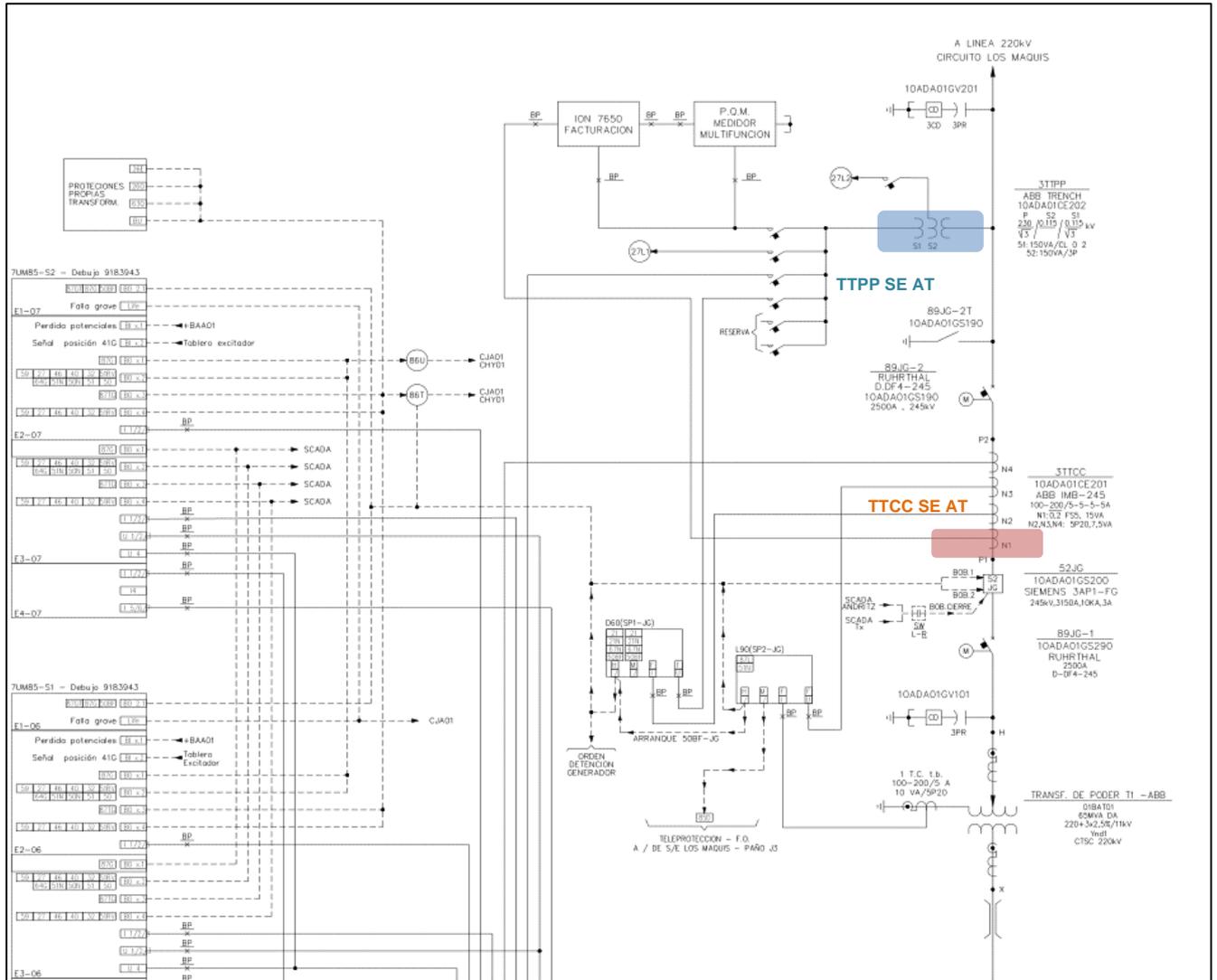


Figura 9.7 - Unilínea para mediciones de potencia neta



En las siguientes imágenes se presentan fotos del medidor de potencia neta:

