

Empresa: Coordinador Eléctrico Nacional

País: Chile

Proyecto: Central Hidroeléctrica Pehuenche

Descripción: Informe de Pruebas de Potencia Máxima

Código de Proyecto: EE-2021-115

Código de Informe: EE-EN-2021-2082

Revisión: B



2 de diciembre de 2022



Este documento EE-EN-2021-2082-RB fue preparado para Coordinador Eléctrico Nacional por Estudios Eléctricos. Para consultas técnicas respecto del contenido del presente comunicarse con:

Ing. Andrés Capalbo

Coordinador Dpto. Ensayos e Ingeniería
andres.capalbo@estudios-electricos.com

Ing. Pablo Rifrani

Gerente Dpto. Ensayos e Ingeniería
pablo.rifrani@estudios-electricos.com

www.estudios-electricos.com

Este documento contiene 96 páginas y ha sido guardado por última vez el 02/12/2022 por Federico García, sus versiones y firmantes digitales se indican a continuación:

Rev.	Fecha	Comentarios	Realizó	Revisó	Aprobó
A	07/04/2022	Para presentar.	FP/FD	AC	PR
B	02/12/2022	Se atienden observaciones del Coordinador.	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	INTRODUCCIÓN.....	5
2	RESUMEN EJECUTIVO.....	6
3	OBJETIVO GENERAL Y RESPONSABLES DE LA PRUEBA.....	10
3.1	Objetivo.....	10
3.2	Condiciones Particulares.....	10
3.3	Experto Técnico.....	10
3.4	Representante empresa generadora.....	11
3.5	Representante del Coordinador Eléctrico Nacional.....	11
3.6	Observador de otro Coordinado.....	11
4	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD Y CONDICIONES DE PRUEBA.....	12
4.1	Descripción general de la planta.....	12
4.2	Descripción de las unidades de generación.....	14
4.3	Condiciones de referencia y curvas de corrección.....	19
4.3.1	Curvas de corrección.....	19
4.3.2	Metodología de corrección.....	20
4.4	Instrumentación y mediciones.....	21
4.4.1	Metodología.....	22
4.4.2	Instrumentación principal.....	23
4.4.3	Mediciones complementarias.....	24
4.5	Estimación teórica de pérdidas y consumos propios de las unidades.....	25
4.5.1	Consumos propios de servicios auxiliares.....	26
4.5.2	Pérdidas en el transformador principal.....	27
4.5.3	Pérdidas en los transformadores auxiliares y de excitación.....	29
5	REALIZACIÓN DE LA PRUEBA.....	31
5.1	Chequeos preliminares.....	31
5.2	Desarrollo de las pruebas.....	31
5.2.1	Verificaciones previas.....	31
5.3	Condiciones previas al inicio de los ensayos.....	32
5.4	Incremento de potencia, estabilización e inicio de la prueba.....	34
5.5	Período de prueba.....	36



6	CALCULOS REALIZADOS Y RESULTADOS	38
6.1	Reducción de datos y estabilidad	38
6.2	Determinación de la Potencia Bruta unidad U1.....	38
6.3	Determinación de la potencia de pérdidas totales (SSAA)	38
6.3.1	Desglose de la potencia de pérdidas totales	40
6.4	Correcciones aplicables a la potencia bruta.....	42
6.5	Cálculo de la potencia neta corregida.....	44
6.6	Cálculo del promedio final	46
6.7	Tabla Resumen general	48
6.8	Incertidumbre	52
6.9	Corrección por cota condición de planta completa	54
6.9.1	Potencia bruta	55
6.9.2	Potencia de perdidas en la central	55
6.9.3	Potencia Neta	59
6.9.4	Resultados	59
7	CONCLUSIONES	60
8	NORMATIVA	62
9	ANEXOS	63
9.1	Registro histórico de cota	63
9.2	Característica potencia máxima vs cota embalse Melado	65
9.2.1	Determinación de la altura neta durante la prueba.....	66
9.2.2	Determinación del caudal y eficiencia de las turbinas	69
9.2.3	Determinación de la potencia máxima de la central en función de la cota de sitio	71
9.3	Características Turbina y Generador.....	72
9.4	Puntos de medición.....	74
9.4.1	Potencia bruta	74
9.4.2	Potencia neta	76
9.5	Certificados de calibración de instrumentos de medición.....	78
9.5.1	Potencia bruta/FP.....	78
9.5.2	Potencia neta	81
9.6	Acta de ensayos.....	84



1 INTRODUCCIÓN

El presente documento describe las tareas, ensayos y cálculos realizados para obtener el valor de **Potencia Máxima de la Unidad 1, la Unidad 2 y de la central completa para la Central Hidroeléctrica Pehuenche** 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-2021-1798-RB_Procedimiento_Potencia_Maxima_CH_Pehuenche

La Central Hidroeléctrica Pehuenche es una central de acumulación perteneciente a Enel Generación S.A., ubicada en la comuna de Colbún, Región del Maule, que utiliza las aguas del río Maule y de sus afluentes para la generación de energía eléctrica. La central está conformada por dos generadores sincrónicos idénticos impulsados por dos turbinas Francis de eje vertical. Particularmente las turbinas son marca Neyrpic que impulsan generadores sincrónicos marca Alstom.



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 y potencia neta.

Las pruebas de la Unidad 1, la Unidad 2 y de la Central completa se ejecutaron los días 2, 3 y 4 de noviembre de 2021 respectivamente. Todas las pruebas fueron realizadas en presencia de Andrés Alegría Ramos y Alfonso Núñez Schorr por parte del Coordinado (Enel Generación S.A.), Roberto Moller y Eduardo González por parte del Coordinador, y como Expertos Técnicos (Estudios Eléctricos) estuvieron presentes Federico Deledda y Federico García.

Durante el período de cada una de las pruebas se verificó que las unidades logren 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, luego de finalizado el período de estabilización. Durante el desarrollo de las pruebas se operó la respectiva unidad en carga base con regulación de frecuencia operativa.

Nota: Luego de realizadas todas las pruebas de potencia máxima y de recibidos los datos de las mediciones, se comprobó que las mediciones de potencia neta de la Unidad 1 eran mayores a las mediciones de potencia bruta de dicha unidad. En base a esta situación se buscaron alternativas para poder subsanar este error. Luego de que el coordinado revisara en terreno el estado de los distintos puntos de conexión y se verificara las mediciones registradas, llevando la unidad a la misma condición en la que se encontraba durante la prueba sin encontrar la causa de la diferencia detectada; se propuso utilizar como referencia, la medida registrada como Potencia Neta. Esta metodología fue aceptada tanto por el coordinado como por el CEN según lo acordado en el correo del 3 de marzo del 2022.



Para ello se considera que este medidor de Potencia Neta está conectado a un circuito de medida con menor cantidad de equipos en serie, y teniendo en cuenta además que, el menor valor registrado (Potencia Bruta), técnicamente representa una probabilidad mayor de presentar errores en la medida, al registrar un valor menor al esperado.

Por otro lado, se procedió a obtener los valores teóricos de las pérdidas y consumos propios de la Unidad 1 y a compararlos con las pérdidas y los consumos propios de Unidad 2 obtenidos mediante mediciones indirectas.

Una vez corroborado que los valores de pérdidas y consumos obtenidos eran similares, la potencia bruta de la Unidad 1 fue calculada como la suma entre la potencia neta medida y las pérdidas y consumos propios obtenidos teóricamente.

Para las pruebas de la Unidad 1 no fue posible operar con un factor de potencia cercano a 0.95 debido a un aumento en la temperatura del transformador de excitación. Por esta razón, se operó en un factor de potencia cercano a 0.99. Para las pruebas de la central completa, la Unidad 1 y la Unidad 2 no pudieron operar con un factor de potencia cercano a 0.95 debido a un aumento en la temperatura del transformador de excitación respectivo de cada unidad. Por esta razón, se operó con un factor de potencia cercano a 0.985 y 0.982 para la Unidad 1 y la Unidad 2 respectivamente.

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.



Finalmente, se determinaron los siguientes valores de **Potencia Máxima Bruta** de la Central Hidroeléctrica Pehuenche con el siguiente desglose de valores:

Resumen de resultados CH Pehuenche - Unidad 1		
Potencia Máxima	Bruta Medida [MW]	287,2554
	Bruta Corregida [MW]	286,9862
	Neta Medida [MW]	285,4854
	Neta Corregida [MW]	285,2162
Pérdidas y consumos internos	Consumos de SSAA [kW]	635,90
	Pérdidas en transformador principal [kW]	839,40
	Pérdidas en transformador de SS.AA. [kW]	37,60
	Pérdidas en transformador de excitación [kW]	24,10
	Pérdidas en la red interna [kW]	233,00
	Pérdidas totales [kW]	1770,00

Tabla 2-1 – Resumen resultados – Unidad 1

Resumen de resultados CH Pehuenche - Unidad 2		
Potencia Máxima	Bruta Medida [MW]	286,1177
	Bruta Corregida [MW]	286,4680
	Neta Medida [MW]	284,3488
	Neta Corregida [MW]	284,6851
Pérdidas y consumos internos	Consumos de SSAA [kW]	635,90
	Pérdidas en transformador principal [kW]	839,40
	Pérdidas en transformador de SS.AA. [kW]	37,60
	Pérdidas en transformador de excitación [kW]	24,10
	Pérdidas en la red interna [kW]	231,80
	Pérdidas totales [kW]	1768,80

Tabla 2-2 – Resumen resultados – Unidad 2



Resumen de resultados CH Pehuenche - Central completa		
Potencia Máxima	Bruta Medida [MW]	543,7676
	Bruta Corregida [MW]	543,4213
	Neta Medida [MW]	540,2037
	Neta Corregida [MW]	539,8574
Pérdidas y consumos internos	Consumos de SSAA [kW]	1271,80
	Pérdidas en transformares principales [kW]	1678,80
	Pérdidas en transformadores de SS.AA. [kW]	75,20
	Pérdidas en transformadores de excitación [kW]	48,20
	Pérdidas en la red interna [kW]	489,90
	Pérdidas totales [kW]	3563,90

Tabla 2-3 – Resumen resultados – Central completa

Resumen de resultados CH Pehuenche - Central completa (Corrección por cota)		
Potencia Máxima	Bruta Corregida [MW]	546,92
	Neta Corregida [MW]	543,33
Pérdidas y consumos internos	Consumos de SSAA [kW]	1271,80
	Pérdidas en transformares principales [kW]	1678,80
	Pérdidas en transformadores de SS.AA. [kW]	75,20
	Pérdidas en transformadores de excitación [kW]	48,20
	Pérdidas en la red interna [kW]	517.9
	Pérdidas totales [kW]	3591.9

Tabla 2-4 – Resumen resultados – Central Completa (Corrección por cota)



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 Particulares

Debido al contexto sanitario de pandemia COVID-19, según lo acordado con el Coordinador, 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 Pehuenche los inspectores sustitutos fueron **José Contreras Palma**, quien se desempeña como jefe de despacho de la central y **Alfonso Núñez Schorr** quien se desempeña como Especialista Sr en mantenimiento.

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, la Unidad 2 de la Central Hidroeléctrica Pehuenche y de la central completa. Los Expertos Técnicos designados fueron el Ing. **Federico Deledda** y el Ing. **Federico García**. Ellos fueron los responsables de desarrollar el protocolo de pruebas, supervisar la ejecución de todas las actividades descriptas en el mismo y redactar el presente informe.



3.4 Representante empresa generadora

Por parte de Enel Generación S.A., el Coordinado, estuvo presente durante las pruebas el Sr. **José Contreras Palma** como inspector sustituto, quien fue el responsable de coordinar al personal bajo su mando en la operación de la central generadora, y de corroborar que exista personal calificado en la central de forma de poder efectuar íntegramente la prueba tal lo establecido en el protocolo.

3.5 Representante del Coordinador Eléctrico Nacional

Los Sres. **Roberto Moller** y **Eduardo González** sólo participaron al comienzo de las pruebas vía conexión remota.

3.6 Observador de otro Coordinado

No hubo representación de otro Coordinado en terreno 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 Pehuenche pertenece a Enel Generación S.A., está ubicada en la comuna de Colbún, Región del Maule está conformada por dos generadores sincrónicos idénticos impulsados por dos turbinas Francis de eje vertical. Particularmente las turbinas son marca Neyrpic que impulsan generadores sincrónicos marca Alstom de 263 MVA de potencia aparente.

A continuación, se presenta el plano simplificado de disposición general de la planta y la conexión de las unidades a la Subestación Pehuenche 220kV.



DIAGRAMA UNILINEAL GENERAL SIMPLIFICADO CENTRAL PEHUENCHE

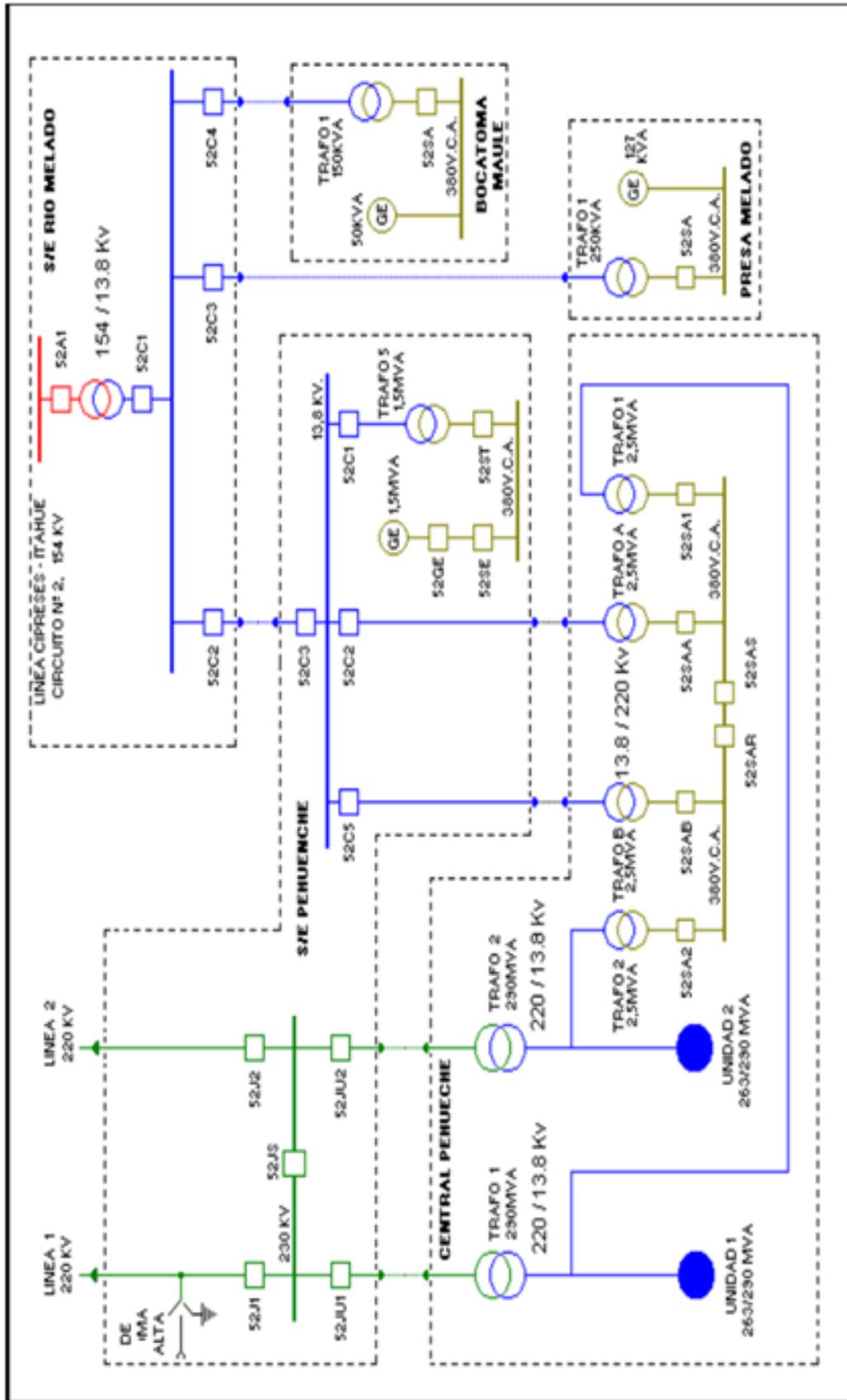


Figura 4-1 – Plano de disposición general de planta



4.2 Descripción de las unidades de generación

Las dos unidades pertenecientes a la central son de idénticas características y están compuestas por turbinas Neyrpic vinculadas cada una a un generador Alstom, que juntos entregan una potencia bruta aproximada de 570 MW¹. Se presenta a continuación el diagrama unilineal de cada unidad.

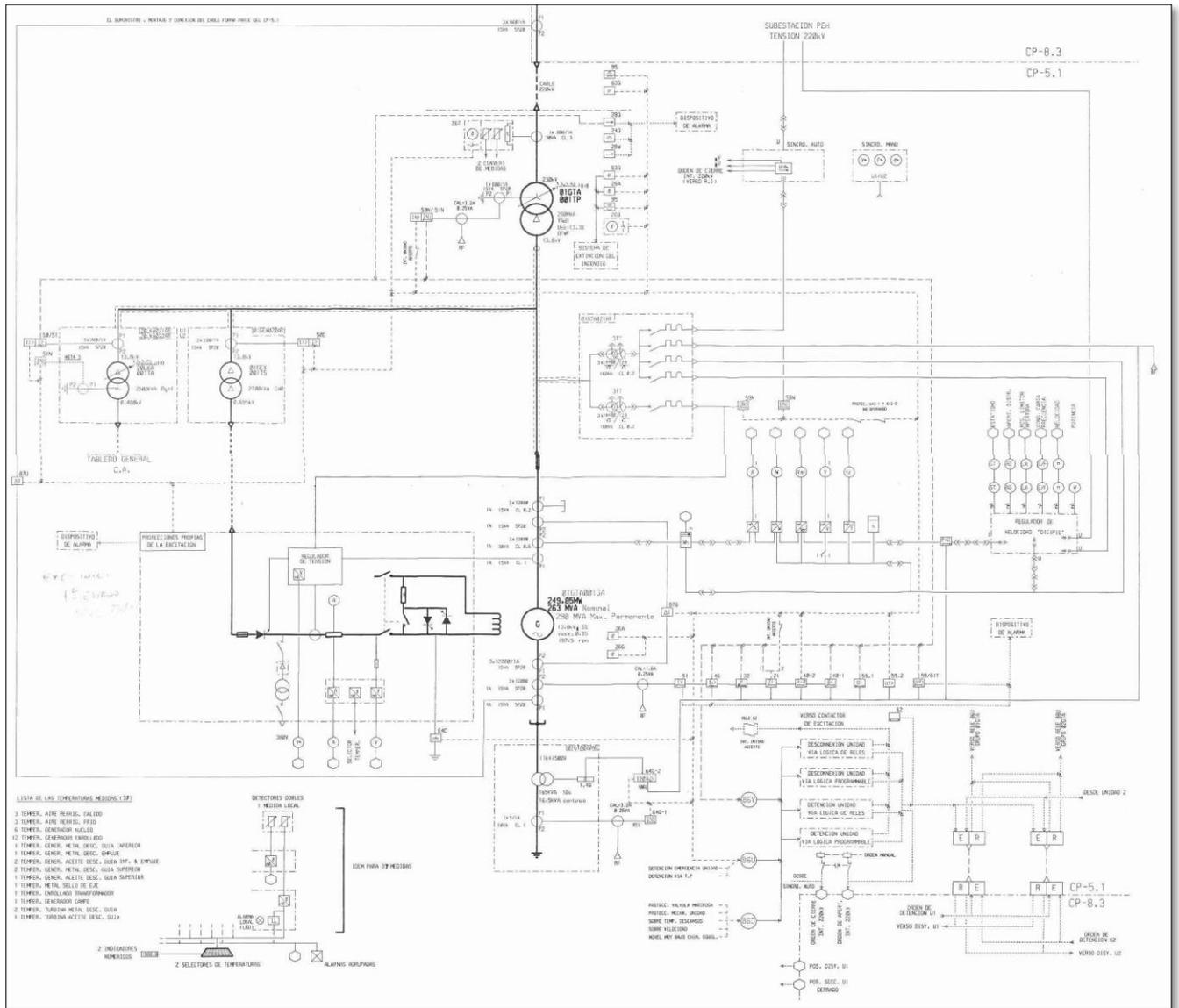


Figura 4-2 – Diagrama unilineal de la unidad N°01

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



Los datos característicos de placa del generador y de la turbina se presentan a continuación. En el Anexo 9.1 se pueden encontrar la hoja de datos completa del generador.

1. Características del generador

a) Características principales

-Fabricante	: Alstom
-Potencia nominal	: 263 MVA
-Potencia efectiva máxima	: 290 MVA
-Factor de potencia	: 0,95
-Tensión nominal	: 13,8 kV
-Corriente nominal	: 11003 Amp.
-Velocidad de embalamiento	: 375 rpm

Figura 4-3 – Datos de característicos de los generadores

1. Características de la Máquina Motriz

a) Tipo de máquina	: Turbina hidráulica Francis de eje vertical, Ns = 158 rpm
Cantidad	: Dos (2)
b) Principales características técnicas	
-Marca	: Neyrpic
-Fabricante	: Neyrpic
-País de origen	: No encontrado
-Año de fabricación	: 1989
-Potencia nominal	: 266,12 MW
	H = 191 m; Q = 150 m ³ /s
-Potencia máxima técnica	: 288,59 MW
	H = 201,6 m; Q = 154,8 m ³ /s
-Potencia mínima técnica	: 140,00 MW
	H = 183,5 m; Q = 85,8 m ³ /s
-Apertura nominal del distribuidor	: 213,11 mm.
-Apertura máxima del distribuidor	
-Unidad N°1: 96% de 225,1 mm.	: 216,1 mm.
-Unidad N°2: 96% de 228,0 mm.	: 218,88 mm.
Apertura mínima del distribuidor	: 130 mm.
-Caudal máximo	: 154,85 m ³ /s
-Caudal mínimo normal	: 85,80 m ³ /s
-Velocidad nominal en [rpm]	: 187,5 rpm
-Velocidad de embalamiento	: En consulta a fabricantes
-Sobrevelocidad máx. admisible	: En consulta a fabricantes
-Curvas características del fabricante	: En consulta a fabricantes
-Límite operacional de tensión en % de la tensión nominal [Vmin, Vmax]	: Vmin : 95% Vn Vmax : 105% Vn
-Partida negra	: Si.
-Características de las unidades de apoyo a las unidades de	: Cuenta con G.E.