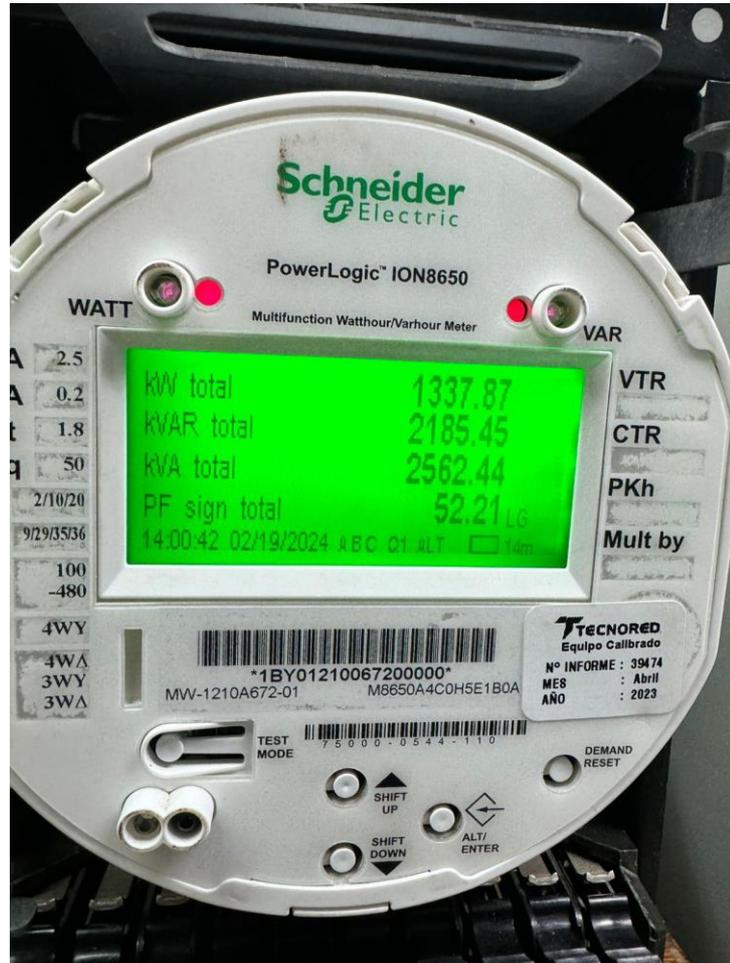


Figura 9.8 - Equipo medidor ION 8650 potencia neta

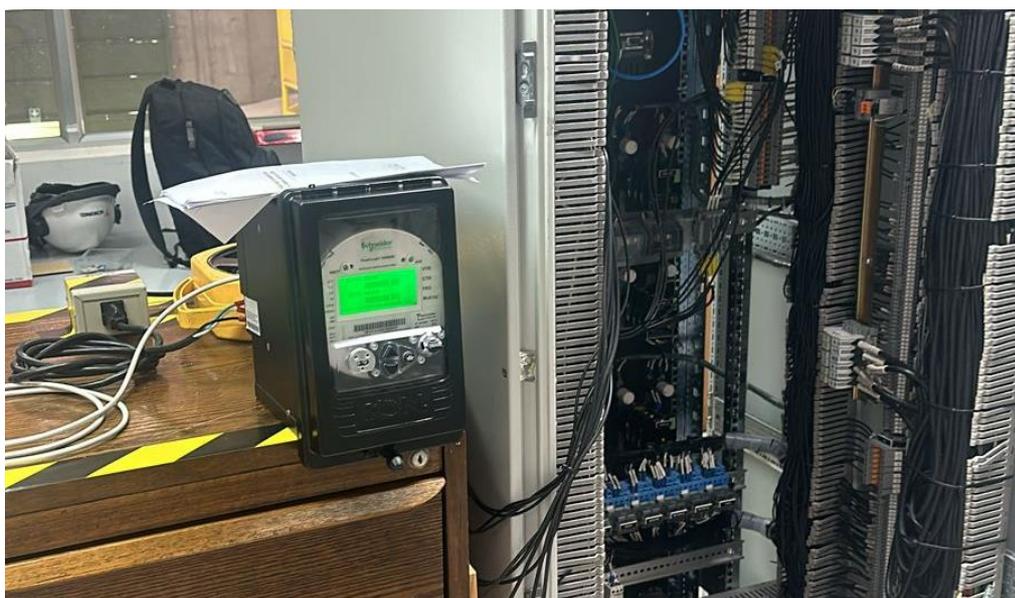


Figura 9.9 - Equipo medidor ION 8650 potencia neta



## 9.4 Instrumental de medición

En este apartado se describen las características principales de los instrumentos que se utilizaron y se presentan sus certificados actualizados de calibración.

### 9.4.1 Potencia bruta/FP

Se ha utilizado el medidor que el Coordinado tiene dentro de sus instalaciones. Este medidor es clase 0.2 y cumple con los requerimientos establecidos en el anexo técnico.

El Coordinado ha realizado pruebas de certificación de este equipo previo al desarrollo de las pruebas. Los registros de datos se han realizado con una tasa de muestreo de 1 muestra por minuto y se ha entregado en formato csv.

A continuación, se incluye los certificados de calibración



Página 1 de 3

Acreditado por IAS,  
Acreditación TL-1109

**INFORME DE ENSAYOS**  
**N° SE-202308-008**

**IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO**

Denominación: Medidor de Energía Eléctrica  
Marca: Schneider Electric  
Modelo: ION 7650  
Numero de Serie: MJ-1511A422-05

**IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE**

Nombre : COLBUN S.A.  
Dirección : Apoquindo 4775 Las Condes, Santiago  
Solicitud : Ensayo de Medidor de Energía Eléctrica

**DATOS DEL ENSAYO**

Fecha del Ensayo : 07 de septiembre de 2023. Lugar : SE Hornitos  
Fecha de Emisión : 08 de septiembre de 2023. Ubicación : Los Andes  
Método : IEC 62053-22/23 N° Elementos : 3 E / 4 H  
Ejecutado por : Mauricio Basaez Araya

**PATRÓN UTILIZADO**

Tipo : Patrón de Energía Eléctrica. Cl. De Exactitud :  $\pm 0.05 \%$   
Marca : MTE Trazabilidad Energía A. : IVPE-000017-2022  
Modelo : PTS3.3C Trazabilidad Energía R. : IVPE-000018-2022  
N° de serie : 49104. Empresa Certificadora : TESTLAB

**ALCANCES DEL INFORME**

CAM Chile S.p.A., certifica que este instrumento ha sido ensayado, utilizando equipos patrones e instrumentos que cuentan con certificados vigentes y trazables, con unidades plenamente identificables a magnitudes del Sistema Internacional de Unidades (SI).  
Los resultados expuestos corresponden únicamente al ítem identificado bajo prueba y solo bajo las condiciones mencionadas.  
La incertidumbre expandida está calculada con un factor de cobertura  $k=2$ , para una distribución normal correspondiente a una probabilidad de aproximadamente el 95%.  
Este Informe de Ensayos no podrá ser reproducido parcial ni totalmente sin previa autorización de CAM Chile S.p.A., el Área de Certificación no se responsabiliza por alteraciones o enmiendas en el presente documento.  
CAM Chile S.p.A., autorizado por la superintendencia de electricidad y combustible según la resolución exenta N°15.474 de 29 de diciembre de 2022.

**Realizado por Mauricio Basaez Araya.**  
Especialista Gestion de Energía  
CAM Chile SpA.

**JOSE MAURICIO DE LA ROSA GUZMAN**  
Firmado digitalmente por JOSE MAURICIO DE LA ROSA GUZMAN  
Fecha: 2023.09.08 13:03:22 -03'00'

**Revisado por José De La Rosa G.**  
Profesional Responsable OLCA  
CAM Chile SpA.

Laboratorio de Medidores – CAM Chile SpA – Av. Americo Vesputcio 1361, Quilicura.

Figura 9.10 - Certificado de calibración de medidor de potencia bruta U1



### 9.4.2 Potencia neta

Se ha utilizado el medidor que el Coordinado tiene dentro de sus instalaciones. Este medidor es clase 0.2 y cumple con los requerimientos establecidos en el anexo técnico.

El Coordinado ha realizado pruebas de certificación de este equipo previo al desarrollo de las pruebas. El registro de datos se ha realizado con una tasa de muestreo de 1 muestra por minuto y se ha entregado en formato csv.