Figura 4-4 – Datos de característicos de las turbinas



En la Tabla 4-1, Tabla 4-2 y Tabla 4-3 se presentan los detalles de los equipos de servicios auxiliares:

CGEE ALSTHOM											
LISTE DES CONSOMMATEURS ELECTRIQUES											
ERE P											
CONSUMMATEURS						CARACTERISTIQUES NOMINALES					
REPERE	LIBELLE	PUISSANCE	COURANT	REND. IFACTEUR	ID/IN	PUISSANCE	REND. IFACTEUR	MECANIQUE	DE	REND. IFACTEUR	DE
FUNCTIONNEL		(KW)	(A)	DE		ABSORBEE	DE	ABSORBEE	DE	ABSORBEE	DE
01DVT001ZV	ENFRIADOR 1 AIRE FOSO TRANSFORMADOR	7.50	16.15	.85	.83	8.0	5.30	.85	.83		
	I DE UNIDAD										
01DVT002ZV	ENFRIADOR 2 AIRE FOSO TRANSFORMADOR	7.50	16.15	.85	.83	8.0	5.30	.85	.83		
	I DE UNIDAD										
01GEX001AR	CELDAS EXCITACION	20.00	43.66	.87	.80	1.0	20.00	.87	.80		
01GTA001CO	COMPRESOR AIRE TURBINA	5.50	12.01	.87	.80	7.2	4.50	.87	.80		
01GTA001PO	BOMBA 1 ACEITE TURBINA	37.00	75.15	.88	.85	7.5	26.00	.88	.85		
01GTA001RE	CALEFACCION ALTERNADOR	13.50	20.51	1.00	1.00	1.0	13.50	1.00	1.00		
01GTA002AS	ASPIRADOR POLVO	12.00	26.20	.87	.80	8.5	12.00	.87	.80		
01GTA002CC	COMPRESOR CAVITACION	100.00	190.16	.94	.85	7.5	100.00	.94	.85		
01GTA002PO	BOMBA 2 ACEITE TURBINA	37.00	75.15	.88	.85	7.5	26.00	.88	.85		
01GTA003CO	COMPRESOR SELLO EMERGENCIA	5.00	10.91	.87	.80	7.2	5.00	.87	.80		
01GTA003PO	BOMBA FUGA DE AGUA	1.50	3.80	.80	.75	6.3	1.20	.80	.75		
01GTA003ZV	ASPIRADOR VAPORES DE ACEITE	.10	.31	.71	.70	8.5	.10	.71	.70		
01GTA004PO	BOMBA INYECCION ACEITE DESCANSO	15.00	32.74	.87	.80	8.5	15.00	.87	.80		
01GTA005PO	BOMBA CIRCULATION 2 ACEITE DESCANSO	37.00	75.15	.88	.85	7.5	37.00	.88	.85		
01GTA006PO	BOMBA CIRCULATION 1 ACEITE DESCANSO	37.00	75.15	.88	.85	7.5	37.00	.88	.85		
01HPC001CO	COMPRESOR AIRE VALVULA	5.50	12.01	.87	.80	7.2	4.50	.87	.80		
01HPC001PO	BOMBA 1 ACEITE VALVULA	37.00	75.15	.88	.85	7.5	26.00	.88	.85		
01HPC002PO	BOMBA 2 ACEITE VALVULA	37.00	75.15	.88	.85	7.5	26.00	.88	.85		
01HPC003PO	BOMBA ENGRASE VALVULA	.75	2.29	.71	.70	8.5	.75	.71	.70		
01SRG001FI	FILTRO DE REFRIGERATION	.37	1.13	.71	.70	8.5	.37	.71	.70		
01SRG001PO	BOMBA 1 REFRIGERATION	200.00	371.93	.95	.86	7.2	177.40	.95	.86		
01SRG002PO	BOMBA 2 REFRIGERATION	200.00	371.93	.95	.86	7.2	177.40	.95	.86		
RESERVA B1	RESERVA	52.60	100.02	.94	.85	7.5	52.60	.94	.85		
RESERVA B2	RESERVA	24.60	49.97	.88	.85	8.5	24.60	.88	.85		
RESERVA B3	RESERVA	4.60	10.04	.87	.80	8.5	4.60	.87	.80		
RESERVA B4	RESERVA	4.60	10.04	.87	.80	8.5	4.60	.87	.80		
01GTA001AZ	ALIM EMERGENCIA AUTOMATA (220V)	1.00	2.62	1.00	1.00	1.0	1.00	1.00	1.00		

CGEE ALSTHOM											
LISTE DES CONSOMMATEURS ELECTRIQUES											
ERE P											
CONSUMMATEURS						CARACTERISTIQUES NOMINALES					
REPERE	LIBELLE	PUISSANCE	COURANT	REND. IFACTEUR	ID/IN	PUISSANCE	REND. IFACTEUR	MECANIQUE	DE	REND. IFACTEUR	DE
FUNCTIONNEL		(KW)	(A)	DE		ABSORBEE	DE	ABSORBEE	DE	ABSORBEE	DE
01GTA002CR	CABINETE TRANSFORMADOR DE PODER	12.00	26.20	.87	.80	8.5	12.00	.87	.80		
01LKA001TU	TRANSPO TENSION DE MANDO	1.00	2.62	1.00	1.00	1.0	1.00	1.00	1.00		
01GTA001RG	REGULADOR DE VELOCIDAD	.25	.66	1.00	1.00	1.0	.25	1.00	1.00		

Tabla 4-1 – Detalle de los SS.AA. – Tablero de Unidad 01 01LKA001TB / Unidad 02 02LKA001TB.



LISTE DES CONSOMMATEURS ELECTRIQUES										
CARACTERISTIQUES NOMINALES					CARACT. EN FONCTION.					
CONSUMMATEURS	POISSANCE	COURANT	REND.	FACTEUR	ID/IN	POISSANCE	REND.	FACTEUR	TYPE	
REPERE	LIBELLE	(KW)	(A)	DE	DE	MECANIQUE	DE	DE	DE	
FUNCTIONNEL				POISS.	POISS.	ABSORBEE	POISS.	PUNCT.		
00MM002PA	MONORRIEL SALA DE BOMBAS	8.00	17.46	.87	.80	8.5	8.00	.87	.80	H
00MM004PR	PUENTE GRUA CAVERNA DE COMPUERTAS	25.00	50.78	.88	.85	3.0	25.00	.88	.85	H
00MM001PJ	ENCHUFES DE FUERZA	52.59	100.00	.94	.85	7.5	52.59	.94	.85	H
16SX0001PO	BOMBA SISTEMA DE DRENAJE 1	40.00	81.25	.88	.85	6.7	23.00	.88	.85	P
16SX0002PO	BOMBA SISTEMA DE DRENAJE 2	40.00	81.25	.88	.85	6.7	23.00	.88	.85	P
16SX0003PO	BOMBA SISTEMA DE DRENAJE 3	40.00	81.25	.88	.85	6.7	23.00	.88	.85	H
16SX0004PO	BOMBA SISTEMA DE DRENAJE 4	40.00	81.25	.88	.85	6.7	23.00	.88	.85	H
16SX0001PO	BOMBA SISTEMA DE VACIADO 1	70.00	133.11	.94	.85	6.7	58.00	.94	.85	H
16SX0002PO	BOMBA SISTEMA DE VACIADO 2	70.00	133.11	.94	.85	6.7	58.00	.94	.85	H
16SX0003PO	BOMBA SISTEMA DE VACIADO 3	70.00	133.11	.94	.85	6.7	58.00	.94	.85	H
RESERVA D1	RESERVA	24.60	49.97	.88	.85	8.5	24.60	.88	.85	H
RESERVA D2	RESERVA	24.60	49.97	.88	.85	8.5	24.60	.88	.85	H
RESERVA D3	RESERVA	4.60	10.04	.87	.80	8.5	4.60	.87	.80	H
RESERVA D4	RESERVA	4.60	10.04	.87	.80	8.5	4.60	.87	.80	H
RESERVA D5	RESERVA	4.60	10.04	.87	.80	8.5	4.60	.87	.80	H
RESERVA D6	RESERVA	4.60	10.04	.87	.80	8.5	4.60	.87	.80	H
16LKA001TU	TRANSFO TENSION DE MANDO	.50	1.31	1.00	1.00	1.0	.50	1.00	1.00	P
16LKA002TU	TRANSFO TENSION DE MANDO	.50	1.31	1.00	1.00	1.0	.50	1.00	1.00	P
16SEB001PO	BOMBA AUXILIARE AGUA DE LOS SELLOS	4.00	8.73	.87	.80	4.8	3.15	.87	.80	P
	I Y INCENDIO 1									
16SEB002PO	BOMBA AUXILIARE AGUA DE LOS SELLOS	4.00	8.73	.87	.80	4.8	3.15	.87	.80	H
	I Y INCENDIO 2									

Tabla 4-2 - Detalle de los SS.AA. - Tablero de galerías de compuertas 16LKA001TB



CGEE ALSTHOM		LISTE DES CONSOMMATEURS ELECTRIQUES								
ERE P		CARACTERISTIQUES NOMINALES				CARACT. EN FONCTION.				
REPERE	LIBELLE	PUISSANCE	COURANT	REND. IFACTEURI DE PUISS.	ID/IN MECANIQUE ABSORBEE	PUISSANCE	REND. IFACTEURI DE PUISS.	TYPE		
FONCTIONNEL		(KW)	(A)			(KW)				
00DNM003PJ	ENCHUFES FUERZA	52.59	100.00	.94	.85	7.5	52.59	.94	.85	H
00JVM001RE	CALEFACTOR DE AIRE 1	80.00	121.55	1.00	1.00	1.0	80.00	1.00	1.00	H
00DVM001ZV	MOTOVENTILADOR DE INYECCION 1	110.00	209.17	.94	.85	7.5	76.00	.94	.85	H
00DVM002RE	CALEFACTOR DE AIRE 2	80.00	121.55	1.00	1.00	1.0	80.00	1.00	1.00	H
00DVM002ZV	MOTOVENTILADOR DE INYECCION 2	110.00	209.17	.94	.85	7.5	76.00	.94	.85	H
00DVM003ZV	MOTOVENTILADOR DE EXTRACCION 1	55.00	104.59	.94	.85	6.6	45.00	.94	.85	H
00DVM004ZV	MOTOVENTILADOR DE EXTRACCION 2	55.00	104.59	.94	.85	6.6	45.00	.94	.85	H
00DVM005ZV	MOTOVENT. DE EXTRACCION AIRE SALA DE BATERIAS Nx2	1.50	3.56	.80	.80	6.0	1.00	.80	.80	H
00DVM008ZV	MOTOVENTILADOR INYECCION CAVERNA DE VALVULAS	3.00	6.33	.80	.90	7.0	2.60	.80	.90	H
00DVM009ZV	MOTOVENTILADOR DE EXTRACCION CAVERNA VALVULAS	.75	1.90	.80	.75	4.8	.65	.80	.75	H
00DVM012ZV	UNIDAD ENFRIADORA SALA DE BOMBAS	7.50	16.15	.85	.83	8.0	5.90	.85	.83	H
20DMA001TB	TALLER Y ALMACEN GABINETE	22.00	48.03	.87	.80	7.5	20.00	.87	.80	H
20GTA001CD	COMPRESOR PRIM. LLENADO ACCUMULADOR TURBINA	30.00	60.94	.88	.85	7.5	26.00	.88	.85	H
20GTA002CO	MOTOCOMPRESOR 1 DE FRENADO UNIDAD	2.94	7.44	.80	.75	8.5	2.94	.80	.75	H
20GTA003CO	MOTOCOMPRESOR 2 DE FRENADO UNIDAD	2.94	7.44	.80	.75	8.5	2.94	.80	.75	H
20LBA002RD	CARGADOR	20.00	30.39	1.00	1.00	1.0	20.00	1.00	1.00	P
RESERVA F5	RESERVA	4.60	10.04	.87	.80	8.5	4.60	.87	.80	H
RESERVA F4	RESERVA	4.60	10.04	.87	.80	8.5	4.60	.87	.80	H
RESERVA F2	RESERVA	24.60	49.97	.88	.85	8.5	24.60	.88	.85	H
RESERVA F1	RESERVA	52.60	100.02	.94	.85	7.5	52.60	.94	.85	H
RESERVA F3	RESERVA	24.60	49.97	.88	.85	8.5	24.60	.88	.85	H
20DVM012TB	ALUMBRADO Y ENCHUFES 2	65.00	109.73	1.00	.90	1.0	65.00	1.00	.90	H
20DVM01TU	TRANSFO TENSION DE MANDO (220V)	.50	1.31	1.00	1.00	1.0	.50	1.00	1.00	P
20DVM001ZV	MOTOVENTILADOR DE EXTRACCION HUMOS POS. TRAN.	5.50	11.84	.83	.85	7.3	3.60	.83	.85	H

CGEE ALSTHOM		LISTE DES CONSOMMATEURS ELECTRIQUES								
ERE P		CARACTERISTIQUES NOMINALES				CARACT. EN FONCTION.				
REPERE	LIBELLE	PUISSANCE	COURANT	REND. IFACTEURI DE PUISS.	ID/IN MECANIQUE ABSORBEE	PUISSANCE	REND. IFACTEURI DE PUISS.	TYPE		
FONCTIONNEL		(KW)	(A)			(KW)				
00DVM010ZVBVI		2.00	10.70	.71	.40	4.2	.82	.71	.40	H
00DVM011ZVBVI		2.00	10.70	.71	.40	4.2	.82	.71	.40	H
00DVM003RE	CALEFACTOR DE AIRE 1	80.00	121.55	1.00	1.00	1.0	80.00	1.00	1.00	H
00DVM004RE	CALEFACTOR DE AIRE 1	80.00	121.55	1.00	1.00	1.0	80.00	1.00	1.00	H
00DVM010ZVAVI	MOTOVENTILADOR DE ACCELERACION 1	12.00	28.60	.85	.75	6.6	6.53	.85	.75	H
00DVM011ZVAVI	MOTOVENTILADOR DE ACCELERACION 2	12.00	28.60	.85	.75	6.6	6.53	.85	.75	H

Tabla 4-3 - Detalle de los SS.AA. - Tablero de piso de turbinas 20LKC001TB



4.3 Condiciones de referencia y curvas de corrección

A partir de la información suministrada por el fabricante y datos característicos de la Central se consideran los siguientes valores de potencia máxima esperables para las unidades de la Central Pehuenche:

Unidad	Potencia Máxima [MW]
CH Pehuenche – U1	285.0
CH Pehuenche – U2	285.0

Tabla 4-4 – Valores base de potencia para las unidades

De acuerdo con los parámetros declarados, la potencia máxima bruta esperable de la Central Pehuenche es de 570 MW.

En la Tabla 4-5 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.

Parámetro de corrección	Valor nominal
Factor de potencia	0.95 (lagging)

Tabla 4-5 – Condiciones nominales de referencia

4.3.1 Curvas de corrección

Corrección por Factor de potencia

De acuerdo con la información provista por el fabricante no disponen de curvas de corrección de la potencia por factor de potencia, por lo que se utiliza el antecedente de una máquina similar. Se utilizó la siguiente curva disponible públicamente².

² Central Manpil: <https://infotecnica.coordinador.cl/instalaciones/unidades-generadoras>



Los rendimientos del generador, según los datos del fabricante, son los siguientes:

Porcentaje de carga (%)	110	100	90	80	70	60	50
Rendimiento (%) para $\cos \phi = 0,85$	98,51	98,51	98,48	98,43	98,35	98,22	98,02
Rendimiento (%) para $\cos \phi = 1,00$	98,82	98,81	98,78	98,73	98,67	98,56	98,38

Tabla 2.- Rendimientos del generador según $\cos \phi$.

Que gráficamente se representan a continuación.

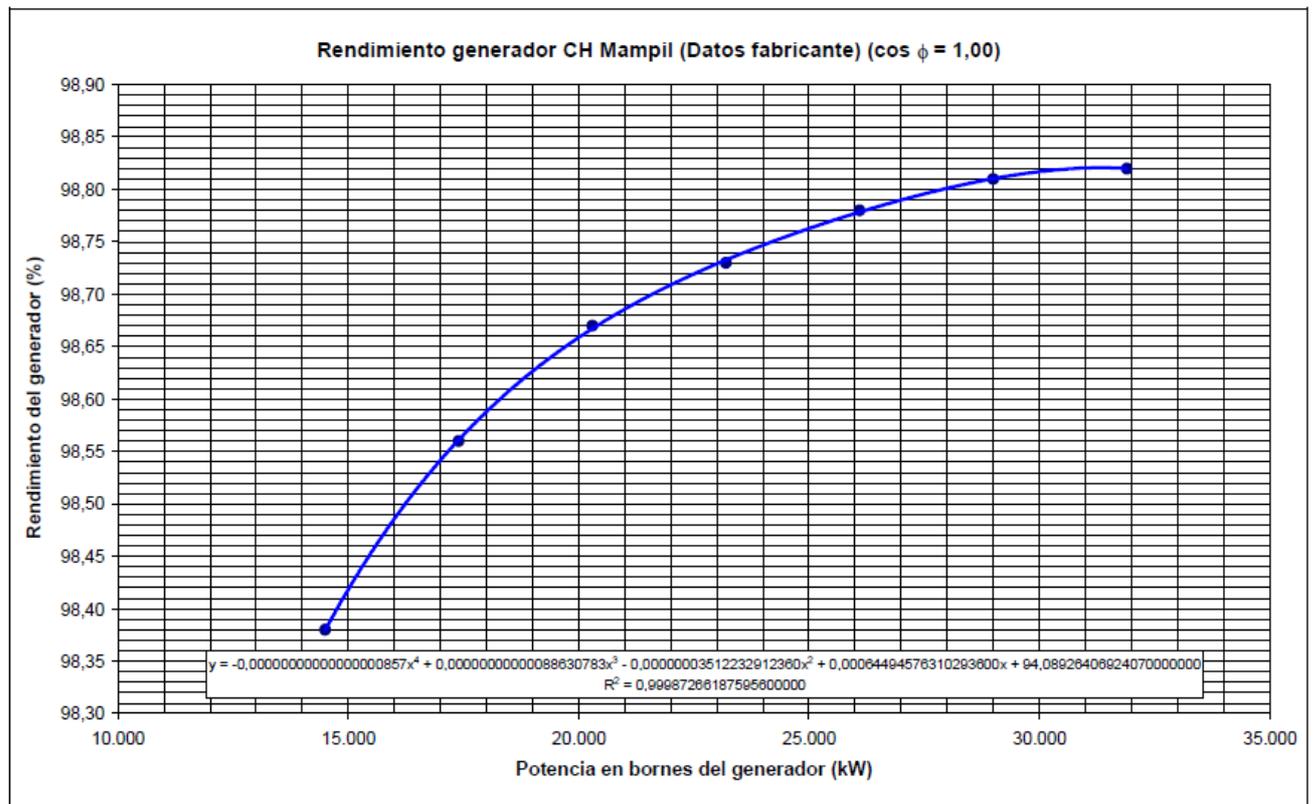


Figura 4-5 – Curva de corrección por factor de potencia

4.3.2 Metodología de corrección

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



4.4 Instrumentación y mediciones

Según lo establecido en el Artículo 37 del Anexo Técnico, las mediciones de potencia y factor de potencia deberán realizarse con instrumentos clase 0.2.

En la Figura 4-6 se presenta un diagrama unilineal de planta donde se distinguen los elementos disponibles en este caso.

Considerando este diagrama junto con el levantamiento de información realizado, los requerimientos del Anexo Técnico se describe la metodología propuesta.