A continuación, se incluye el certificado de calibración



FT-LAB-7.8c



**CERTIFICADO DE EXACTITUD**  
**LABORATORIO DE TECNORED S.A.**  
**MEDIDORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

FOLIO: 39474

ANTECEDENTES DEL CLIENTE				RESULTADOS DE LA COMPONENTE ACTIVA																																																																																																																																																																																																																							
N° / Fecha de Solicitud	:																																																																																																																																																																																																																										
Fecha Calibración	:																																																																																																																																																																																																																										
Medidor	:																																																																																																																																																																																																																										
Cliente	:																																																																																																																																																																																																																										
Instalación	:																																																																																																																																																																																																																										
Subestación	:																																																																																																																																																																																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">ANTECEDENTES DEL MEDIDOR</th> <th colspan="4">RESULTADOS DE LA COMPONENTE REACTIVA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Marca</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Modelo</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>N° de Serie</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Estado</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Año Fabricación</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Clase Exactitud (%)</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Constante Med.</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="4"> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">PATRON DE CALIBRACIÓN</th> <th colspan="4">RESULTADOS DE LA COMPONENTE REACTIVA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Marca</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Modelo</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>N° Serie</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Clase de Exactitud</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Trazabilidad</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="4"> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">CONDICIONES DE MEDIDA</th> <th colspan="4">OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lugar de Calibración</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Tipo de Medida</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Tensión Aplicada</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Corriente Nominal</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>N° de Elementos</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Método Calibración</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Frecuencia (Hz)</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Temperatura (C°)</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Humedad (%)</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Calibrador</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <p>Los errores encontrados cumplen con la Normativa Vigente IEC 62053-22 (ITEM 8.1). Tecnored S.A., declina toda responsabilidad por el uso indebido que se hicieran de este certificado. Este documento no puede ser reproducido en forma parcial.</p> </td> </tr> </tbody> </table> </td> </tr> </tbody></table> </td> </tr> </tbody> </table>				ANTECEDENTES DEL MEDIDOR				RESULTADOS DE LA COMPONENTE REACTIVA				Marca	:							Modelo	:							N° de Serie	:							Estado	:							Año Fabricación	:							Clase Exactitud (%)	:							Constante Med.	:							<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">PATRON DE CALIBRACIÓN</th> <th colspan="4">RESULTADOS DE LA COMPONENTE REACTIVA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Marca</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Modelo</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>N° Serie</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Clase de Exactitud</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Trazabilidad</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="4"> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">CONDICIONES DE MEDIDA</th> <th colspan="4">OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lugar de Calibración</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Tipo de Medida</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Tensión Aplicada</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Corriente Nominal</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>N° de Elementos</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Método Calibración</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Frecuencia (Hz)</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Temperatura (C°)</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Humedad (%)</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Calibrador</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <p>Los errores encontrados cumplen con la Normativa Vigente IEC 62053-22 (ITEM 8.1). Tecnored S.A., declina toda responsabilidad por el uso indebido que se hicieran de este certificado. Este documento no puede ser reproducido en forma parcial.</p> </td> </tr> </tbody> </table> </td> </tr> </tbody></table>				PATRON DE CALIBRACIÓN				RESULTADOS DE LA COMPONENTE REACTIVA				Marca	:							Modelo	:							N° Serie	:							Clase de Exactitud	:							Trazabilidad	:							<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">CONDICIONES DE MEDIDA</th> <th colspan="4">OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lugar de Calibración</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Tipo de Medida</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Tensión Aplicada</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Corriente Nominal</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>N° de Elementos</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Método Calibración</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Frecuencia (Hz)</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Temperatura (C°)</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Humedad (%)</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Calibrador</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <p>Los errores encontrados cumplen con la Normativa Vigente IEC 62053-22 (ITEM 8.1). Tecnored S.A., declina toda responsabilidad por el uso indebido que se hicieran de este certificado. Este documento no puede ser reproducido en forma parcial.</p> </td> </tr> </tbody> </table>				CONDICIONES DE MEDIDA				OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES				Lugar de Calibración	:							Tipo de Medida	:							Tensión Aplicada	:							Corriente Nominal	:							N° de Elementos	:							Método Calibración	:							Frecuencia (Hz)	:							Temperatura (C°)	:							Humedad (%)	:							Calibrador	:							<p>Los errores encontrados cumplen con la Normativa Vigente IEC 62053-22 (ITEM 8.1). Tecnored S.A., declina toda responsabilidad por el uso indebido que se hicieran de este certificado. Este documento no puede ser reproducido en forma parcial.</p>							
ANTECEDENTES DEL MEDIDOR				RESULTADOS DE LA COMPONENTE REACTIVA																																																																																																																																																																																																																							
Marca	:																																																																																																																																																																																																																										
Modelo	:																																																																																																																																																																																																																										
N° de Serie	:																																																																																																																																																																																																																										
Estado	:																																																																																																																																																																																																																										
Año Fabricación	:																																																																																																																																																																																																																										
Clase Exactitud (%)	:																																																																																																																																																																																																																										
Constante Med.	:																																																																																																																																																																																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">PATRON DE CALIBRACIÓN</th> <th colspan="4">RESULTADOS DE LA COMPONENTE REACTIVA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Marca</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Modelo</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>N° Serie</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Clase de Exactitud</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Trazabilidad</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="4"> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">CONDICIONES DE MEDIDA</th> <th colspan="4">OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lugar de Calibración</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Tipo de Medida</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Tensión Aplicada</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Corriente Nominal</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>N° de Elementos</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Método Calibración</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Frecuencia (Hz)</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Temperatura (C°)</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Humedad (%)</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Calibrador</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <p>Los errores encontrados cumplen con la Normativa Vigente IEC 62053-22 (ITEM 8.1). Tecnored S.A., declina toda responsabilidad por el uso indebido que se hicieran de este certificado. Este documento no puede ser reproducido en forma parcial.</p> </td> </tr> </tbody> </table> </td> </tr> </tbody></table>				PATRON DE CALIBRACIÓN				RESULTADOS DE LA COMPONENTE REACTIVA				Marca	:							Modelo	:							N° Serie	:							Clase de Exactitud	:							Trazabilidad	:							<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">CONDICIONES DE MEDIDA</th> <th colspan="4">OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lugar de Calibración</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Tipo de Medida</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Tensión Aplicada</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Corriente Nominal</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>N° de Elementos</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Método Calibración</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Frecuencia (Hz)</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Temperatura (C°)</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Humedad (%)</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Calibrador</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <p>Los errores encontrados cumplen con la Normativa Vigente IEC 62053-22 (ITEM 8.1). Tecnored S.A., declina toda responsabilidad por el uso indebido que se hicieran de este certificado. Este documento no puede ser reproducido en forma parcial.</p> </td> </tr> </tbody> </table>				CONDICIONES DE MEDIDA				OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES				Lugar de Calibración	:							Tipo de Medida	:							Tensión Aplicada	:							Corriente Nominal	:							N° de Elementos	:							Método Calibración	:							Frecuencia (Hz)	:							Temperatura (C°)	:							Humedad (%)	:							Calibrador	:							<p>Los errores encontrados cumplen con la Normativa Vigente IEC 62053-22 (ITEM 8.1). Tecnored S.A., declina toda responsabilidad por el uso indebido que se hicieran de este certificado. Este documento no puede ser reproducido en forma parcial.</p>																																																																											
PATRON DE CALIBRACIÓN				RESULTADOS DE LA COMPONENTE REACTIVA																																																																																																																																																																																																																							
Marca	:																																																																																																																																																																																																																										
Modelo	:																																																																																																																																																																																																																										
N° Serie	:																																																																																																																																																																																																																										
Clase de Exactitud	:																																																																																																																																																																																																																										
Trazabilidad	:																																																																																																																																																																																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">CONDICIONES DE MEDIDA</th> <th colspan="4">OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lugar de Calibración</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Tipo de Medida</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Tensión Aplicada</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Corriente Nominal</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>N° de Elementos</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Método Calibración</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Frecuencia (Hz)</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Temperatura (C°)</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Humedad (%)</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Calibrador</td> <td colspan="3">:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="8"> <p>Los errores encontrados cumplen con la Normativa Vigente IEC 62053-22 (ITEM 8.1). Tecnored S.A., declina toda responsabilidad por el uso indebido que se hicieran de este certificado. Este documento no puede ser reproducido en forma parcial.</p> </td> </tr> </tbody> </table>				CONDICIONES DE MEDIDA				OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES				Lugar de Calibración	:							Tipo de Medida	:							Tensión Aplicada	:							Corriente Nominal	:							N° de Elementos	:							Método Calibración	:							Frecuencia (Hz)	:							Temperatura (C°)	:							Humedad (%)	:							Calibrador	:							<p>Los errores encontrados cumplen con la Normativa Vigente IEC 62053-22 (ITEM 8.1). Tecnored S.A., declina toda responsabilidad por el uso indebido que se hicieran de este certificado. Este documento no puede ser reproducido en forma parcial.</p>																																																																																																																															
CONDICIONES DE MEDIDA				OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES																																																																																																																																																																																																																							
Lugar de Calibración	:																																																																																																																																																																																																																										
Tipo de Medida	:																																																																																																																																																																																																																										
Tensión Aplicada	:																																																																																																																																																																																																																										
Corriente Nominal	:																																																																																																																																																																																																																										
N° de Elementos	:																																																																																																																																																																																																																										
Método Calibración	:																																																																																																																																																																																																																										
Frecuencia (Hz)	:																																																																																																																																																																																																																										
Temperatura (C°)	:																																																																																																																																																																																																																										
Humedad (%)	:																																																																																																																																																																																																																										
Calibrador	:																																																																																																																																																																																																																										
<p>Los errores encontrados cumplen con la Normativa Vigente IEC 62053-22 (ITEM 8.1). Tecnored S.A., declina toda responsabilidad por el uso indebido que se hicieran de este certificado. Este documento no puede ser reproducido en forma parcial.</p>																																																																																																																																																																																																																											