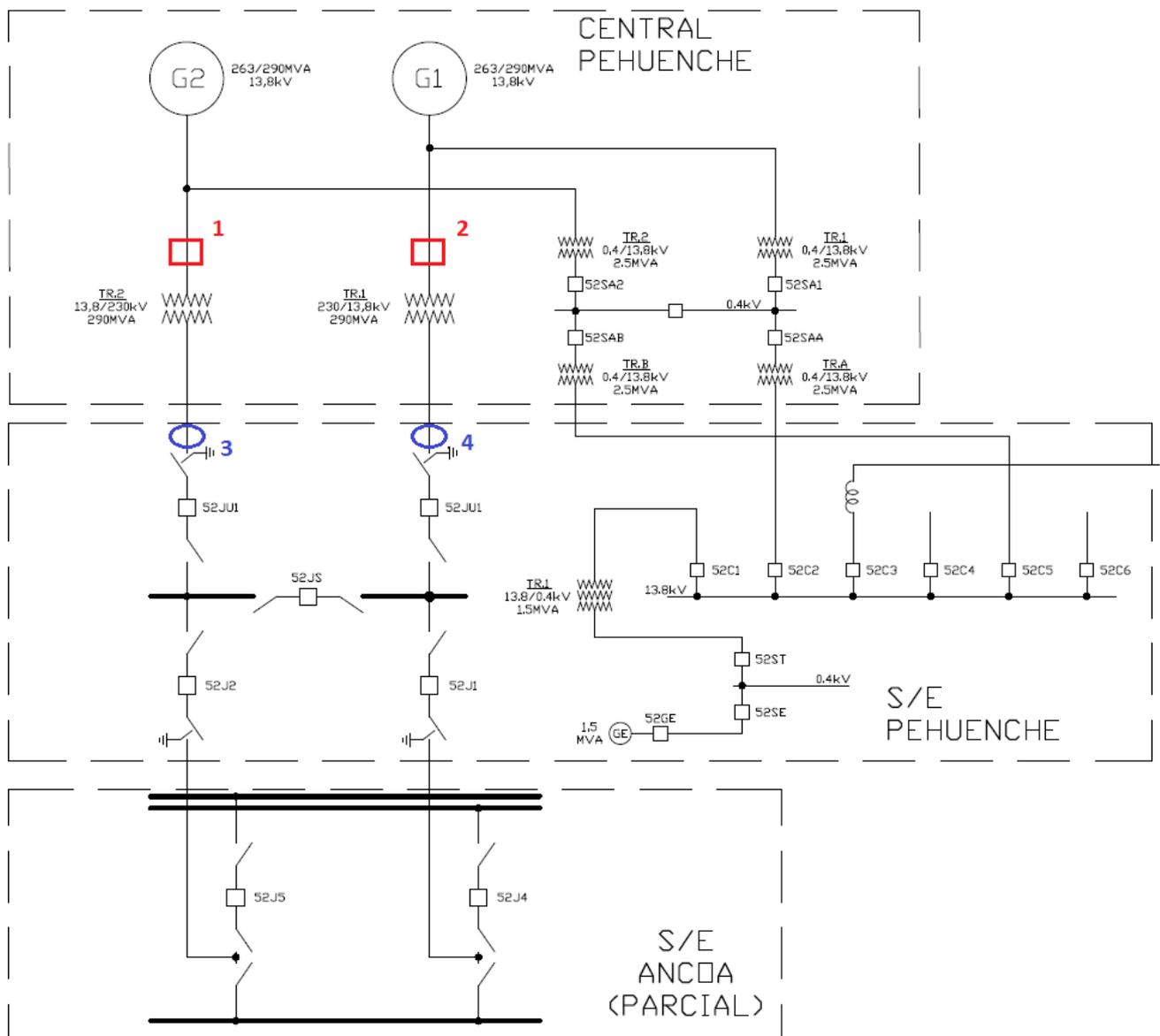


Figura 4-6 - Unilineal de planta esquemático



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 medidores ubicados en la SE Pehuenche. La potencia de las pérdidas totales, que incluyen los consumos propios, se calculan indirectamente a partir de la diferencia obtenida entre la medición de potencia bruta y la medición de la potencia neta.

Dado que la metodología utilizada para hallar las pérdidas totales no permite determinar cuáles son valores de los consumos de SS.AA., los mismos se estiman de forma teórica a partir de lo desarrollado en el Capítulo 4.5 y en base a información complementaria provista por el Coordinado. Además, se realiza un desglose de cada una de las pérdidas y consumos propios, en base a datos de fabricantes y documentación adicional, con el objetivo de poder valorizar cada uno de ellos.

Para las mediciones de potencia bruta de cada unidad, se han utilizado los transformadores de instrumentación (PTs, CTs) que son clase 0.2 y 0.5 respectivamente (puntos “1” y “2” en la Figura 4-6). Para la medición de voltaje se utilizaron transformadores de tensión cuyas relaciones de transformación son 14.4/0.12 kV. Para la medición de corriente se utilizaron transformadores de corriente cuyas relaciones de transformación son 12000/1A.

Para las mediciones de potencia neta de cada unidad, se ha utilizado los transformadores de instrumentación (PTs, CTs) que son clase 0.2 (puntos “3” y “4” en la Figura 4-6). 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 500/1A.

Para la medición de potencia neta (medidores 52JU1 y 52JU2) y potencia bruta de cada unidad se ha utilizado los medidores ION 7650 que el Coordinado posee instalados en sus instalaciones. Los mismos son clase 0.2 y cumplen con las exigencias de precisión requeridas. Los antecedentes técnicos y certificados de calibración fueron entregados antes de las pruebas.

En la sección 9.4 del Anexo se detallan los puntos desde donde se realizan las mediciones de cada variable, en tanto en la sección 9.5 del Anexo 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 4-6. 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 Unidad 1	ION 7650 Serie: A confirmar	A, 0.2, 1 seg (o superior)	Enel Generación Anexo 9.5.1	Conectado PTs y CTs clase 0.2 y 0.5, respectivamente en punto 1 del unilineal la Figura 4-6. Borneras y puntos de conexión en Anexo 9.	Digital
2	Factor de potencia Unidad 1	ION 7650 Serie: A confirmar	A, 0.2, 1 seg (o superior)	Enel Generación Anexo 9.5.1	Conectado PTs y CTs clase 0.2 y 0.5, respectivamente en punto 1 del unilineal la Figura 4-6. Borneras y puntos de conexión en Anexo 9.	Digital
3	Potencia activa neta Unidad 1	ION 7650 Serie: PJ-1402A649-04	A, 0.2, 1 seg (o superior)	Enel Generación Anexo 9.5.2	Conectado PTs y CTs clase 0.2 en punto 3 del unilineal la Figura 4-6. Borneras y puntos de conexión en Anexo 9.	Digital
4	Potencia activa bruta Unidad 2	ION 7650 Serie: A confirmar	A, 0.2, 1 seg (o superior)	Enel Generación Anexo 9.5.1	Conectado PTs y CTs clase 0.2 y 0.5, respectivamente en punto 2 del unilineal la Figura 4-6. Borneras y puntos de conexión en Anexo 9.	Digital
5	Factor de potencia Unidad 2	ION 7650 Serie: A confirmar	A, 0.2, 1 seg (o superior)	Enel Generación Anexo 9.5.1	Conectado PTs y CTs clase 0.2 y 0.5, respectivamente en punto 2 del unilineal la Figura 4-6. Borneras y puntos de conexión en Anexo 9.	Digital
6	Potencia activa neta Unidad 2	ION 7650 Serie: MJ-1308B050-03	A, 0.2, 1 seg (o superior)	Enel Generación Anexo 9.5.2	Conectado PTs y CTs clase 0.2 en punto 4 del unilineal la Figura 4-6. Borneras y puntos de conexión en Anexo 9.	Digital

Tabla 4-6 – Instrumentación principal

Las características principales de estos equipos y sus certificados de calibración vigentes a la fecha de los ensayos pueden consultarse en el anexo 9.5.

Los equipos medidores de potencia bruta y neta fueron instalados, 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 4-7 el listado de señales disponibles en el SCADA de la central con los TAGS correspondientes:

Variable Complementaria	TAGS
Nivel en la descarga de la central [msnm]	PEH_00_NIV_DESC
Nivel chimenea de equilibrio [msnm]	PEH_00_NIV_CHI_EQ
Nivel embalse melado [msnm]	PEH_EML_NIVEL
Potencia reactiva [MVA _r]	PEH_TH1_PA
Potencia activa [MW]	PEH_TH1_PA
Frecuencia [Hz]	PEH_TH1_IF_GEN
Medición de velocidad unidad [rpm]	PEH_TH1_IVE_UN
Tensión del generador unidad [kV]	PEH_TH1_IV_GEN
Corriente generador unidad [kA]	PEH_TH1_IC_GEN
Tensión de campo unidad [V]	PEH_TH1_IV_EXC
Presión caracol unidad [mca]	PEH_TH1_PRCA
Gasto turbina unidad [m ³ /s]	PEH_TH1_GT
Temperatura enrollados medida 5 G [°C]	PEH_TH1_IT_EM5
Temperatura enrollados medida 7 G [°C]	PEH_TH1_IT_EM7
Temperatura enrollados medida 10 G [°C]	PEH_TH1_IT_EM10
Presión difusor unidad [mca]	PEH_TH1_PRDI
Temperatura metal desc. guía superior [°C]	PEH_TH1_IT_DGS1
Temperatura metal desc. guía inferior [°C]	PEH_TH1_IT_MDGI
Temperatura metal desc. empuje [°C]	PEH_TH1_IT_MDE
Temperatura metal desc. guía medida [°C]	PEH_TH1_IT_MDG2

Tabla 4-7 – Variables SCADA Central Pehuenche

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



4.5 Estimación teórica de pérdidas y consumos propios de las unidades

Se pretende estimar de forma teórica los consumos propios que posee cada unidad y las pérdidas ocasionadas en los distintos transformadores de potencia de manera de poder contar con una valorización que permita asegurar que las mediciones indirectas realizadas para conocer estos valores sean consistentes. A continuación, en la Tabla 4-8 se muestra los resultados obtenidos mientras que en los capítulos sucesivos se hará el desglose de cada uno de los consumos.

Consumos	Potencia estimada
<i>Consumos de SSAA</i>	<i>635.9 kW</i>
<i>Pérdidas en transformador principal</i>	<i>839.4 kW</i>
<i>Pérdidas en transformador de SSAA</i>	<i>37.6 kW</i>
<i>Pérdidas en transformador de excitación</i>	<i>24.1 kW</i>
<i>Pérdidas en la red interna³</i>	<i>233.0 kW</i>
Total	1.77 MW

Tabla 4-8 - Valores teóricos obtenidos de pérdidas y consumos propios

³ Las pérdidas en la red interna se estiman como la diferencia entre el promedio de las pérdidas totales obtenidas en la Unidad 2 ($L_{Totales (U2)}$) menos los valores estimados de pérdidas en los transformadores (839.4 kW, 37.6 kW y 24.1 kW) y consumos de SSAA (635.9 kW).



4.5.1 Consumos propios de servicios auxiliares

A partir de los datos de balance de potencia se hizo una disgregación de aquellas cargas requeridas para el funcionamiento de cada unidad. En este caso, se tomaron los consumos propios de la Unidad 1. Para la unidad restante valen los mismos consumos.

Tablero: 01LKA001TB - Tablero Unidad 1					
Referencia	Descripción	Potencia [kW]	Corriente [A]	Rendimiento	Factor de potencia
01DVT001ZV	Enfriador 1 Aire foso transformador de unidad	7,50	16,15	0,85	0,83
01GTA001PO	Bomba 1 aceite turbina	37,00	75,15	0,88	0,85
01GTA003PO	Bomba fuga de agua	1,50	3,80	0,80	0,75
01GTA005PO	Bomba circulación 2 aceite descanso	37,00	75,15	0,88	0,85
01SRG001FI	Filtro de refrigeración	0,37	1,13	0,71	0,70
01SRG001PO	Bomba 1 de refrigeración	200,00	371,93	0,95	0,86
01GTA001AZ	Alimentación emergencia automática	1,00	2,62	1,00	1,00
01GTA002CR	Gabinete transformador de poder	12,00	26,20	0,87	0,80
01LKA001TU	Transformador tensión de mando	1,00	2,62	1,00	1,00
01GTA001RG	Regulador de velocidad	0,25	0,66	1,00	1,00
Totales		297,62	575,41		

Tablero: 16LKA001TB - Tablero galería de compuertas					
Referencia	Descripción	Potencia [kW]	Corriente [A]	Rendimiento	Factor de potencia
16SXD001PO	Bomba sistema de drenaje 1	40,00	81,25	0,88	0,85
16SXD002PO	Bomba sistema de drenaje 2	40,00	81,25	0,88	0,85
16SXD003PO	Bomba sistema de drenaje 3	40,00	81,25	0,88	0,85
16LKA001TU	Transformador tensión de mando	0,50	1,31	1,00	1,00
16LKA002TU	Transformador tensión de mando	0,50	1,31	1,00	1,00
16SEB001PO	Bomba auxiliar agua de sellos y de incendio 1	4,00	8,73	0,87	0,80
Totales		125,00	255,10		

Tablero: 20LKB001TB - Tablero piso principal					
Referencia	Descripción	Potencia [kW]	Corriente [A]	Rendimiento	Factor de potencia
00DVM006ZV	Motovent. de extracción aire de sala de baterías	1,50	3,56	0,80	0,80
20LBA001RD	Cargador de baterías	20,00	30,39	1,00	1,00
00JDT001TD	Tablero control de incendio	1,00	2,62	1,00	1,00
20LKB001TU	Transformador tensión de mando	0,50	1,31	1,00	1,00
20KKL001AZ	Alimentación emergencia automática	1,00	2,62	1,00	1,00
Totales		24,00	40,50		

Tablero: 20LKC001TB - Tablero piso de turbinas					
Referencia	Descripción	Potencia [kW]	Corriente [A]	Rendimiento	Factor de potencia
00DVM001ZV	Motoventilador de inyección 1	110,00	209,17	0,94	0,85
00DVM003ZV	Motoventilador de extracción 1	55,00	104,59	0,94	0,85
00DVM008ZV	Motoventilador de inyección cavernas de válvulas	3,00	6,33	0,80	0,90
00DVM009ZV	Motoventilador de extracción cavernas de válvulas	0,75	1,90	0,80	0,75
20LBA002RD	Cargador	20,00	30,39	1,00	1,00
20LKC001TU	Transformador tensión de mando	0,50	1,31	1,00	1,00
Totales		189,25	353,69		

Totales SSAA	635,87 kW	1224,7 A
---------------------	------------------	-----------------

Tabla 4-9 - Valores teóricos de consumos de SS.AA.



4.5.2 Pérdidas en el transformador principal

Para estimar las pérdidas en el transformador principal se tuvo que recurrir a las hojas de datos de transformadores de similares características⁴ ya que no se contaba con los datos propios de la unidad. En la generalidad, los valores obtenidos se encuentran dentro lo esperado para la potencia nominal este tipo de transformadores.

FOR TRANSFORMER	
INSPECTION & TEST REPORT	
Customer	: POSCO E&C
Project Name	: ANGAMOS THERMOELECTRIC POWER PLANT
Applicable Standard	: IEC 60076
Cooling Type	: OFAN / OFAF
Phase	: 3
Frequency	: 50 Hz
Capacity	: 240 / 320 MVA
Primary Voltage	: 231 kV
Tap Voltage	: 231 kV \pm 8 \times 1.25% step (17taps)
Secondary Voltage	: 18.0 kV
Vector Group	: YNd1
Quantity	: 1 Set
Serial No.	: 20080069TID002



Tabla 4-10 - Valores teóricos de pérdidas en el transformador principal (CT Angamos)

⁴ Fuente: <https://infotecnica.coordinador.cl/>



Final Test Summary List

Serial No.
20080069TID002

Description	Unit	Guarantee Value	Tolerance	Measured Value/Result
1. Construction & dimension		Approved Spec. & dwg.		Satisfied
2. Winding resistance at 75 °C				
a) HV winding (Rated Tap)				
- H1 - H0	Ω	-	-	0.1864888
- H2 - H0	Ω	-	-	0.1860954
- H3 - H0	Ω	-	-	0.1856304
b) LV winding				
- X1 - X2	Ω	-	-	0.00145350
- X2 - X3	Ω	-	-	0.00145410
- X3 - X1	Ω	-	-	0.00145270
3. Turns ratio				
- HV - LV winding	%	± 0.5	-	0.053 ~ 0.225
4. Polarity & phase relationship	-	YNd1	-	YNd1
5. Insulation resistance (5000V Megger)				
a) HV winding to earth	MΩ	Min 800	-	2200
b) LV winding to earth	MΩ	Min 800	-	4170
c) HV winding to LV winding	MΩ	Min 800	-	2670
d) Core & Clamp to earth (1000V Megger)	MΩ	-	-	580 / 500
6. Insulation power factor (20 °C)				
a) HV - earth (CH)	%	0.5	-	0.247
b) LV - earth (CL)	%	0.5	-	0.312
c) HV - LV (CHL)	%	0.5	-	0.164
7. No-load losses				
a) 95% rated voltage	kW	-	-	127.180
b) 100% rated voltage	kW	170.0	-	145.996
c) 105% rated voltage	kW	206.0	-	172.350
d) 110% rated voltage	kW	255.0	-	211.319
8. Exciting current at 320MVA base				
a) 95% rated voltage	%	-	+30%	0.045
b) 100% rated voltage	%	-	+30%	0.053
c) 105% rated voltage	%	-	+30%	0.073
d) 110% rated voltage	%	-	+30%	0.147
9. Load losses at 75 °C				
a) 320MVA (OFAF)				
- at Tap position 1	kW	-	-	678.280
- at Tap position 9	kW	730.0	-	696.340
- at Tap position 17	kW	-	-	835.138
Date of Test : 2009. 04. 25	Tested by : S. R. Ryu			

Tabla 4-11 - Valores teóricos de pérdidas en el transformador principal (CT Angamos)



4.5.3 Pérdidas en los transformadores auxiliares y de excitación

Al igual que para la estimación de las pérdidas en el transformador principal, tampoco se tienen datos propios para estimar las pérdidas en los transformadores de SS.AA. y de excitación, por lo cual se tuvo que recurrir a las hojas de datos de equipos de similares características⁵.

COMTRAFO TRANSFORMADORES		RELATÓRIO DOS ENSAIOS DE TRANSFORMADOR		R.Q.: AS-82401.02 Rev.08	
ENSAIO DE ROTINA DO TRANSFORMADOR COM AS CARACTERÍSTICAS ABAIXO:					
CLIENTE :	ENRGIA MODULAR SPA	FREQÜÊNCIA [Hz]:	50	CORRENTE A.T. [A]:	100,23
NÚMERO :	340970101	TENSÕES A.T. [kV]:	15,12 a 13,68	CORRENTE B.T. [A]:	3608,44
POTÊNCIA [kVA]:	2500,0	TENSÕES B.T. [V]:	400/231	DATA FABRICAÇÃO:	06/03/2019
FASES :	3	DERIVAÇÕES :	5	ESTADO :	NOVO
LIGAÇÃO:	Triângulo/Estrela Dyn11	A.T. LIGADA EM [kV]:	14,40	MASSA [Kg]:	7100
TIPO :	CORRUGADO	B.T. LIGADA EM [V]:	400	FABRICANTE :	COMTRAFO
MODELO :	OLEO				
ENSAIO DE RESISTÊNCIA ÔHMICA DOS ENROLAMENTOS			DESLOCAMENTO ANGULAR		
H1H2: 0,87 [OHMS]	X1X2: 0,60 [mOHMS]	-30 Graus			
H1H3: 0,87 [OHMS]	X1X3: 0,59 [mOHMS]				
H2H3: 0,87 [OHMS]	X2X3: 0,57 [mOHMS]				
Enrol. TS: Alumínio	Enrol. TI: Alumínio				
TEMPERATURA AMBIENTE [°C]:	32,0				
RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO		TENSÃO APLICADA		TENSÃO INDUZIDA	
LEITURA AT/BT [MOHMS]:	15000	AT/BT À MASSA [kV]:	38,00	TENSÃO INDUZIDA [V]:	800
LEITURA AT/MASSA [MOHMS]:	25000	BT/AT À MASSA [kV]:	3,00	FREQÜÊNCIA [Hz]:	120
LEITURA BT/MASSA [MOHMS]:	10000	FREQÜÊNCIA [Hz]:	50	TEMPO DO ENSAIO [S]:	60
TENSÃO DO MEGÔMETRO [V]:	2500	TEMPO DO ENSAIO [S]:	60	MÉTODO DO ENSAIO :	NORMAL
ENSAIO DE RELAÇÃO DE TRANSFORMAÇÃO					
TAP [V]:	15120	14760	14400	14040	13680
FASE 1 :	65,54	63,95	62,45	60,84	59,25
FASE 2 :	65,54	63,93	62,43	60,84	59,23
FASE 3 :	65,62	64,01	62,51	60,91	59,32
ERRO[%]:	0,23	0,16	0,26	0,20	0,14
ENSAIO EM VAZIO			ENSAIO EM CURTO CIRCUITO		
TENSÃO DO ENSAIO [V]:	400	CORRENTE DE CURTO CIRCUITO [A]:	100,23		
CORRENTE DE EXCITAÇÃO [A]:	11,64	TENSÃO DE CURTO CIRCUITO [V]:	914,19		
CORRENTE DE EXCITAÇÃO [%]:	0,32	POTÊNCIA DE CURTO CIRCUITO [W]:	30792		
PERDAS EM VAZIO [W]:	3561	TEMPERATURA AMBIENTE [°C]:	32,0		
VALORES CORRIGIDOS A 75 [°C]			ENSAIO DE PINTURA (*)		
PERDAS NOS ENROLAMENTOS [W]:	34027	Espessura da Camada: (NBR 10443) ESPECIFICAÇÃO: 120 PINTURA DE FUNDO: 60 MÍNIMO : 120 PINTURA FINAL : 120 MÉDIO : 140 Unidade: microns MÁXIMO : 160			
PERDAS TOTAIS [W]:	37588				
RENDIMENTO A PLENA CARGA [%]:	98,5				
IMPEDÂNCIA DE CURTO CIRCUITO [%]:	6,37				
ENSAIOS DO ÓLEO ISOLANTE			Aderência (NBR 11003)		
TIPO DO ÓLEO :	OLEO TIPO A	Vol.: 2150 [Litros]	GRAU: X0Y0 RESULTADO: SATISFATÓRIO		
RIGIDEZ DIELÉTRICA (*):	80,00 [kV]	(IEC 60156)			
TENSÃO INTERFACIAL:	47,00 [kV/m]	(NBR 6234)			
TEOR DE ÁGUA :	7,00 [ppm]	(NBR 10710)			
DENSIDADE :	0,878	(NBR 7148)			
ÍND. NEUTRALIZAÇÃO:	< 0,01 [mgKOH/g]	(NBR 14248)			
F.P. A 100 [°C]:	0,20 [%]	(NBR 12133)			
COR :	Teor de PCB: não Detectável				
OBSERVAÇÕES			ESTANQUEIDADE E RESISTÊNCIA À PRESSÃO		
PED: 034097/01 NBI 95KV			PRESSÃO [Kg/cm2]:		
			0,1		
			TEMPO [Horas]:		
			1		
Número Cia: IM-0-2581/00 O transformador referido acima está "APROVADO" pela Garantia da Qualidade. Normas: IEC-60076					
06/03/2019				RAFAEL HONORIO DOS SANTOS	
DATA		EXECUTANTE		RESPONSÁVEL PELO ENSAIO	

Av. Agostinho Ducl, 280 - Pq. Industrial I CEP: 86300-000 - CORNELIO PROCÓPIO - PR Fone:(43) 3520-3891 Fax:(43) 3520-3800
www.comtrafo.com.br

Tabla 4-12 - Valores teóricos de pérdidas del transformador de SS.AA. (S/E Aguas Claras)

⁵ Fuente: <https://infotecnica.coordinador.cl/>



CERTIFICADO DE PRUEBAS



N° CERTIFICADO	: 0000056880	N°SERIE	: 62140	CLIENTE	: EMPRESA DE MONTAJES ELECTRICOS EMELTA S.A.
O.C.N°	: 33314 - 35197 - 35	N° OT	: OT000963-17	FECHA DE EMISIÓN	: 05/10/2017
FABRICANTE	: RHONA S.A	N° TAG	: SIN TAG	TIPO	: SUBESTACION
PRODUCTO	: TRANSFORMADOR 3f 2250 kVA 13.8/0.44 kV				

POTENCIA [kVA]	: 2250	REFRIGERACIÓN	: OA	ELEVACIÓN DE T°	: 65 [°C]
TENSIÓN AT [V]	: 13800	DERIVACIONES	: 14490 - 14145 - 13800 - 13455 - 13110	TENSIÓN BT [V]	: 440
POLARIDAD	: Dyn1	FLUIDO AISLANTE	: Aceite Vegetal	FRECUENCIA	: 50 [Hz]
ALT DE OPERACIÓN	: 1000 [msnm]	FASES	: 3	PESO TOTAL	: 6020 [kg]

PÉRDIDAS EN VACÍO Y CORRIENTE DE EXCITACIÓN

FRECUENCIA [Hz]	ALIMENTACIÓN		I1 [A]	I2 [A]	I3 [A]	CORRIENTE EXCITACIÓN		PÉRDIDAS EN VACÍO [W]
	TERMINAL	[V]				[A]	%	
50	BT	440	15.7	12.8	14.9	14.5	0.49	2519

PÉRDIDAS EN CARGA E IMPEDANCIA

FRECUENCIA [Hz]	ALIMENTACIÓN DERIVACIÓN [V]	I NOMINAL [A]	TEMP° ENSAYO [°C] : 17		A T° [°C] : 75		PÉRDIDAS TOTALES [W]
			Vcc [%]	Wcc [W]	Z[%]	PÉRDIDAS EN CARGA[W]	
50	13800	94.13	6.28	19485	6.29	21615	24134

PÉRDIDAS TOTALES

RESISTENCIA DE BOBINA AT EN OHM X 10E -3

DERIVACIÓN N°	TENSIÓN[V]	RESISTENCIA EN AT: 17[°C]			PROM. A: 75 [°C]
		H1 - H2	H2 - H3	H3 - H1	
1	14490	497.60	499.10	494.70	611.78
2	14145	485.50	487.00	482.60	596.89
3	13800	473.30	474.90	470.30	581.88
4	13455	461.00	462.40	458.20	566.74
5	13110	448.40	449.80	445.80	551.32

RAZÓN DE TRANSFORMACIÓN Y POLARIDAD

H1-H2 X1-X2	H2-H3 X2-X3	H3-H1 X3-X1	I NOMINAL [A]	
			AT	BT
32.976	32.975	32.978	89.7	
32.190	32.192	32.186	91.8	
31.403	31.403	31.399	94.1	
30.615	30.617	30.614	96.5	
29.827	29.826	29.829	99.1	2952.4

RESISTENCIA DE BOBINA BT EN OHM X 10E -3

Medido a: 17 [°C]	X1-X2	X2-X3	X3-X1	PROM. A: 75 [°C]
	0.56680	0.54990	0.56610	0.69500

RESISTENCIA DE AISLACIÓN

REALIZADA CON MEGOHMETRO 2.5 [kV]	TEMP: 17[°C] HUM: 51%		
	AT-BT [MΩ]	AT-MASA [MΩ]	BT-MASA [MΩ]
	> 50000	8500	4510

ENSAYOS DIELECTRICOS

VOLTAJE APLICADO	kV	Seg.	Hz
AT	34	60	50
BT	10	60	50
VOLTAJE INDUCIDO	V	Seg.	Hz
EN LADO : BT	880	36	200

LÍQUIDO AISLANTE

TIPO :	Envirotemp FR3
RIGIDEZ :	> 10 ASTM 877
VOLUMEN:	1470 [L]

- El líquido aislante no contiene Bifenilos Policlorados (PCB)

PRUEBA DE SOBREPRESIÓN :	OK
--------------------------	----

OBSERVACIONES



N° VALIDACIÓN : 50E10A0CD998EB60842581AE004AC785

WWW.RHONA.CL

Tabla 4-13 - Valores teóricos de pérdidas del transformador de excitación (S/E Arica)



5 REALIZACIÓN DE LA PRUEBA

Como se indicó, debido al contexto sanitario de pandemia COVID-19, 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 en las unidades 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

Lo indicado en el presente apartado aplica por igual a las pruebas realizadas en las tres unidades, así como también para la central completa.

5.2.1 Verificaciones previas

1. 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 en ninguna de las unidades, por lo tanto, se mantuvo operativo durante la prueba. Por esta razón, en todos los ensayos se modificó el valor de la banda muerta (a $\pm 100\text{MHz}$ o más) o se ajustó el estatismo lo más alto posible.
 - e. No se pudo consignar un valor de potencia reactiva para tener un factor de potencia cercano a 0.95 durante toda la prueba. Se realizarán las correcciones por pérdidas debido a esta situación.



- f. La barra de SSAA estuvo aislada de conexiones externas a la central o consumos que no reflejen consumos propios de la unidad bajo prueba.
- g. Durante las pruebas individuales la otra unidad de la central estuvo fuera de servicio.

5.3 Condiciones previas al inicio de los ensayos.

Previo al inicio de las pruebas se verificaron las condiciones operativas de las unidades. Tanto para los ensayos de la Unidad 1 como de la Unidad 2, los servicios auxiliares fueron alimentados únicamente desde los propios transformadores de SS.AA. de cada unidad bajo prueba (interruptor 52SA1 o 52SA2 cerrado) y con ambas barras acopladas (interruptores 52SAR y 52SAS cerrados) tal cual lo muestran la Figura 5-1 y la Figura 5-2.

Para las pruebas de central completa, los servicios auxiliares fueron alimentados desde ambos transformadores de SS.AA. (interruptores 52SA1 y 52SA2 cerrados) y con ambas barras desacopladas (interruptor 52SAS abierto) como lo muestra la Figura 5-3.

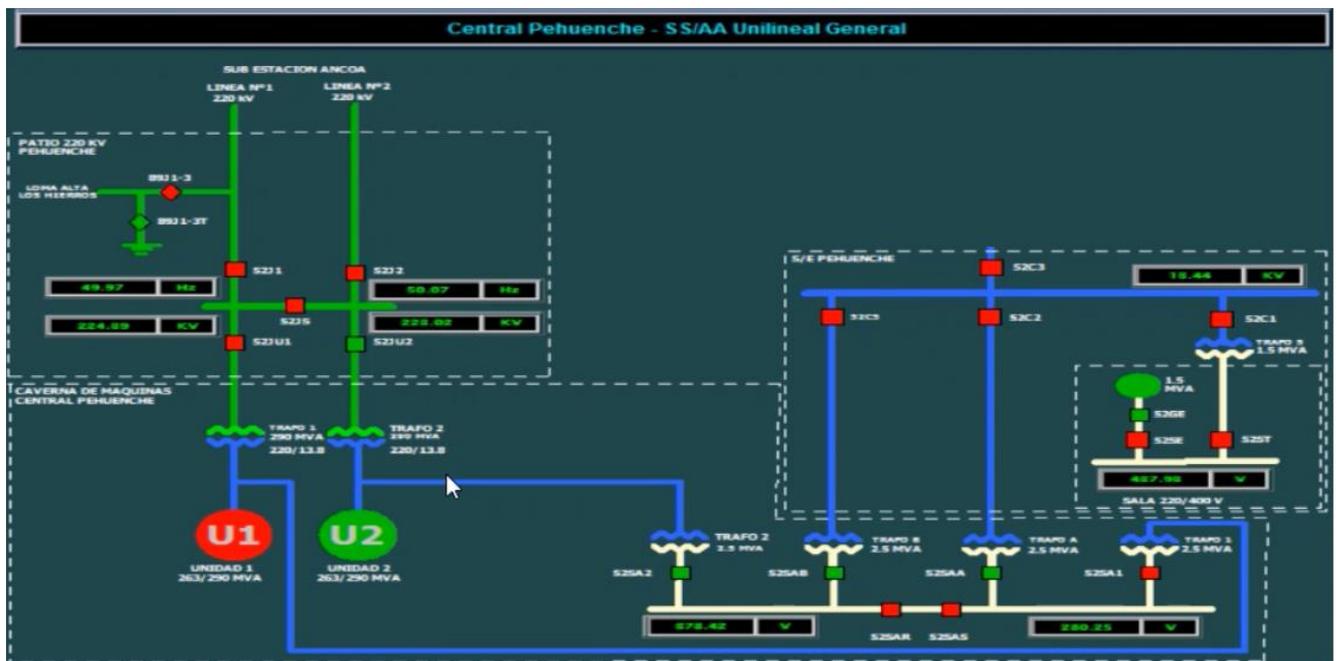


Figura 5-1 - Condiciones operativas durante los ensayos de la Unidad 1

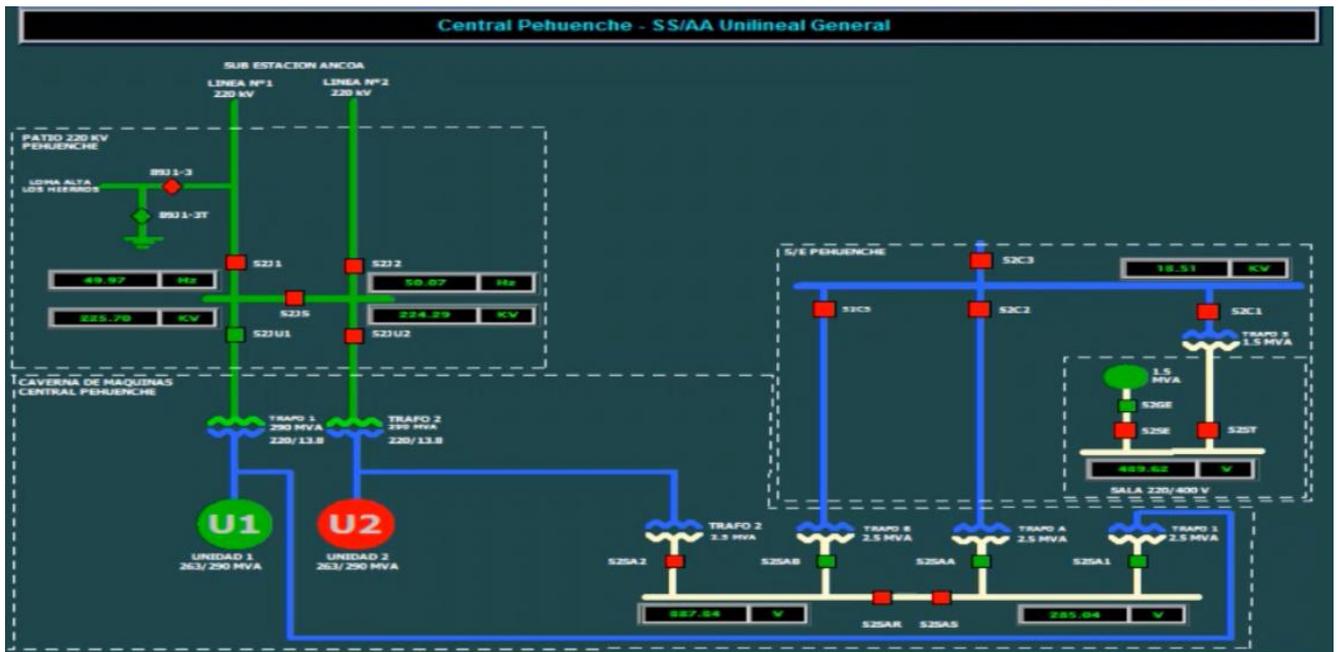


Figura 5-2 - Condiciones operativas durante los ensayos de la Unidad 2

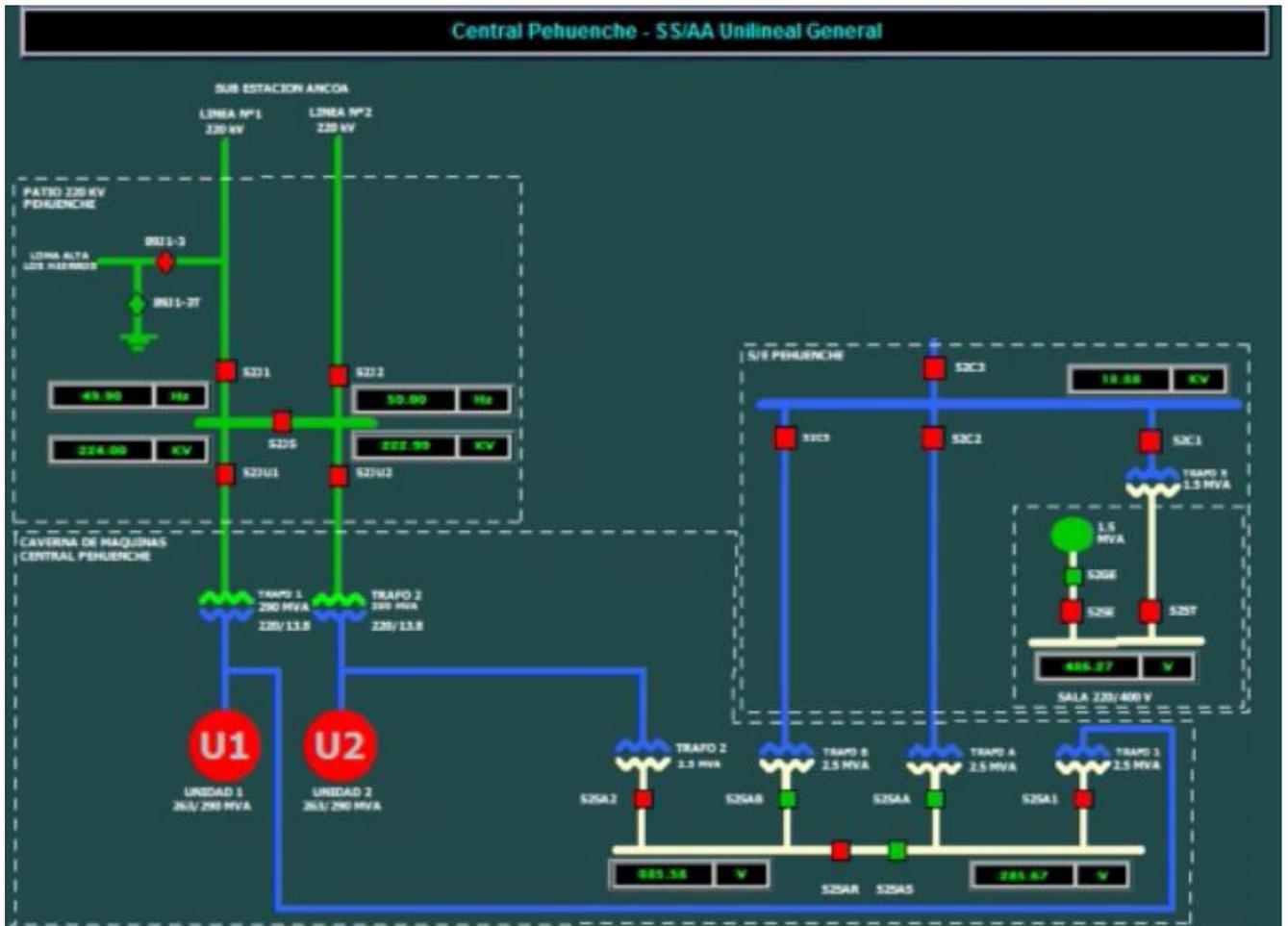


Figura 5-3 - Condiciones operativas durante los ensayos de la Central completa



5.4 Incremento de potencia, estabilización e inicio de la prueba

Previo al inicio de la prueba individual de la Unidad 2, la misma se encontraba detenida. Por lo que el operador dio orden de partida, sincronizó la misma e incrementó carga paulatinamente hasta alcanzar el valor correspondiente a potencia máxima.

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

Debido a que no se pudo deshabilitar el control primario de frecuencia se procedió a ajustar el estatismo lo más alto posible y modificar la banda muerta de manera de insensibilizar a las unidades frente a las variaciones de frecuencia del sistema. Con respecto a la consigna del factor de potencia no se pudo ajustar al valor solicitado por lo que se realizan las correcciones pertinentes.

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.

La Tabla 5-1 resume los períodos resultantes del desarrollo de la prueba para la Unidad 1.

Arranque de la unidad	02/11/2021 -
Inicio del período de estabilización	22:30 Hs
Fin del período de estabilización	23:15 Hs
Inicio del período de prueba	23:15 Hs
Fin del período de prueba	04:18 Hs (03/11/2021)

Tabla 5-1 – Etapas de la prueba para la Unidad 1



La Tabla 5-2 resume los períodos resultantes del desarrollo de la prueba para la Unidad 2.

Arranque de la unidad	02/11/2021 22:29 Hs
Inicio del período de estabilización	23:00 Hs (03/11/2021)
Fin del período de estabilización	23:30 Hs
Inicio del período de prueba	23:30 Hs
Fin del período de prueba	04:33 Hs (04/11/2021)

Tabla 5-2 - Etapas de la prueba para la Unidad 2

La Tabla 5-3 resume los períodos resultantes del desarrollo de la prueba para la central completa.

Arranque de la unidad	04/11/2021 -
Inicio del período de estabilización	20:30 Hs
Fin del período de estabilización	21:25 Hs
Inicio del período de prueba	21:30 Hs
Fin del período de prueba	02:30 Hs (05/11/2021)

Tabla 5-3 - Etapas de la prueba para la central completa



5.5 Período de prueba

Finalmente, cada prueba se extendió por un período total de 5 horas divididas en 10 test run de 30 minutos. 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 5-4 – Máximas variaciones permisibles en las condiciones de operación

La Tabla 5-5 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		23:15	23:45	0:15	0:45	1:15	1:45	2:15	2:45	3:15	3:45
Verificación de condiciones de estabilidad												
P _{Neta}	Potencia Neta medido en Alta	1,50%	0,40%	0,49%	0,34%	0,47%	0,46%	0,35%	0,37%	0,59%	0,37%	0,44%
P _{BRUTA}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	1,50%	0,37%	0,72%	0,34%	0,48%	0,46%	0,33%	0,34%	0,59%	0,42%	0,43%
Nivel	Altura bruta del nivel de laguna	1,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	2,00%	0,62%	0,09%	0,02%	0,04%	0,03%	0,01%	0,04%	0,02%	0,01%	0,02%
Frec	Velocidad de Rotación	0,50%	0,01%	0,06%	0,06%	0,01%	0,01%	0,06%	0,06%	0,06%	0,06%	0,07%
Estabilidad	¿Se cumplen los criterios para todas las variables?		SI									

Tabla 5-5 – Verificación de estabilidad para la Unidad 1

La Tabla 5-6 muestra el resumen de las verificaciones de estabilidad realizadas para la Unidad 2.

Períodos		ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test Run n°	Hora		23:30	0:00	0:30	1:00	1:30	2:00	2:30	3:00	3:30	4:00
Verificación de condiciones de estabilidad												
P _{Neta}	Potencia Neta medido en Alta	1,50%	1,34%	1,90%	0,10%	0,09%	0,05%	0,08%	0,09%	0,10%	0,11%	0,10%
P _{BRUTA}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	1,50%	1,25%	1,89%	0,05%	0,08%	0,07%	0,07%	0,11%	0,07%	0,04%	0,10%
Nivel	Altura bruta del nivel de laguna	1,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	2,00%	0,21%	0,37%	0,02%	0,03%	0,28%	0,03%	0,08%	0,05%	0,04%	0,14%
Frec	Velocidad de Rotación	0,50%	0,15%	0,20%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
Estabilidad	¿Se cumplen los criterios para todas las variables?		SI	NO	SI							

Tabla 5-6 – Verificación de estabilidad para la Unidad 2



La Tabla 5-7 muestra el resumen de las verificaciones de estabilidad realizadas para la central completa.

Períodos												
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Hora		21:30	22:00	22:30	23:00	23:30	0:00	0:30	1:00	1:30	2:00	
Verificación de condiciones de estabilidad												
FP1	Factor de potencia en bornes de máquina - Unidad 1	2,00%	0,03%	0,01%	0,65%	0,05%	0,12%	0,18%	0,12%	0,03%	0,08%	0,07%
P _{BRUTA1}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina - Unidad 1	1,50%	0,13%	0,09%	0,05%	0,10%	0,06%	0,08%	0,15%	0,09%	0,09%	0,10%
P _{Neta1}	Potencia Neta medido en Alta - Unidad 1	1,50%	0,13%	0,08%	0,09%	0,08%	0,06%	0,11%	0,14%	0,07%	0,09%	0,10%
FP2	Factor de potencia en bornes de máquina - Unidad 2	2,00%	0,03%	0,03%	0,05%	0,01%	0,02%	0,54%	0,20%	0,05%	0,11%	0,08%
P _{BRUTA2}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina - Unidad 2	1,50%	0,14%	0,09%	0,11%	0,12%	0,10%	0,12%	0,12%	0,09%	0,09%	0,13%
P _{Neta2}	Potencia Neta medido en Alta - Unidad 2	1,50%	0,10%	0,14%	0,10%	0,11%	0,12%	0,09%	0,10%	0,09%	0,10%	0,12%
Nivel	Altura bruta del nivel de laguna	1,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Frec	Velocidad de Rotación	0,50%	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,06%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
Estabilidad	¿Se cumplen los criterios para todas las variables?		SI									

Tabla 5-7 – Verificación de estabilidad para la central completa

Para las pruebas de la Unidad 1 y de la central completa todos los test run registrados verificaron las condiciones de estabilidad y se han utilizado para el cálculo final de los resultados. En tanto que, para el ensayo de la Unidad 2, se descartó únicamente el test run N°2 que no se consideró para el cálculo final de los resultados.

Finalizadas las pruebas se confeccionaron actas reflejando las principales condiciones de los ensayos. Dichas actas pueden consultarse en el Anexo 9.6.



6 CALCULOS 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 unidad U1

Debido al problema encontrado en las mediciones de la Unidad 1 la potencia bruta se determina a partir de las mediciones de potencia neta más las pérdidas totales. Este concepto en “pérdidas totales” se estima a partir de valores teóricos de pérdidas y consumos propios de la unidad, los cuales son presentados en el capítulo 4.5.

$$L_{Totales (U1)} = 1.77 \text{ MW} \quad (\text{Capítulo 4.5})$$

$$P_{Bruta, No Corr(U1)} = P_{Neta, No Corr(U1)} + L_{Totales (U1)}$$

6.3 Determinación de la potencia de pérdidas totales (SSAA)

Como se explicó anteriormente, las pérdidas totales de la Unidad U1 se estiman a partir de valores teóricos tanto a los consumos propios de la unidad como a las pérdidas en los distintos transformadores.

Para la Unidad 2 se considera que se cuenta con las mediciones de potencia bruta y de potencia neta, por lo cual las pérdidas totales pueden calcularse como:

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

Donde:

- $P_{Neta, No Corr}$: 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		ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test Run n°												
Hora			23:15	23:45	0:15	0:45	1:15	1:45	2:15	2:45	3:15	3:45
Variables Primarias												
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	-	0,982	0,992	0,995	0,996	0,997	0,997	0,999	0,999	0,999	0,998
P _{BRUTA}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	[MW]	287,92	285,64	289,62	288,32	288,60	285,81	286,54	284,80	285,10	290,20
P _{Neta}	Potencia Neta medido en Alta	[MW]	286,15	283,87	287,85	286,55	286,83	284,04	284,77	283,03	283,33	288,43
Determinación pérdidas totales												
L _{TOTALES}	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos (SSAA)	[MW]	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77

Tabla 6-1 – Cálculos de potencia de pérdidas para la Unidad 1

La Tabla 6-2 detalla los cálculos realizados para la Unidad 2.

Períodos		ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test Run n°												
Hora			23:30	0:00	0:30	1:00	1:30	2:00	2:30	3:00	3:30	4:00
Variables Primarias												
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	-	0,976	0,976	0,980	0,980	0,982	0,988	0,989	0,990	0,989	0,991
P _{BRUTA}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	[MW]	283,22	281,10	287,31	287,05	286,94	287,12	287,08	287,04	287,17	287,14
P _{Neta}	Potencia Neta medido en Alta	[MW]	281,25	279,46	285,42	285,20	285,15	285,48	285,34	285,37	285,39	285,44
Determinación pérdidas totales												
L _{TOTALES}	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos (SSAA)	[MW]	1,97	1,64	1,90	1,85	1,79	1,64	1,74	1,67	1,79	1,69

Tabla 6-2 – Cálculos de potencia de pérdidas para la Unidad 2

La Tabla 6-3 detalla los cálculos realizados para la central completa.

Períodos		ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test Run n°												
Hora			21:30	22:00	22:30	23:00	23:30	0:00	0:30	1:00	1:30	2:00
Variables Primarias												
FP1	Factor de potencia en bornes de máquina - Unidad 1	-	0,971	0,971	0,981	0,987	0,988	0,990	0,990	0,989	0,986	0,992
P _{BRUTA1}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina - Unidad 1	[MW]	271,16	270,92	270,99	270,69	270,70	270,47	270,30	270,22	270,03	269,77
P _{Neta1}	Potencia Neta medido en Alta - Unidad 1	[MW]	269,39	269,15	269,22	268,92	268,93	268,70	268,53	268,45	268,26	268,00
FP2	Factor de potencia en bornes de máquina - Unidad 2	-	0,974	0,974	0,972	0,972	0,971	0,979	0,980	0,979	0,976	0,985
P _{BRUTA2}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina - Unidad 2	[MW]	274,06	273,97	273,57	273,39	273,24	273,04	273,11	272,80	272,72	272,55
P _{Neta2}	Potencia Neta medido en Alta - Unidad 2	[MW]	272,29	272,06	271,68	271,58	271,46	271,36	271,21	270,98	270,98	270,89
Determinación pérdidas totales												
P _{Bruta, No Corr}	Potencia Bruta medida - Total	[MW]	545,22	544,89	544,56	544,08	543,94	543,51	543,41	543,02	542,75	542,31
P _{Neta, No Corr}	Potencia Neta medida - Total	[MW]	541,68	541,21	540,90	540,50	540,38	540,07	539,74	539,43	539,24	538,88
L _{U1}	Pérdidas y consumos internos (SSAA) - Unidad 1	[MW]	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77
L _{U2}	Pérdidas y consumos internos (SSAA) - Unidad 2	[MW]	1,77	1,91	1,88	1,81	1,78	1,67	1,90	1,82	1,73	1,66
L _{TOTALES}	Pérdidas y consumos internos (SSAA) - Central completa	[MW]	3,54	3,68	3,65	3,58	3,55	3,44	3,67	3,59	3,50	3,43

Tabla 6-3 – Cálculos de potencia de pérdidas para la central completa



6.3.1 Desglose de la potencia de pérdidas totales

Considerando que la determinación de las pérdidas totales no permite especificar los valores de pérdidas y consumos propios de cada unidad y de la central completa, se realiza un desglose de cada una de ellas a partir de los datos estimados en el capítulo 4.5.

En la Tabla 6-4, en la Tabla 6-5 y en la Tabla 6-6 se resumen los resultados del desglose de pérdidas de cada una de las unidades y de la central completa respectivamente.

Consumos – Unidad 1	Potencia estimada
<i>Consumos de SSAA</i>	<i>635.9 kW</i>
<i>Pérdidas en transformadores principales</i>	<i>839.4 kW</i>
<i>Pérdidas en transformadores de SSAA</i>	<i>37.6 kW</i>
<i>Pérdidas en transformadores de excitación</i>	<i>24.1 kW</i>
<i>Pérdidas en la red interna</i>	<i>233.0 kW</i>
Total	1770.0 kW

Tabla 6-4 – Valores de pérdidas y consumos propios - Unidad 1

Consumos – Unidad 2	Potencia estimada
<i>Consumos de SSAA</i>	<i>635.9 kW</i>
<i>Pérdidas en transformadores principales</i>	<i>839.4 kW</i>
<i>Pérdidas en transformadores de SSAA</i>	<i>37.6 kW</i>
<i>Pérdidas en transformadores de excitación</i>	<i>24.1 kW</i>
<i>Pérdidas en la red interna</i>	<i>231.8 kW</i>
Total	1768.8 kW

Tabla 6-5 – Valores de pérdidas y consumos propios - Unidad 2



Consumos – Central completa	Potencia estimada
<i>Consumos de SSAA</i>	<i>1271.8 kW</i>
<i>Pérdidas en transformadores principales</i>	<i>1678.8 kW</i>
<i>Pérdidas en transformadores de SSAA</i>	<i>75.2 kW</i>
<i>Pérdidas en transformadores de excitación</i>	<i>48.2 kW</i>
<i>Pérdidas en la red interna</i>	<i>489.9 kW</i>
Total	3563.9 kW

Tabla 6-6 – Valores de pérdidas y consumos propios - Central completa



6.4 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 (10 períodos) 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
- L_{FP} : 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 de la sección 4.3.1.



La Tabla 6-7 detalla las correcciones realizadas para la Unidad 1.

Períodos		ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test Run n°	Hora		23:15	23:45	0:15	0:45	1:15	1:45	2:15	2:45	3:15	3:45
Variables Primarias												
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	-	0,982	0,992	0,995	0,996	0,997	0,997	0,999	0,999	0,999	0,998
P _{BRUTA}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	[MW]	287,92	285,64	289,62	288,32	288,60	285,81	286,54	284,80	285,10	290,20
P _{Neta}	Potencia Neta medido en Alta	[MW]	286,15	283,87	287,85	286,55	286,83	284,04	284,77	283,03	283,33	288,43
Correcciones a la Potencia bruta												
L _{FP}	Diferencia en pérdidas por FP	[kW]	188,67	250,26	269,53	273,16	278,16	278,67	288,36	287,18	287,27	290,77
P Bruta, Corr	Potencia Bruta corregida por los factores permitidos en el Anexo Técnico	[MW]	287,73	285,39	289,35	288,04	288,33	285,53	286,25	284,51	284,82	289,91

Tabla 6-7 – Correcciones a la Potencia Bruta para la Unidad 1

La Tabla 6-8 detalla las correcciones realizadas para la Unidad 2.

Períodos		ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test Run n°	Hora		23:30	0:00	0:30	1:00	1:30	2:00	2:30	3:00	3:30	4:00
Variables Primarias												
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	-	0,976	0,976	0,980	0,980	0,982	0,988	0,989	0,990	0,989	0,991
P _{BRUTA}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	[MW]	283,22	281,10	287,31	287,05	286,94	287,12	287,08	287,04	287,17	287,14
P _{Neta}	Potencia Neta medido en Alta	[MW]	281,25	279,46	285,42	285,20	285,15	285,48	285,34	285,37	285,39	285,44
Correcciones a la Potencia bruta												
L _{FP}	Diferencia en pérdidas por FP	[kW]	152,10	151,17	180,08	178,05	188,10	225,03	232,55	237,67	231,86	240,88
P Bruta, Corr	Potencia Bruta corregida por los factores permitidos en el Anexo Técnico	[MW]	283,06	280,95	287,13	286,87	286,75	286,90	286,85	286,80	286,94	286,90

Tabla 6-8 – Correcciones a la Potencia Bruta para la Unidad 2

La Tabla 6-9 detalla las correcciones realizadas para la central completa.

Períodos		ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test Run n°	Hora		21:30	22:00	22:30	23:00	23:30	0:00	0:30	1:00	1:30	2:00
Variables Primarias												
FP1	Factor de potencia en bornes de máquina - Unidad 1	-	0,971	0,971	0,981	0,987	0,988	0,990	0,990	0,989	0,986	0,992
P _{BRUTA1}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina - Unidad 1	[MW]	271,16	270,92	270,99	270,69	270,70	270,47	270,30	270,22	270,03	269,77
P _{Neta1}	Potencia Neta medido en Alta - Unidad 1	[MW]	269,39	269,15	269,22	268,92	268,93	268,70	268,53	268,45	268,26	268,00
FP2	Factor de potencia en bornes de máquina - Unidad 2	-	0,974	0,974	0,972	0,972	0,971	0,979	0,980	0,979	0,976	0,985
P _{BRUTA2}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina - Unidad 2	[MW]	274,06	273,97	273,57	273,39	273,24	273,04	273,11	272,80	272,72	272,55
P _{Neta2}	Potencia Neta medido en Alta - Unidad 2	[MW]	272,29	272,06	271,68	271,58	271,46	271,36	271,21	270,98	270,98	270,89
Correcciones a la Potencia bruta												
L _{FP, U1}	Diferencia en pérdidas por FP - Unidad 1	[kW]	120,45	119,97	176,94	210,80	219,22	226,33	226,50	225,25	208,21	241,27
L _{FP, U2}	Diferencia en pérdidas por FP - Unidad 2	[kW]	134,13	134,02	127,31	126,33	122,35	164,47	168,12	167,47	146,25	198,30
P Bruta, Corr, U1	Potencia Bruta corregida por los factores permitidos en el Anexo Técnico	[MW]	271,04	270,80	270,81	270,48	270,48	270,25	270,07	269,99	269,82	269,52
P Bruta, Corr, U2	Potencia Bruta corregida por los factores permitidos en el Anexo Técnico	[MW]	273,93	273,83	273,44	273,26	273,12	272,87	272,94	272,63	272,57	272,35

Tabla 6-9 – Correcciones a la Potencia Bruta para la central completa



6.5 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:

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

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

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 6-10 detalla los cálculos realizados para la Unidad 1.

Períodos												
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Hora		23:15	23:45	0:15	0:45	1:15	1:45	2:15	2:45	3:15	3:45	
Determinación pérdidas totales												
$L_{TOTALES}$	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos (SSAA)	[MW]	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	
Cálculo promedio final												
$P_{Bruta, Corr}$	Valores utilizados para	[MW]	287,73	285,39	289,35	288,04	288,33	285,53	286,25	284,51	284,82	289,91
$P_{Neta, Corr}$	cálculo de promedio final	[MW]	285,96	283,62	287,58	286,27	286,56	283,76	284,48	282,74	283,05	288,14

Tabla 6-10 – Cálculos de Potencia Neta corregida para la Unidad 1

La Tabla 6-11 detalla los cálculos realizados para la Unidad 2.

Períodos												
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Hora		23:30	0:00	0:30	1:00	1:30	2:00	2:30	3:00	3:30	4:00	
Determinación pérdidas totales												
$L_{TOTALES}$	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos (SSAA)	[MW]	1,97	1,64	1,90	1,85	1,79	1,64	1,74	1,67	1,79	1,69
Cálculo promedio final												
$P_{Bruta, Corr}$	Valores utilizados para	[MW]	283,06	-	287,13	286,87	286,75	286,90	286,85	286,80	286,94	286,90
$P_{Neta, Corr}$	cálculo de promedio final	[MW]	281,10	-	285,24	285,02	284,96	285,26	285,11	285,13	285,16	285,20

Tabla 6-11 – Cálculos de Potencia Neta corregida para la Unidad 2



La Tabla 6-12 detalla los cálculos realizados para la central completa.

Períodos		ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test Run n°	Hora		21:30	22:00	22:30	23:00	23:30	0:00	0:30	1:00	1:30	2:00
Determinación pérdidas totales												
P _{Bruta, No Corr}	Potencia Bruta medida - Total	[MW]	545,22	544,89	544,56	544,08	543,94	543,51	543,41	543,02	542,75	542,31
P _{Neta, No Corr}	Potencia Neta medida - Total	[MW]	541,68	541,21	540,90	540,50	540,38	540,07	539,74	539,43	539,24	538,88
L _{U1}	Pérdidas y consumos internos (SSAA) - Unidad 1	[MW]	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77
L _{U2}	Pérdidas y consumos internos (SSAA) - Unidad 2	[MW]	1,77	1,91	1,88	1,81	1,78	1,67	1,90	1,82	1,73	1,66
L _{TOTALES}	Pérdidas y consumos internos (SSAA) - Central completa	[MW]	3,54	3,68	3,65	3,58	3,55	3,44	3,67	3,59	3,50	3,43
Cálculo promedio final												
P _{Bruta, Corr}	Valores utilizados para	[MW]	544,96	544,64	544,25	543,74	543,59	543,12	543,01	542,62	542,39	541,87
P _{Neta, Corr}	cálculo de promedio final	[MW]	541,43	540,96	540,60	540,16	540,04	539,68	539,34	539,04	538,89	538,44

Tabla 6-12 – Cálculos de Potencia Neta corregida para la central completa



6.6 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: **286,99 MW**
- Unidad 2: **286,47 MW**
- Central completa: **543,42 MW**

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

- Unidad 1: **285,22 MW**
- Unidad 2: **284,69 MW**
- Central completa: **539,86 MW**

La Tabla 6-13 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		23:15	23:45	0:15	0:45	1:15	1:45	2:15	2:45	3:15	3:45	
Cálculo promedio final												
P _{Bruta, Corr}	Valores utilizados para cálculo de promedio final	[MW]	287,73	285,39	289,35	288,04	288,33	285,53	286,25	284,51	284,82	289,91
P _{Neta, Corr}		[MW]	285,96	283,62	287,58	286,27	286,56	283,76	284,48	282,74	283,05	288,14

P _{MAX, Bruta}	Potencia Máxima Bruta	[MW]	286,99
P _{MAX, Neta}	Potencia Máxima Neta	[MW]	285,22

Tabla 6-13 – Promedio Final para la Unidad 1

La Tabla 6-14 detalla los valores utilizados para el cálculo del promedio de la Unidad 2.

Períodos												
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Hora		23:30	0:00	0:30	1:00	1:30	2:00	2:30	3:00	3:30	4:00	
Cálculo promedio final												
P _{Bruta, Corr}	Valores utilizados para cálculo de promedio final	[MW]	283,06	-	287,13	286,87	286,75	286,90	286,85	286,80	286,94	286,90
P _{Neta, Corr}		[MW]	281,10	-	285,24	285,02	284,96	285,26	285,11	285,13	285,16	285,20

P _{MAX, Bruta}	Potencia Máxima Bruta	[MW]	286,47
P _{MAX, Neta}	Potencia Máxima Neta	[MW]	284,69

Tabla 6-14 – Promedio Final para la Unidad 2



La Tabla 6-15 detalla los valores utilizados para el cálculo del promedio de la central completa.

Períodos												
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Hora		21:30	22:00	22:30	23:00	23:30	0:00	0:30	1:00	1:30	2:00	
Cálculo promedio final												
P_{Bruta, Corr}	Valores utilizados para	[MW]	544,96	544,64	544,25	543,74	543,59	543,12	543,01	542,62	542,39	541,87
P_{Neta, Corr}	cálculo de promedio final	[MW]	541,43	540,96	540,60	540,16	540,04	539,68	539,34	539,04	538,89	538,44
P_{MAX, Bruta}	Potencia Máxima Bruta	[MW]	543,42									
P_{MAX, Neta}	Potencia Máxima Neta	[MW]	539,86									

Tabla 6-15 – Promedio Final para la central completa



6.7 Tabla Resumen general

Todos los cálculos presentados anteriormente se resumen a continuación.



Períodos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test Run n°	ref	23:45	0:15	0:45	1:15	1:45	2:15	2:45	3:15	3:45
Hora	23:15	23:45	0:15	0:45	1:15	1:45	2:15	2:45	3:15	3:45
Variables Primarias										
Factor de potencia en bornes de máquina	0,982	0,992	0,995	0,996	0,997	0,997	0,999	0,999	0,999	0,998
Potencia Bruta medida en bornes de máquina [MW]	287,92	285,64	289,62	288,32	288,60	285,81	286,54	284,80	285,10	290,20
Potencia Neta medido en Alta [MW]	286,15	283,87	287,85	286,55	286,83	284,04	284,77	283,03	283,33	288,43
Variables Secundarias										
Nivel [msnm]	645,780	645,799	645,820	645,842	645,868	645,893	645,919	645,947	645,976	646,001
Frec [Hz]	50,01	50,06	49,98	50,02	50,01	50,05	50,04	50,07	50,05	49,97
Verificación de condiciones de estabilidad										
P _{Neta}	1,50%	0,40%	0,34%	0,47%	0,46%	0,35%	0,37%	0,59%	0,37%	0,44%
Potencia Bruta medida en bornes de máquina	1,50%	0,37%	0,34%	0,48%	0,46%	0,33%	0,34%	0,59%	0,42%	0,43%
Nivel	1,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Factor de potencia en bornes de máquina	2,00%	0,62%	0,09%	0,04%	0,03%	0,01%	0,04%	0,02%	0,01%	0,02%
Frec	0,50%	0,01%	0,06%	0,01%	0,01%	0,06%	0,06%	0,06%	0,06%	0,07%
Estabilidad	¿Se cumplen los criterios para todas las variables?	SI								
Determinación pérdidas totales										
L _{TOTALES}	[MW]	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77
Correcciones a la Potencia bruta										
L _{FP}	[KW]	188,67	250,26	269,53	273,16	278,16	288,36	287,18	287,27	290,77
Diferencia en pérdidas por FP										
P _{Bruta, Corr}	[MW]	287,73	285,39	289,35	288,04	288,33	286,25	284,51	284,82	289,91
Potencia Bruta corregida por los factores permitidos en el Anexo Técnico										
Cálculo promedio final										
P _{Bruta, Corr}	[MW]	287,73	285,39	289,35	288,04	288,33	286,25	284,51	284,82	289,91
Valores utilizados para cálculo de promedio final										
P _{Neta, Corr}	[MW]	285,96	283,62	287,58	286,27	286,56	284,48	282,74	283,05	288,14
Selección de los test-run promediables										
P _{MAX, Bruta}	[MW]	286,99								
Potencia Máxima Bruta										
P _{MAX, Neta}	[MW]	285,22								
Potencia Máxima Neta										

Tabla 6-16 – Resumen general para la Unidad 1



Períodos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test Run n°	ref									
Hora	23:30	0:00	0:30	1:00	1:30	2:00	2:30	3:00	3:30	4:00
Variables Primarias										
FP	0,976	0,976	0,980	0,980	0,982	0,988	0,989	0,990	0,989	0,991
Factor de potencia en bornes de máquina										
P _{BRUTA}	283,22	281,10	287,31	287,05	286,94	287,12	287,08	287,04	287,17	287,14
Potencia Bruta medida en bornes de máquina										
P _{Neta}	281,25	279,46	285,42	285,20	285,15	285,48	285,34	285,37	285,39	285,44
Potencia Neta medido en Alta										
Variables Secundarias										
Nivel	646,468	646,486	646,502	646,515	646,533	646,546	643,367	643,387	646,595	646,611
Altura bruta del nivel de laguna										
Frec	49,98	50,01	49,90	49,90	49,90	49,90	49,90	49,90	49,90	49,90
Velocidad de Rotación- Para estabilidad d										
Verificación de condiciones de estabilidad										
P _{Neta}	1,34%	1,30%	0,10%	0,09%	0,05%	0,08%	0,09%	0,10%	0,11%	0,10%
Potencia Neta medido en Alta										
P _{BRUTA}	1,25%	1,89%	0,05%	0,08%	0,07%	0,07%	0,11%	0,07%	0,04%	0,10%
Potencia Bruta medida en bornes de máquina										
Nivel	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Altura bruta del nivel de laguna										
FP	0,21%	0,37%	0,02%	0,03%	0,28%	0,03%	0,08%	0,05%	0,04%	0,14%
Factor de potencia en bornes de máquina										
Frec	0,15%	0,20%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
Velocidad de Rotación										
¿Se cumplen los criterios para todas las variables?	SI	NO	SI							
Determinación pérdidas totales										
L _{TOTALES}	1,97	1,64	1,90	1,85	1,79	1,64	1,74	1,67	1,79	1,69
Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos (SSAA)										
Correcciones a la Potencia bruta										
L _{FP}	152,10	151,17	180,08	178,05	188,10	225,03	232,55	237,67	231,86	240,88
Diferencia en pérdidas por FP										
P _{Bruta, Corr}	285,06	280,95	287,13	286,87	286,75	286,90	286,85	286,80	286,94	286,90
Potencia Bruta corregida por los factores permitidos en el Anexo Técnico										
Cálculo promedio final										
P _{Bruta, Corr}	285,06	-	287,13	286,87	286,75	286,90	286,85	286,80	286,94	286,90
Valores utilizados para cálculo de promedio final										
P _{Neta, Corr}	281,10	-	285,24	285,02	284,96	285,26	285,11	285,13	285,16	285,20
Selección de los test-run promediables										
P _{MAX, Bruta}	286,47									
Potencia Máxima Bruta										
P _{MAX, Neta}	284,69									
Potencia Máxima Neta										

Tabla 6-17 - Resumen general para la Unidad 2



Períodos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test Run n°	21:30	22:00	22:30	23:00	23:30	0:00	0:30	1:00	1:30	2:00
Hora	ref									
Variables Primarias										
FP1	0,971	0,971	0,981	0,987	0,988	0,990	0,990	0,989	0,986	0,992
P _{Bruta, No Corr}	271,16	270,92	270,99	270,69	270,70	270,47	270,30	270,22	270,03	269,77
P _{Neto, No Corr}	269,39	269,15	269,22	268,92	268,93	268,70	268,53	268,45	268,26	268,00
FP2	0,974	0,974	0,972	0,972	0,971	0,979	0,980	0,979	0,976	0,985
P _{Bruta, No Corr}	274,06	273,97	273,57	273,39	273,24	273,04	273,11	272,80	272,72	272,55
P _{Neto, No Corr}	272,29	272,06	271,68	271,58	271,46	271,36	271,21	270,98	270,98	270,89
Variables Secundarias										
Nivel	647,240	647,163	647,083	647,006	646,932	646,861	646,796	646,721	646,646	646,569
Frec	49,94	49,94	49,94	49,94	49,97	49,94	49,94	49,94	49,94	49,94
Verificación de condiciones de estabilidad										
FP1	0,03%	0,01%	0,65%	0,05%	0,12%	0,18%	0,12%	0,03%	0,08%	0,07%
P _{Bruta, No Corr}	0,13%	0,09%	0,05%	0,10%	0,06%	0,08%	0,15%	0,09%	0,09%	0,10%
P _{Neto, No Corr}	0,13%	0,08%	0,09%	0,08%	0,06%	0,11%	0,14%	0,07%	0,09%	0,10%
FP2	0,03%	0,03%	0,05%	0,01%	0,02%	0,54%	0,20%	0,05%	0,11%	0,08%
P _{Bruta, No Corr}	0,14%	0,09%	0,11%	0,12%	0,10%	0,12%	0,12%	0,09%	0,09%	0,13%
P _{Neto, No Corr}	0,10%	0,14%	0,10%	0,11%	0,12%	0,09%	0,10%	0,09%	0,10%	0,12%
Nivel	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Frec	0,50%	0,01%	0,01%	0,01%	0,06%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%
Estabilidad	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Determinación pérdidas totales										
P _{Bruta, No Corr}	545,22	544,89	544,56	544,08	543,94	543,51	543,41	543,02	542,75	542,31
P _{Neto, No Corr}	541,68	541,21	540,90	540,50	540,38	540,07	539,74	539,43	539,24	538,88
L _{U1}	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77	1,77
L _{U2}	1,77	1,91	1,88	1,81	1,78	1,67	1,90	1,82	1,73	1,66
L _{TOTALES}	3,54	3,68	3,65	3,58	3,55	3,44	3,67	3,59	3,50	3,43
Correcciones a la Potencia bruta										
L _{FP, U1}	120,45	119,97	176,94	210,80	219,22	226,33	226,50	225,25	208,21	241,27
L _{FP, U2}	134,13	134,02	127,31	126,33	122,35	164,47	168,12	167,47	146,25	198,30
Diferencia de kW en la curva de FP (FP_{ens} vs 0,95)										
P _{Bruta, Corr, U1}	271,04	270,80	270,81	270,48	270,48	270,25	270,07	269,99	269,82	269,52
P _{Bruta, Corr, U2}	273,93	273,83	273,44	273,26	273,12	272,87	272,94	272,63	272,57	272,35
Cálculo promedio final										
P _{Bruta, Corr}	544,96	544,64	544,25	543,74	543,59	543,12	543,01	542,62	542,39	541,87
P _{Neto, Corr}	541,43	540,96	540,60	540,16	540,04	539,68	539,34	539,04	538,89	538,44
P _{MAX, Bruta}	543,42									
P _{MAX, Neto}	539,86									

Tabla 6-18 – Resumen general para la central completa



6.8 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 6-19 y en la Tabla 6-20 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 (θ)	Incertidumbre sistémica ($Bx*\theta$)	Incertidumbre aleatoria ($Sx*\theta*ts,v$)
P_{BRUTA}	[kW]	287255,36	1286,511	23	2,069	995,08	268,26	1,010	2078,77	560,40
FP	[-]	0,995	0,001	21	2,080	0,006	0,0002	-5938,45	-70,62	-2,42
U_R									2154,14	[kW]

Tabla 6-19 – 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 (θ)	Incertidumbre sistémica ($Bx*\theta$)	Incertidumbre aleatoria ($Sx*\theta*ts,v$)
P_{BRUTA}	[kW]	287255,36	1286,51	23	2,069	995,08	268,26	0,010	19,95	5,38
FP	[-]	0,995	0,001	21	2,080	0,006	0,0002	-5938,449	-70,62	-2,42
P_{Neta}	[kW]	285485,36	1223,56	24	2,064	988,95	249,758	1,000	2041,19	515,50
U_R									2106,57	[kW]

Tabla 6-20 – Cálculo de incertidumbre para la Potencia Neta corregida de la Unidad 1

En la Tabla 6-21 y en la Tabla 6-22 se presenta el cálculo de incertidumbre para la **Potencia Bruta Corregida** y la **Potencia Neta Corregida** respectivamente para la Unidad 2, 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 (θ)	Incertidumbre sistémica ($Bx*\theta$)	Incertidumbre aleatoria ($Sx*\theta*ts,v$)
P_{BRUTA}	[kW]	286675,38	586,442	22	2,074	1646,82	125,03	1,003	3426,58	260,15
FP	[-]	0,985	0,001	21	2,080	0,006	0,0002	-5936,15	-69,86	-2,54
U_R									3437,16	[kW]

Tabla 6-21 – Cálculo de incertidumbre para la Potencia Bruta corregida de la Unidad 2



Cálculo de incertidumbre - Potencia Neta

Variable	Unidad	Promedio	Desviación estándar	N	ts,v - 95%	Error de medición (Bx)	Error aleatorio (Sx)	Factor de sensibilidad (θ)	Incertidumbre sistémica (Bx* θ)	Incertidumbre aleatoria (Sx* θ *ts,v)
P _{BRUTA}	[kW]	286675,38	586,44	22	2,074	1646,82	125,03	0,003	11,07	0,84
FP	[-]	0,985	0,001	21	2,080	0,006	0,0002	-5936,154	-69,86	-2,54
P _{Neta}	[kW]	284892,46	652,96	22	2,074	986,90	139,212	1,000	2046,82	288,73
U_R									2068,30	[kW]

Tabla 6-22 – Cálculo de incertidumbre para la Potencia Neta corregida de la Unidad 2

En la Tabla 6-23 y en la Tabla 6-24 se presenta el cálculo de incertidumbre para la **Potencia Bruta Corregida** y la **Potencia Neta Corregida** respectivamente para la central completa, 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 (θ)	Incertidumbre sistémica (Bx* θ)	Incertidumbre aleatoria (Sx* θ *ts,v)
P _{BRUTA-U1}	[kW]	270529,43	257,926	22	2,074	937,141	54,990	1,008	1959,28	114,97
FP _{U1}	[-]	0,984	0,0013	25	2,060	0,006	0,0003	-5726,53	-66,68	-3,00
P _{BRUTA-U2}	[kW]	273266,57	300,768	26	2,056	1569,797	58,985	1,084	3491,12	131,44
FP _{U2}	[-]	0,976	0,0006	19	2,093	0,006	0,0001	-5685,01	-65,52	-1,77
U_R									4008,24	[kW]

Tabla 6-23 – Cálculo de incertidumbre para la Potencia Bruta corregida de la central completa

Cálculo de incertidumbre - Potencia Neta

Variable	Unidad	Promedio	Desviación estándar	N	ts,v - 95%	Error de medición (Bx)	Error aleatorio (Sx)	Factor de sensibilidad (θ)	Incertidumbre sistémica (Bx* θ)	Incertidumbre aleatoria (Sx* θ *ts,v)
P _{BRUTA-U1}	[kW]	270529,43	257,926	22	2,074	937,141	54,990	0,008	15,65	0,92
FP _{U1}	[-]	0,984	0,0013	25	2,060	0,006	0,0003	-5726,53	-66,68	-3,00
P _{neta-U1}	[kW]	268759,43	249,362	24	2,064	931,010	50,901	1,00	1921,60	105,06
P _{BRUTA-U2}	[kW]	273266,57	300,768	26	2,056	1569,797	58,985	0,084	270,42	10,16
FP _{U2}	[-]	0,976	0,0006	19	2,093	0,006	0,0001	-5685,01	-66,70	-1,77
P _{neta-U2}	[kW]	271459,39	293,54	27	2,052	940,363	56,491	1,00	1929,62	115,92
U_R									2742,79	[kW]

Tabla 6-24 – Cálculo de incertidumbre para la Potencia Neta corregida de la central completa



6.9 Corrección por cota condición de planta completa

Durante el desarrollo de las pruebas la central completa, las unidades no pudieron operar a plena carga producto de las limitaciones existentes en la cota del embalse Melado.

El valor promedio de cota medida ($Cota_{Med}$) durante la prueba fue de:

$$Cota_{Med} = 646.9 \text{ m. s. n. m}$$

Por lo tanto, la potencia bruta máxima del Central Hidroeléctrica Pehuenche podría ser corregida para el valor de cota de sitio estimado en base a los valores históricos de las cotas del embalse Melado de la Central, el cual ha sido estimado en la sección 9.1.

Según se muestra, se ha determinado que el valor promedio de cota de sitio ($Cota_{sitio}$) es de 648.1 m.s.n.m. Utilizando el análisis presentado en el capítulo 9.2 se estima el valor de **Potencia Máxima Bruta Corregida por cota** que desarrollaría la central para la condición de cota de sitio. El valor determinado es el siguiente:

$$P_{MAX,Bruta,Corr,Cota} = 546.92 \text{ MW}$$



6.9.1 Potencia bruta

A partir del análisis presentado en el capítulo 9.2, el valor de **Potencia Máxima Bruta Corregida por cota** ($P_{MAX,Bruta,Corr,Cota}$) es:

$$P_{MAX,Bruta,Corr,Cota} = 546.92 \text{ MW}$$

6.9.2 Potencia de pérdidas en la central

A Partir de los resultados finales de potencia máxima, el cálculo de la Potencia de Pérdidas en la central se realiza considerando la diferencia entre **Potencia Máxima Bruta Medida** y **Potencia Máxima Neta Medida**, detallados en la Tabla 2-3.

$$L_{Totales,Central} = P_{MAX,Bruta,Med} - P_{MAX,Neta,Med}$$

$$L_{Totales,Central} = 543.7676 \text{ MW} - 540.2037 \text{ MW} = 3.5639 \text{ MW}$$

Este valor de pérdidas totales considera las pérdidas en carga en los transformadores principales de la central, las pérdidas resistivas asociadas al nivel de carga en la condición de ensayo y la potencia asociadas a los consumos internos.

$$L_{Totales,Central} = P_{Perd,carga,Central} + P_{Perd,SSAA} = 3.5639 \text{ MW} \quad (1)$$

Los valores de **Potencia asociadas a los consumos internos** ($P_{Perd,SSAA}$) se consideran como constantes y no dependen del despacho de la central. Estos valores deben ser desglosado en los siguientes valores:

- Consumos asociados a servicios auxiliares (P_{SSAA})
- Pérdidas en los transformadores de servicios auxiliares ($P_{Perd,tr_{SSAA}}$)
- Pérdidas en los transformadores de excitación ($P_{Perd,tr_{Excit.}}$)

En base a lo presentado en la Tabla 6-6, se debe considerar el consumo de potencia de servicios auxiliares estimado en 1271.8 kW. Por otra parte, la potencia de pérdida de cada transformador de servicios auxiliares fue estimada en 37.6 kW mientras que la potencia de pérdida de cada transformador de excitación fue estimada en 24.1 kW.



Por lo tanto, el valor estimado de **Potencia asociadas a los consumos internos** ($P_{Perd,SSAA}$) se puede calcular como:

$$P_{Perd,SSAA} = P_{SSAA} + 2 \cdot P_{Perd,tr_{SSAA}} + 2 \cdot P_{Perd,tr_{Excit}}$$

$$P_{Perd,SSAA} = 1271.8 \text{ kW} + 75.2 \text{ kW} + 48.2 \text{ kW} = 1395.2 \text{ kW}$$

A su vez, el valor de **Potencia de Pérdidas en carga en la central** ($P_{Perd,carga,Central}$) debe ser desglosado en los siguientes elementos:

- Pérdidas en los transformadores principales ($P_{Perd,tr_{ppales}}$)
- Pérdidas en red interna ($P_{Perd,red}$)

$$P_{Perd,carga,Central} = P_{Perd,tr_{ppales}} + P_{Perd,red}$$

La potencia de pérdida en cada transformador fue estimada en 839.4 kW⁶ según lo especificado en la Tabla 4-8, por lo que la potencia total por pérdida en los transformadores principales equivale a:

$$P_{Perd,tr_{ppales}} = 2 \times 839.4 \text{ kW} = 1678.8 \text{ kW}$$

Este valor de pérdidas ($P_{Perd,tr_{ppales}}$) representa aproximadamente un 50% de las pérdidas totales ($L_{Totales,Central}$). Para el caso de la red interna ($P_{Perd,red}$) no se dispone de la información de pérdidas, por lo tanto, considerando la experiencia del Experto técnico, para los fines de cálculo se estimaron las mismas como la diferencia entre las pérdidas totales de la central y la suma de las pérdidas en los transformadores principales y las pérdidas asociadas a los consumos internos, es decir:

$$P_{Perd,red} = L_{Totales,Central} - (P_{Perd,tr_{ppales}} + P_{Perd,SSAA})$$

$$P_{Perd,red} = 3.5639 \text{ MW} - (1678.8 \text{ kW} + 1395.2 \text{ kW}) = 489.9 \text{ kW}$$

A partir de lo anterior, se determina el valor de **Potencia de Pérdidas en carga en la central** ($P_{Perd,carga,Central}$):

⁶ Fuente: <https://infotecnica.coordinador.cl/>



$$P_{Perd,carga,Central} = P_{Perd,trppales} + P_{Perd,red}$$

$$P_{Perd,carga,Central} = 1678.8 \text{ kW} + 489.9 \text{ kW} = 2168.7 \text{ kW}$$

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

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

$$P_{Perd,carga,Central,Corr} = 2168.7 \text{ kW} \times \left(\frac{546.92 \text{ MW}}{543.42 \text{ MW}} \right)^2 = 2196.7 \text{ kW}$$

Entonces el valor total de **Pérdidas en la central corregida** ($L_{Totales,Central,Corr}$) queda determinado por la siguiente expresión.

$$L_{Totales,Central,Corr} = P_{Perd,carga,Central,Corr} + P_{tr,SSAA}$$

$$L_{Totales,Central,Corr} = 2196.7 \text{ kW} + 1395.2 \text{ kW} = 3591.9 \text{ kW}$$



En la Tabla 6-25 se realiza un desglose de cada una de las pérdidas y consumos propios para la condición de central completa teniendo en consideración la corrección por cota realizada.

Consumos	Potencia estimada
<i>Consumos de SSAA</i>	<i>1271.8 kW</i>
<i>Pérdidas en transformadores principales</i>	<i>1678.8 kW</i>
<i>Pérdidas en transformadores de SSAA</i>	<i>75.2 kW</i>
<i>Pérdidas en transformadores de excitación</i>	<i>48.2 kW</i>
<i>Pérdidas en la red interna</i>	<i>517.9 kW</i>
Total	3591.9 kW

Tabla 6-25 - Valores de pérdidas y consumos propios (Corrección por cota)



6.9.3 Potencia Neta

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

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

$$P_{MAX,Neta,Corr,Cota} = 546.92 \text{ MW} - 3.5919 \text{ MW} = 543.33 \text{ MW}$$

6.9.4 Resultados

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

Resumen de resultados CH Pehuenche - Central completa (Corrección por cota)		
Potencia Máxima	Bruta Corregida [MW]	546,92
	Neta Corregida [MW]	543,33
Pérdidas y consumos internos	Consumos de SSAA [kW]	1271,80
	Pérdidas en transformares principales [kW]	1678,80
	Pérdidas en transformadores de SS.AA. [kW]	75,20
	Pérdidas en transformadores de excitación [kW]	48,20
	Pérdidas en la red interna [kW]	517.9
	Pérdidas totales [kW]	3591.9

Tabla 6-26 – Resumen resultados – Central Completa (Corrección por cota)



7 CONCLUSIONES

Se realizaron con éxito las pruebas de Potencia Máxima de la Unidad 1, la Unidad 2 y de la central completa para la Central Hidroeléctrica Pehuenche.

Cada unidad fue capaz de sostener en forma estable la potencia en sus bornes de salida por un período de tiempo superior a las 5 horas.

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

Resumen de resultados CH Pehuenche - Unidad 1		
Potencia Máxima	Bruta Medida [MW]	287,2554
	Bruta Corregida [MW]	286,9862
	Neta Medida [MW]	285,4854
	Neta Corregida [MW]	285,2162
Pérdidas y consumos internos	Consumos de SSAA [kW]	635,90
	Pérdidas en transformador principal [kW]	839,40
	Pérdidas en transformador de SS.AA. [kW]	37,60
	Pérdidas en transformador de excitación [kW]	24,10
	Pérdidas en la red interna [kW]	233,00
	Pérdidas totales [kW]	1770,00

Tabla 7-1 – Resumen resultados – Unidad 1

Resumen de resultados CH Pehuenche - Unidad 2		
Potencia Máxima	Bruta Medida [MW]	286,1177
	Bruta Corregida [MW]	286,4680
	Neta Medida [MW]	284,3488
	Neta Corregida [MW]	284,6851
Pérdidas y consumos internos	Consumos de SSAA [kW]	635,90
	Pérdidas en transformador principal [kW]	839,40
	Pérdidas en transformador de SS.AA. [kW]	37,60
	Pérdidas en transformador de excitación [kW]	24,10
	Pérdidas en la red interna [kW]	231,80
	Pérdidas totales [kW]	1768,80

Tabla 7-2 – Resumen resultados – Unidad 2



Resumen de resultados CH Pehuenche - Central completa		
Potencia Máxima	Bruta Medida [MW]	543,7676
	Bruta Corregida [MW]	543,4213
	Neta Medida [MW]	540,2037
	Neta Corregida [MW]	539,8574
Pérdidas y consumos internos	Consumos de SSAA [kW]	1271,80
	Pérdidas en transformares principales [kW]	1678,80
	Pérdidas en transformadores de SS.AA. [kW]	75,20
	Pérdidas en transformadores de excitación [kW]	48,20
	Pérdidas en la red interna [kW]	489,90
	Pérdidas totales [kW]	3563,90

Tabla 7-3 – Resumen resultados – Central completa

Resumen de resultados CH Pehuenche - Central completa (Corrección por cota)		
Potencia Máxima	Bruta Corregida [MW]	546,92
	Neta Corregida [MW]	543,33
Pérdidas y consumos internos	Consumos de SSAA [kW]	1271,80
	Pérdidas en transformares principales [kW]	1678,80
	Pérdidas en transformadores de SS.AA. [kW]	75,20
	Pérdidas en transformadores de excitación [kW]	48,20
	Pérdidas en la red interna [kW]	517.9
	Pérdidas totales [kW]	3591.9

Tabla 7-4 – Resumen resultados – Central Completa (Corrección por cota)



8 NORMATIVA

- Anexo Técnico: “Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras”.
- Norma Internacional IEC 60041
- Norma ASME PTC 19.1 “Test Uncertainty”



9 ANEXOS

9.1 Registro histórico de cota

En la presente sección se muestra la estimación de la cota de sitio para el Central Hidroeléctrica Pehuenche en base a los valores históricos de las cotas del embalse Melado. Se busca determinar las condiciones de sitio que representan el escenario diario más favorable para la producción de potencia activa de la planta en el período de un año.

En la siguiente figura se presenta el registro histórico de cotas en el periodo 2002-2021:

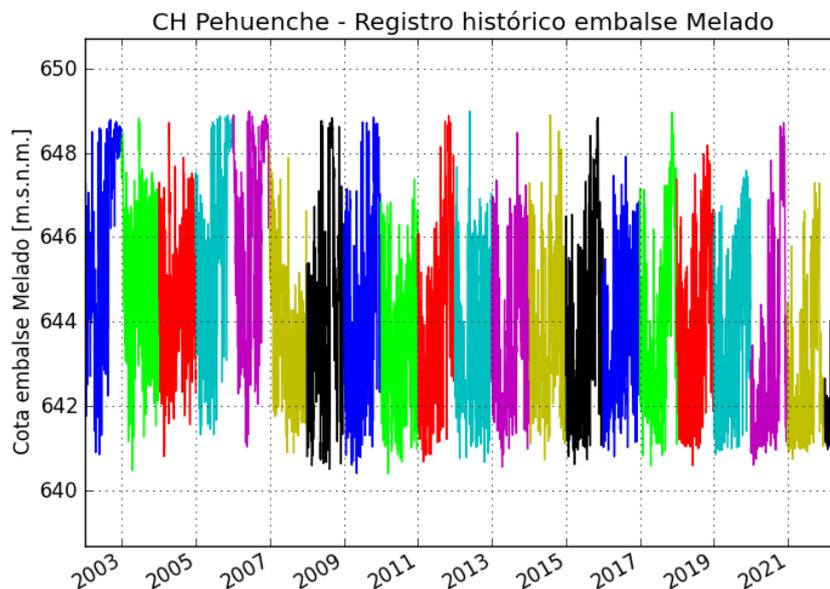


Figura 9-1 – Registro histórico de cotas (2002-2021)

Para la determinación del valor de cota máxima en cada periodo anual se consideraron los valores de cota registrados durante los meses de octubre a diciembre, considerando este período como de avenida. A partir de lo anterior, en la siguiente figura se presentan los valores de cota máximos obtenidos para cada año.

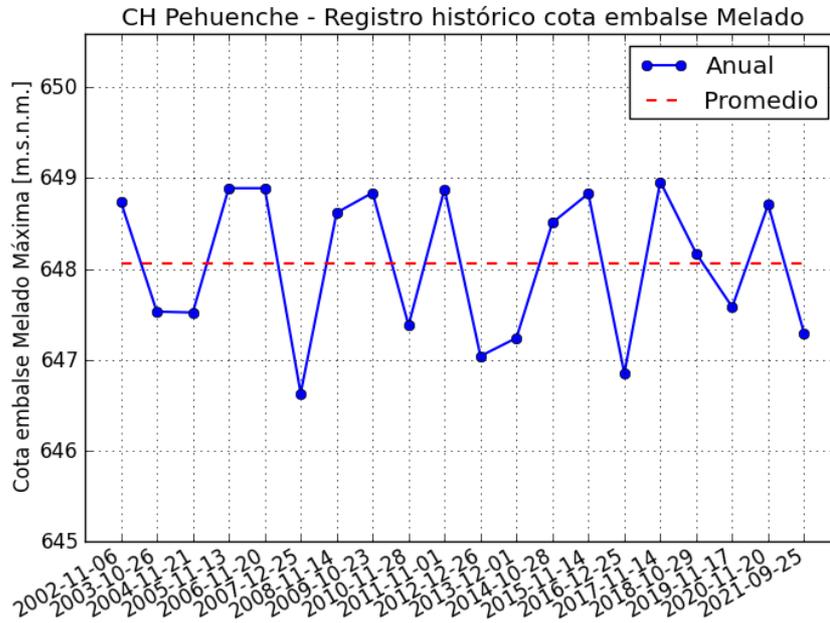


Figura 9-2 – Cota máxima por año (2002 - 2021)

Como puede observarse, el valor promedio de cota es de 648.1 m.s.n.m., considerando el período completo 2002-2021. Por lo tanto, para la estimación de la cota de sitio solo se considera este valor promedio.



9.2 Característica potencia máxima vs cota embalse Melado

A partir de los datos presentados en los antecedentes “P vs Hn 1 unidad”, “P vs Hn 2 unidades” y “Diagrama Colinar” se busca estimar el valor de potencia máxima que desarrollaría la central para el valor de cota de sitio.

Los documentos “P vs Hn 1 unidad” y “P vs Hn 2 unidades” presentan tablas, para una turbina y dos turbinas en servicio, respectivamente, donde se tabula la cota de agua en embalse Melado versus la potencia de generación y con ello se determina la altura neta.

Además, el documento “P vs Hn 1 unidad” muestra el gráfico “Altura neta vs Potencia”, presentado en la Figura 9-3, donde se observan los rangos garantizados de operación de las unidades (alturas netas entre 183.5 m a 201.5 m y potencias entre 100 MW a unos 570 MW). A partir de los 275 MW aproximadamente los datos se corresponden para las 2 unidades.

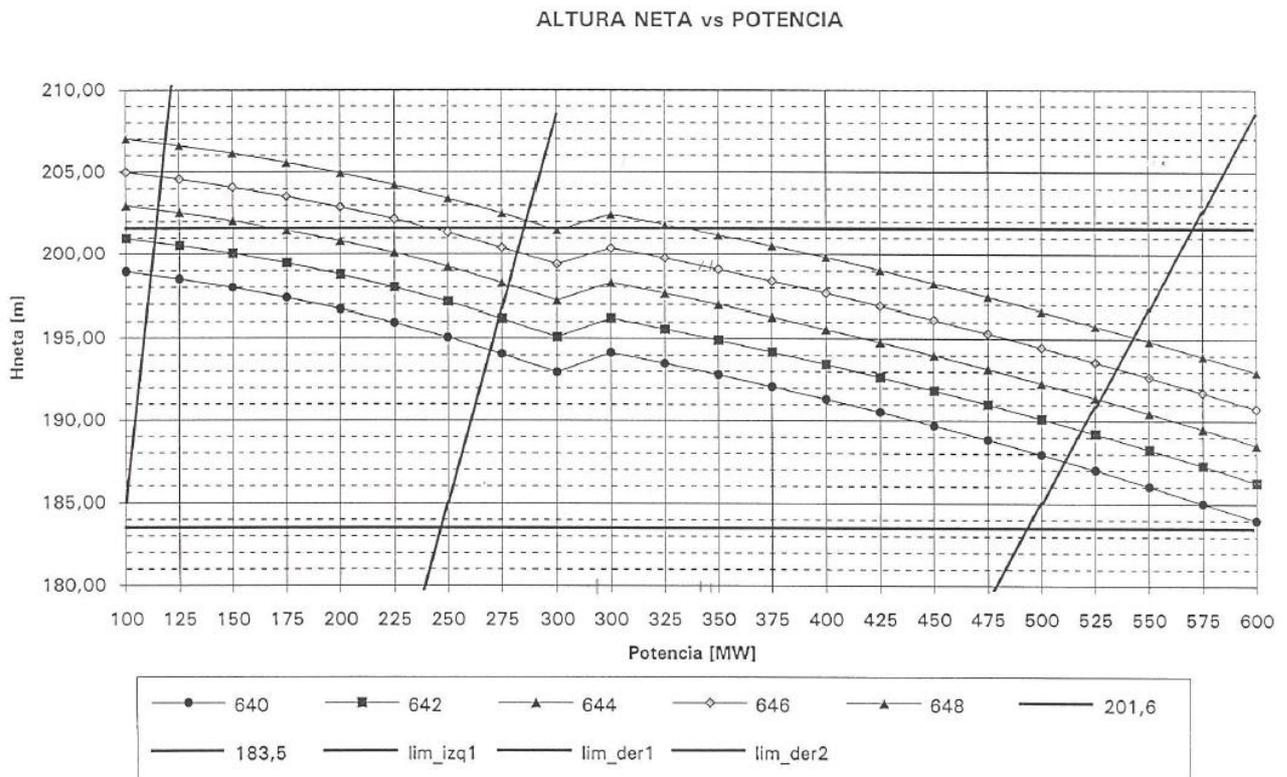


Figura 9-3 – Gráfico Altura Neta vs Potencia - CH Pehuenche



9.2.1 Determinación de la altura neta durante la prueba

A partir de los resultados presentados en la Tabla 2-3, la **Potencia Máxima Bruta Corregida** ($P_{MAX,Bruta,Corr}$) es igual a 543.42 MW

$$P_{MAX,Bruta,Corr} = 543.42 \text{ MW}$$

Considerando una eficiencia del generador del 98%, la potencia en eje de las turbinas ($P_{Turb,(U1+U2)}$) es igual a:

$$P_{Turb,(U1+U2)} = \frac{P_{MAX,Bruta,Corr}}{0.98} = 554.51 \text{ MW} \quad (1)$$

Con este valor, cada turbina estaría generando:

$$P_{Turb,Unidad} = \frac{P_{Turb,(U1+U2)}}{2} = 277.26 \text{ MW} \quad (2)$$

Por otro lado, se tiene que el valor promedio de cota medida ($Cota_{Med}$) durante la prueba fue de 646.9 msnm.

En base a las tablas presentadas en el documento “P vs Hn 2 unidades”, Figura 9-4, las cotas de operación del embalse más cercana al valor de cota medida (646.9 msnm) son las correspondientes a las cotas 646.8 msnm y 647.0 msnm.



	645,2	645,4	645,6	645,8	646,0	646,2	646,4	646,6	646,8	647,0	647,2	647,4	647,6
500	193,61	193,83	194,05	194,26	194,48	194,70	194,92	195,13	195,35	195,57	195,78	196,00	196,22
502	193,54	193,76	193,98	194,2	194,41	194,63	194,85	195,06	195,28	195,5	195,72	195,93	196,15
504	193,47	193,69	193,91	194,13	194,34	194,56	194,78	194,99	195,21	195,43	195,65	195,86	196,08
506	193,4	193,62	193,84	194,06	194,27	194,49	194,71	194,93	195,14	195,36	195,58	195,79	196,01
508	193,33	193,55	193,77	193,98	194,2	194,42	194,64	194,86	195,07	195,29	195,51	195,73	195,94
510	193,26	193,48	193,7	193,91	194,13	194,35	194,57	194,79	195	195,22	195,44	195,66	195,87
512	193,19	193,41	193,63	193,84	194,06	194,28	194,5	194,72	194,93	195,15	195,37	195,59	195,8
514	193,12	193,34	193,55	193,77	193,99	194,21	194,43	194,64	194,86	195,08	195,3	195,52	195,73
516	193,05	193,26	193,48	193,7	193,92	194,14	194,36	194,57	194,79	195,01	195,23	195,45	195,66
518	192,97	193,19	193,41	193,63	193,85	194,07	194,29	194,5	194,72	194,94	195,16	195,38	195,59
520	192,9	193,12	193,34	193,56	193,78	194	194,21	194,43	194,65	194,87	195,09	195,31	195,52
522	192,83	193,05	193,27	193,49	193,71	193,92	194,14	194,36	194,58	194,8	195,02	195,23	195,45
524	192,76	192,98	193,2	193,42	193,63	193,85	194,07	194,29	194,51	194,73	194,95	195,16	195,38
526	192,69	192,9	193,12	193,34	193,56	193,78	194	194,22	194,44	194,66	194,87	195,09	195,31
528	192,61	192,83	193,05	193,27	193,49	193,71	193,93	194,15	194,37	194,58	194,8	195,02	195,24
530	192,54	192,76	192,98	193,2	193,42	193,64	193,86	194,07	194,29	194,51	194,73	194,95	195,17
532	XXXXX	192,69	192,91	193,13	193,34	193,56	193,78	194	194,22	194,44	194,66	194,88	195,1
534	XXXXX	XXXXX	XXXXX	193,05	193,27	193,49	193,71	193,93	194,15	194,37	194,59	194,81	195,02
536	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX	XXXXX	193,64	193,86	194,08	194,3	194,51	194,73	194,95
538	XXXXX	194	194,22	194,44	194,66	194,88							
540	XXXXX	194,59	194,81										
542	XXXXX												
544	XXXXX												
546	XXXXX												
548	XXXXX												
550	XXXXX												
552	XXXXX												
554	XXXXX												
556	XXXXX												
558	XXXXX												
560	XXXXX												
562	XXXXX												
564	XXXXX												
566	XXXXX												
568	XXXXX												
570	XXXXX												
572	XXXXX												
574	XXXXX												
576	XXXXX												
578	XXXXX												
580	XXXXX												

Figura 9-4 – Tablas "Altura neta vs Potencia" para dos unidades en servicio

A pesar de que el punto de operación se encuentra fuera del rango tabulado, cota de sitio 646.9 msnm y potencia en eje de turbinas de 554.51 MW, esto no implica que la central no pueda operar en esos rangos

Para obtener los valores de altura neta asociada al valor de cota medida de 646.9 msnm se procede a calcular el promedio de las alturas netas correspondientes a las cotas 646.8 msnm y 647.0 msnm. Los valores se presentan en la siguiente tabla:



Potencia (MW)	Cota Melado 646.8	Cota Melado 646.9	Cota Melado 647.0
500	195,35	195,46	195,57
502	195,28	195,39	195,50
504	195,21	195,32	195,43
506	195,14	195,25	195,36
508	195,07	195,18	195,29
510	195,00	195,11	195,22
512	194,93	195,04	195,15
514	194,86	194,97	195,08
516	194,79	194,90	195,01
518	194,72	194,83	194,94
520	194,65	194,76	194,87
522	194,58	194,69	194,80
524	194,51	194,62	194,73
526	194,44	194,55	194,66
528	194,37	194,48	194,58
530	194,29	194,40	194,51
532	194,22	194,33	194,44
534	194,15	194,26	194,37
536	194,08	194,19	194,30
538	194,00	194,11	194,22

Tabla 9-1 – Tablas "Altura neta vs Potencia" – Cotas 646.8/646.9/647.0 msnm

De la tabla anterior, con los valores de altura neta calculados para la cota medida de 646.9 msnm, se grafica la curva de "altura neta vs potencia en eje de turbinas".

Para estimar la altura neta para las condiciones de cota 646.9 msnm y potencia en eje de turbinas de 554.51 MW, se determina la función polinómica que mejor aproxima a la curva representada.

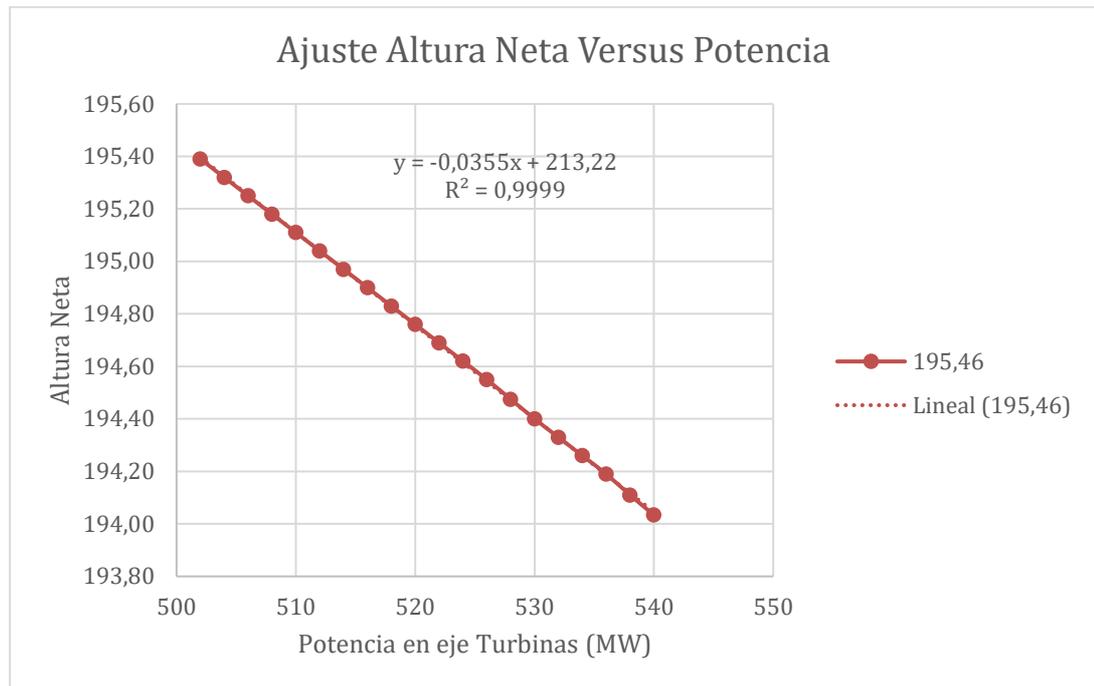


Figura 9-5 – Altura neta vs potencia en eje de turbinas (Cota 646.9 msnm)

Como puede observarse, la altura neta en función de la potencia en eje de turbinas puede ser estimada a partir de la siguiente función polinómica:

$$A_{NETA(x)} = -0.0354x + 213.15$$

Considerando el valor de potencia en eje de turbinas de 554.51 MW determinado en (1), podemos estimar el valor de la altura neta durante la prueba con la siguiente expresión:

$$A_{NETA,Prueba} = -0.0354 \frac{m}{MW} \cdot (554.51 MW) + 213.15 m = 193.52 m \quad (3)$$

9.2.2 Determinación del caudal y eficiencia de las turbinas

Para determinar el caudal y la eficiencia de operación de las turbinas, se utiliza el diagrama colinar de las unidades detallado en la Figura 9-6. Gráficamente se interpola la curva de la potencia generada por una turbina (277.26 MW), determinado en (2), con el valor estimado de altura neta $A_{NETA,Prueba}$ de 193.52 m.

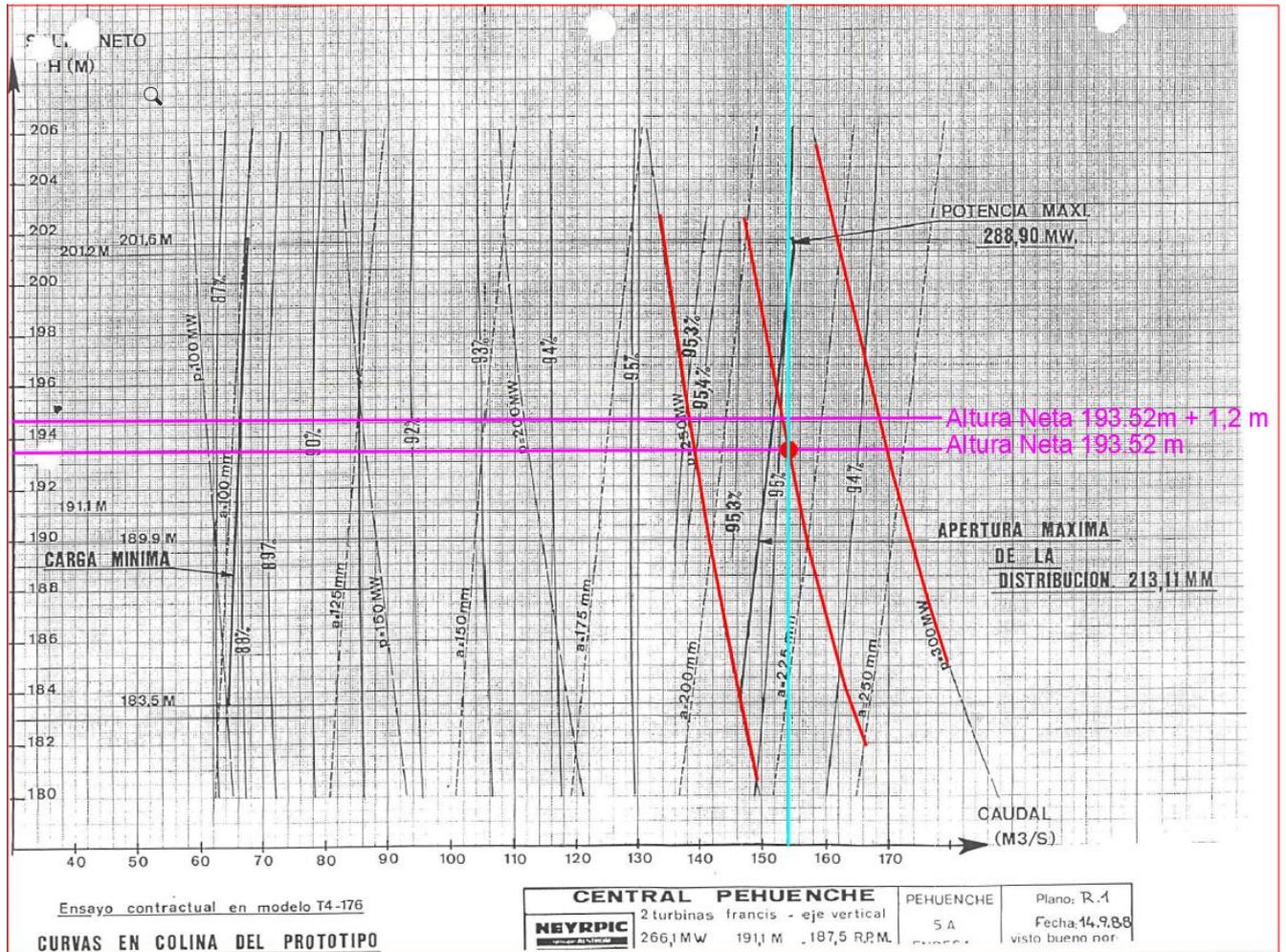


Figura 9-6 - Diagrama Colinar

De la interpolación se tiene para cada unidad los siguientes valores de eficiencia y caudal de operación:

$$Eficiencia_{Unidad} = 94.9\%$$

$$Q_{Unidad} = 154.09 \frac{m^3}{s}, \quad Q_{Total,Central} = 2xQ_{Unidad} = 308.2 \frac{m^3}{s}$$

El valor indicado de caudal total ($Q_{Total,Central}$) corresponde a un caudal estimado, el cual considera los caudales afluentes más los aportes del volumen embalsado.



9.2.3 Determinación de la potencia máxima de la central en función de la cota de sitio

Según se muestra en el capítulo 9.1, se ha determinado que el valor promedio de cota de sitio ($Cota_{sitio}$) es de 648.1 m.s.n.m

Como las pérdidas dependen del caudal y ese caudal sería constante, a la altura neta determinada en (3) ($A_{NETA,Prueba}$) se le puede sumar la diferencia de altura que se lograría con el embalse a una cota mayor, dado por: $648.1 - 646.9 = 1.2$ m

Considerando una cota del embalse de 648.1 msnm, la altura neta sería 1.2 m más alta que lo que se desprende de la prueba. El caudal se mantiene constante, ya que el aumento de altura de generación es despreciable frente a los 193.52 m de altura neta.

Este valor de altura neta se lo denomina altura neta para la cota de sitio ($A_{NETA,CSitio}$) y es igual a 194.72 m.

En el Diagrama Colinar de la Figura 9-6 se representa gráficamente en forma aproximada lo señalado, obteniéndose un valor de potencia generada por turbina para la condición de cota de sitio de 279.04 MW

$$P_{Turb,CSitio,Unidad} = 279.04 \text{ MW}$$

Con este valor, la potencia en eje de las turbinas para la condición de cota de sitio $P_{Turb,CSitio(U1+U2)}$ es igual a:

$$P_{Turb,CSitio(U1+U2)} = 2 \times P_{Turb,CSitio,Unidad} = 558.08 \text{ MW}$$

Por lo tanto, manteniendo la eficiencia del generador en 98%, la **Potencia Máxima Bruta Corregida por cota** ($P_{MAX,Bruta,Corr,Cota}$) para la condición de sitio es estimada de la siguiente manera:

$$P_{MAX,Bruta,Corr,Cota} = P_{Turb,CSitio(U1+U2)} \times 0.98 = 546.92 \text{ MW}$$



9.3 Características Turbina y Generador

I.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL GENERADOR

I.1.1 Características nominales

- Potencia aparente nominal : 290 000 kVA
- Factor de potencia : 0.95
- Frecuencia : 50 Hz
- Tensión nominal : 13.8 kV
- Intensidad nominal : 12 133 Amperios
- Velocidad nominal : 187,5 rpm
- Velocidad de embalamiento máxima : 375 rpm
- MD2 : 218 000 KNm²
- Valor de excitación en carga nominal, bajo tensión nominal y $\cos \phi = 0.95$: 2 500 A bajo 210 V

El sentido de rotación del grupo es contrario al de las manecillas de un reloj para un observador situado por encima del grupo.

I.1.2 Valores calculados

I.1.2.1 Temperaturas

Las temperaturas se definen considerando la temperatura del agua de refrigeración a la entrada de los refrigerantes de 20°C.

La medición de las temperaturas se hace :

- por sondas entre las barras para el arrollamiento del estator
- por medidas de resistencia para las bobinas del rotor.

Regímenes de funcionamiento	Calentamiento	
	Enrollamiento estator	Enrollamiento rotor
Cos $\phi = 0.95$ - 290 MVA Tensión 13.8 kV ± 5 % Con 1 refrigerante fuera de servicio	75°C	75°C

I.1.2.2 Resistencias - Reactancias - Constantes de tiempo (base 290 MVA)

- Resistencia del inducido calculado a 75°C por fase : 0.00137 ohm
- Resistencia del inductor calculada a 75°C : 0.07505 ohm
- Reactancia sincrónica longitudinal (no saturada) : $X_d = 1.152$ pu
- Reactancia sincrónica transversal (no saturada) : $X_q = 0.703$ pu
- Reactancia transitoria directa (no saturada) : $X'd = 0.328$ pu

Figura 9-7 - Hoja de datos del generador



- Reactancia subtransitoria directa : $X''d = 0.215 \text{ pu}$
- Reactancia subtransitoria transversal : $X''q = 0.243 \text{ pu}$
- Relación de cortocircuito : 1.007 pu
- Constante de tiempo de los inductores siguiendo el eje directo, inducido en cortocircuito ($T'd$) : 2.88 sec.
- Constante de tiempo de los inductores siguiendo el eje directo, inducido abierto ($T'do$) : 10.12 sec.

1.1.2.3 Rendimientos

Rendimientos garantizados a tensión nominal a 263 MVA y sin incluir las pérdidas pivote-chumacera combinado.

Carga	1	0.9	0.8	0.6
$\text{Cos } \phi = 0.95$	98.73	98.69	98.63	98.41

Figura 9-8 – Hoja de datos del generador (continuación)

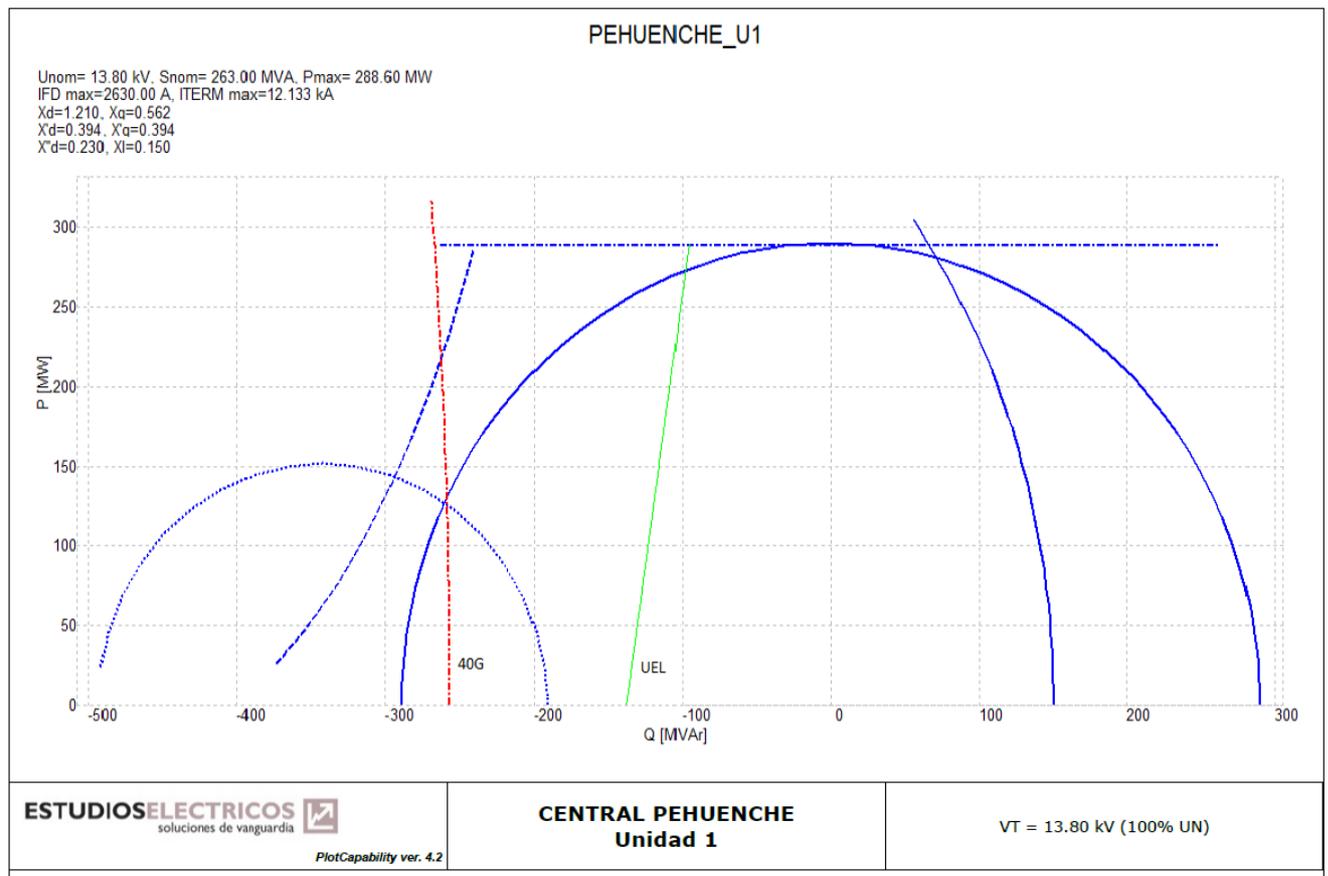


Figura 9-9 – Curva de Capacidad



9.4 Puntos de medición

9.4.1 Potencia bruta

Para la medición de potencia bruta se utilizó el medidor ION 7650, que el Coordinado tiene en sus instalaciones. En el siguiente unilineal general se pueden identificar los puntos de medición de la potencia bruta, los cuales son análogos para todas las unidades. La relación de transformación del TTCC es 12000/1 A y la relación del TTPP es de 14400/120 V.

En el siguiente unilineal general se pueden identificar los puntos de medición de la potencia bruta, los cuales son análogos para todas las unidades.

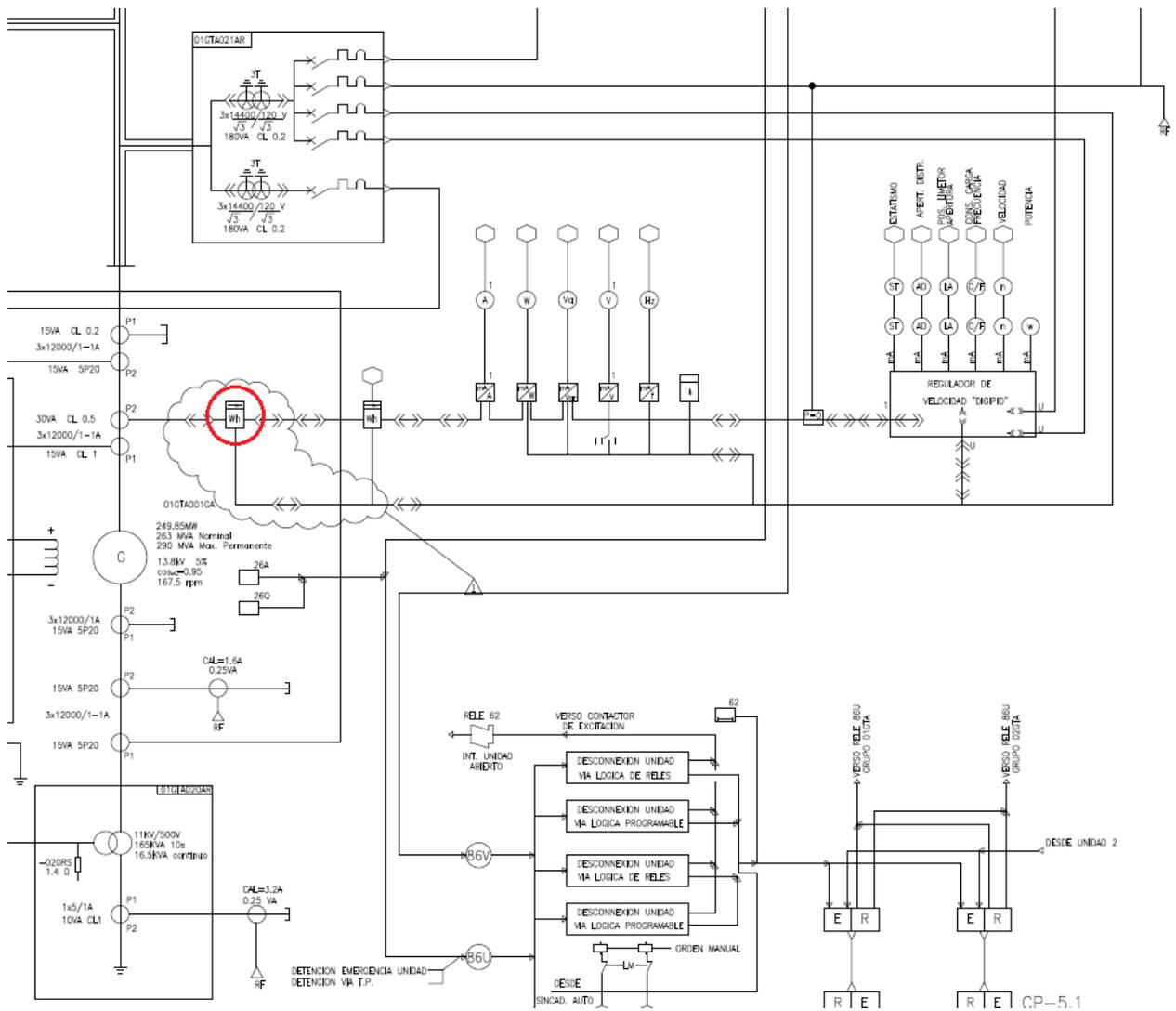


Figura 9-10 – Unilineal para la medición de Potencia Bruta y Factor de Potencia



En el siguiente multifilar se identifican los puntos de medición de corriente y tensión:

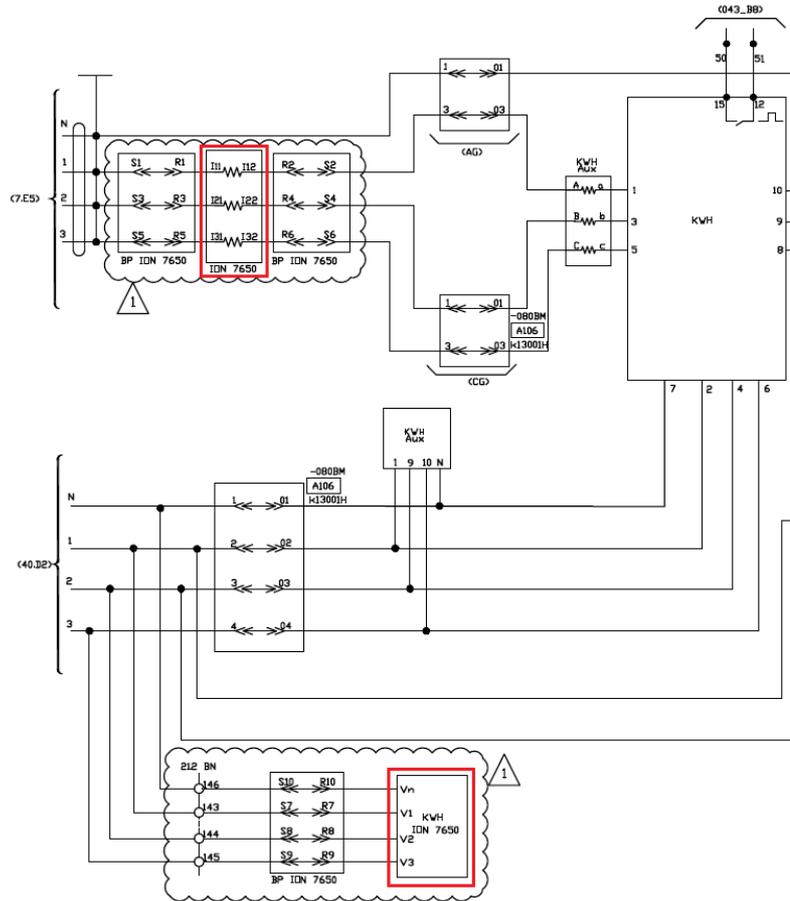


Figura 9-11 – Puntos de medición de corriente y tensión para la medición de Potencia Bruta y Factor de Potencia

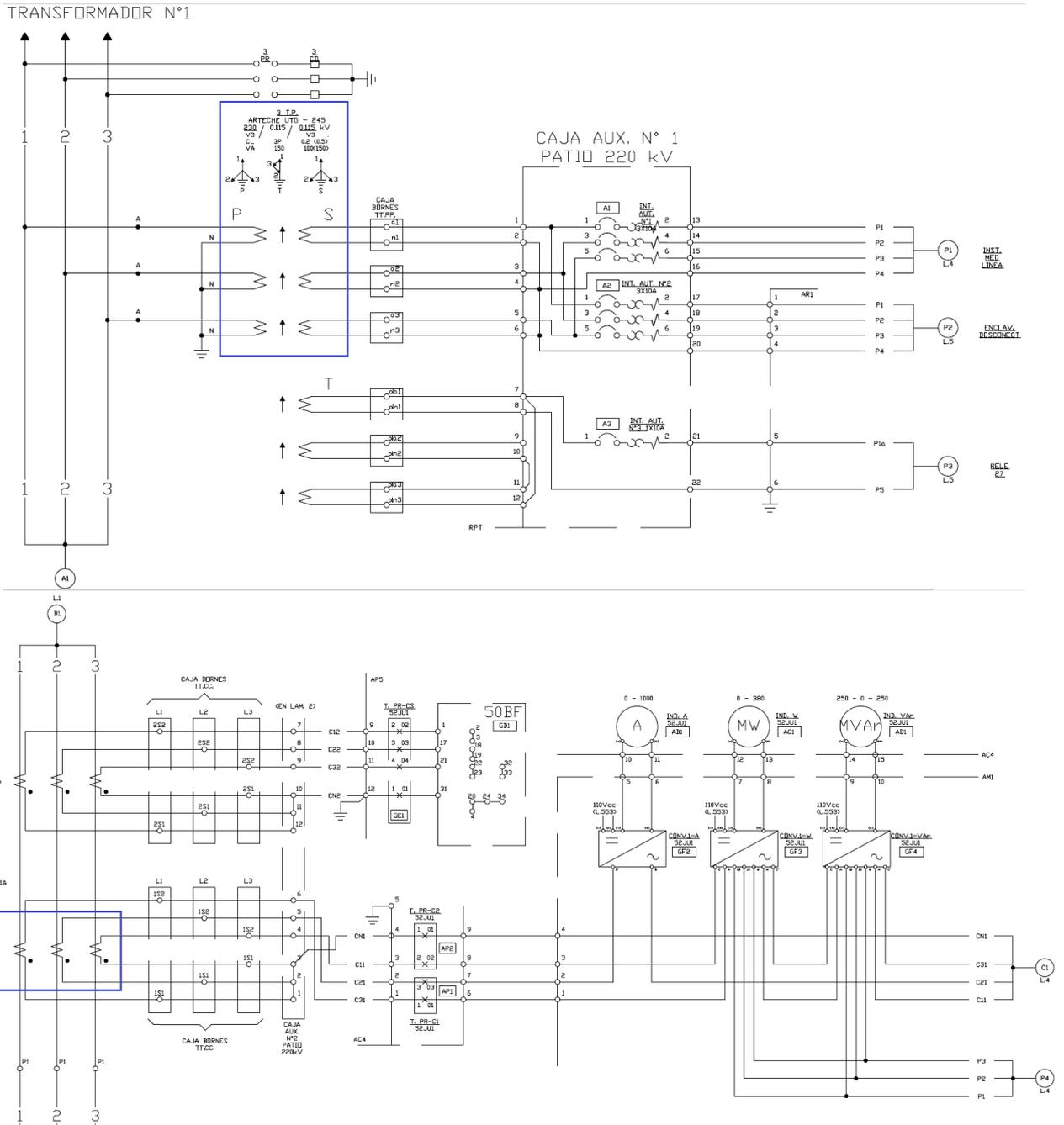


Figura 9-13 - Puntos de medición de corriente y tensión para la medición de potencia neta



9.5 Certificados de calibración de instrumentos de medición

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

9.5.1 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. El registro de datos se ha realizado con una tasa de muestreo de 1 muestra por segundo y se ha entregado en formato csv.

A continuación, se incluyen los certificados de calibración.



FT-LAB-7.8c



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

FOLIO: 38451

ANTECEDENTES DEL CLIENTE							
Nº / Fecha de Solicitud	: OC 4500343161						
Fecha Calibración	: 26.10.2021						
Medidor	: ION 7650						
Cliente	: Enel Chile S.A.						
Instalación	: Unidad 1						
Subestación	: Centra Pehuenche						

ANTECEDENTES DEL MEDIDOR							
Marca	: Schneider Electric						
Modelo	: P7650A0E0B50A0E						
Nº de Serie	: PJ-1205A161-03						
Estado	: En Servicio						
Año Fabricación	: 2012						
Clase Exactitud (%)	: 0,2						
Constante Med.	: 1						

PATRON DE CALIBRACIÓN							
Marca	: MTE						
Modelo	: PTS 3.3C						
Nº Serie	: 50458						
Clase de Exactitud	: 0,05						
Trazabilidad	: Laboratorio Tecnored						

CONDICIONES DE MEDIDA							
Lugar de Calibración	: Centra Pehuenche						
Tipo de Medida	: WESTRELLA/ACTIVO						
Tensión Aplicada	: 63,5 (V)						
Corriente Nominal	: 1 (A)						
Nº de Elementos	: 3						
Método Calibración	: Comparación Directa