Jaime Eduardo García Collao  
Jefe Área Laboratorio y Medidas

**TECNORED S.A.**  
Cerro El Plomo 3819 Barrio Industrial Curauma, Valparaíso  
Fono: 56-32-2452580 fax: 56-32-2452571  
www.tecnored.cl ventas@tecnored.cl

Figura 9.11 - Certificado de calibración de medidor de potencia neta



## 9.5 Actas de ensayos

Se incluyen a continuación las actas confeccionadas al finalizar los ensayos

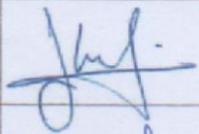
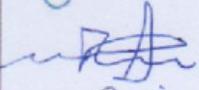
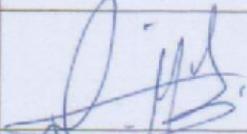
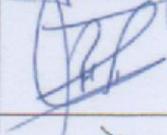
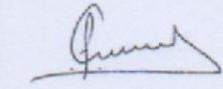
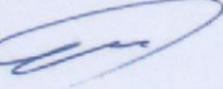


**ESTUDIOS ELECTRICOS**   
ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

**ACTA DE ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA**

Fecha	22/02/2024	Empresa	Colbún S.A.
ID Proyecto	EE-2023-139	Ubicación	Los Andes, Región de Valparaíso, Chile
Central	Central Hidroeléctrica Hornitos		
Denominación de la unidad	Unidad 1		

**Responsables durante la prueba**

Empresa	Nombre	Firmas
Colbún S.A. (Coordinado)	Julián Eduardo Larrea Moraga - Ingeniero Especialista Subgerencia de Sistemas Eléctricos	
	Mario Riveros Aguilera - Operador de centrales	
	Luis Edmundo Aguilar Cerpa - Jefe de Operaciones	
	Flavio Rojas Romero - Supervisor Operaciones	
	Daniel Herrera Bustamante - Operador de Complejo	
	Francisco Camus Maturana - Especialista de sistemas de control	
	José Maturana Vega - Supervisor de sistemas de control	

[www.estudios-electricos.com](http://www.estudios-electricos.com)

Figura 9.12 - Acta de tareas Unidad 1 (1 de 5)



**ESTUDIOS ELÉCTRICOS**   
ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

<i>Coordinador Eléctrico Nacional</i>	<i>Sin participantes durante las pruebas.</i>	-
<i>Estudios Eléctricos</i>	<i>Federico Deledda - Experto Técnico</i>	 <i>Deledda, Federico</i>

[www.estudios-electricos.com](http://www.estudios-electricos.com)

Figura 9.13 - Acta de tareas Unidad 1 (2 de 5)



**ESTUDIOS ELECTRICOS**   
ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

**Datos de la unidad**

Potencia aparente nominal [MVA]	59.8	Corriente de estator nominal [A]	3138
Tensión de estator nominal [kV]	11.0	Factor de potencia nominal	0.9
Potencia activa máxima [MW]	59.8 <i>Declarado CEN</i>	Corriente de excitación nominal [A]	928
Mínimo Técnico [MW]	-	Tensión de excitación nominal [V]	125

**Datos de la prueba**

Estado previo de la unidad	<i>Despachada</i>	Arranque de la unidad (fecha-hora)	22/02/2024 -
Inicio del período de estabilización	07:20 Hs	Fin del período de estabilización	08:00 Hs
Inicio del período de prueba Potencia Máxima	08:00 Hs	Fin del período de prueba Potencia Máxima	15:30 Hs
Protocolo aplicable	EE-EN-2023-1438 Rev B	Desvíos del protocolo	Si

**Instrumental**

Magnitud	Descripción de equipos y punto de conexión
<b>Potencia neta</b>	ION 8650 – N° Serie MW-1210A672-01. Equipos de medida de planta clase 0.2.
<b>Potencia bruta y factor de potencia</b>	ION 7650 – N° Serie: MJ-1511A422-05. Equipos de medida de planta clase 0.2.
<b>Potencia SSAA</b>	-

[www.estudios-electricos.com](http://www.estudios-electricos.com)

Figura 9.14 - Acta de tareas Unidad 1 (3 de 5)



**ESTUDIOS ELECTRICOS**   
ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

**Valores preliminares**

En la siguiente tabla se presentan los valores promedio sin corrección de la potencia bruta de la unidad bajo prueba obtenidos durante el desarrollo de la prueba de potencia máxima:

Período	1	2	3	4	5
Potencia Bruta Unidad 1 [MW]	49.55	50.28	49.70	48.87	48.63

**Observaciones**

Desvíos del protocolo: A las 10:54 Hs se produce una desconexión intempestiva de la unidad a causa de una falla externa (Perturbación por falla en línea de 220 kV Tap off El Llano - SAG). A las 11:42 Hs se vuelve a sincronizar la unidad al sistema. Se inicia el período de estabilización hasta las 13:00 Hs cuando se retoma la prueba.

Modalidad de las pruebas: La prueba de potencia máxima se realiza en **modalidad teledirigida y en horario diurno**.

Desarrollo de la prueba: Previo al inicio del periodo de estabilización la unidad se encontraba en servicio y continuó despachada luego de darse por finalizada la prueba.

La unidad operó en condiciones controladas por operación desde el inicio del periodo de estabilización (07:20 Hs) hasta el fin de las pruebas (15:30 Hs), a excepción del periodo de tiempo que estuvo fuera de servicio producto de la falla externa a la central.

Descartando el mencionado periodo, se presenciaron un aproximado de 7 horas de operación con la unidad en servicio de las cuales aproximadamente 6 horas corresponden a una operación estable a máxima potencia.

A partir de lo anterior el Experto Técnico consideró que la unidad operó de forma segura y confiable durante la prueba, que se recabaron los datos necesarios para un correcto cálculo del valor de potencia máxima y por lo tanto consideró innecesario extender la misma más allá del periodo indicado.

Por otro lado, durante el periodo de la prueba la unidad operó a máxima potencia determinada por la condición del recurso hídrico existente. Por este motivo la unidad desarrolló una potencia máxima menor a la declarada al CEN. Al momento de determinar la potencia máxima de la unidad se harán las correcciones necesarias según los registros históricos de caudales.

La unidad operó en modo control de nivel. La regulación de frecuencia estuvo operativa con un estatismo configurado de 10%.

Por otra parte, se consignó la tensión de las unidades en 11.5 kV (14 MVAR), lo que permitió tener un factor de potencia cercano a 0.95 durante toda la prueba.

Estabilidad durante las pruebas: Se observó operación estable de la unidad. El análisis preciso de la estabilidad en todas las variables establecidas será realizado en el informe final.

Comentarios: Se verificó sincronización horaria. Los medidores de potencia neta y bruta se encuentran sincronizados. Se verificó correcta tasa de muestreo de ambos medidores. Colbún entregó la totalidad de los registros digitales de esta prueba. La entrega se compone de dos archivos

[www.estudios-electricos.com](http://www.estudios-electricos.com)

Figura 9.15 - Acta de tareas Unidad 1 (4 de 5)



**ESTUDIOS ELECTRICOS**   
ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

*de distintas fuentes: registros de variables eléctricas (Potencia neta y Potencia bruta) y sistema SCADA de planta.*

*Los servicios auxiliares quedan alimentados desde la barra de 11 kV a través del transformador de SSAA 11/0.4 kV (interruptor 52SA). Por otra parte, la central hidráulica Juncalito se encuentra fuera de servicio y el interruptor 52BH que vincula las barras de media tensión de ambas centrales se encuentra abierto.*

*Conclusiones: El Experto Técnico concluye que, a pesar de la falla externa, la unidad operó de forma segura y confiable durante toda la prueba. Además, se obtuvieron todos los datos necesarios para cálculo del valor formal de potencia máxima.*

[www.estudios-electricos.com](http://www.estudios-electricos.com)

Figura 9.16 - Acta de tareas Unidad 1 (5 de 5)



Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente.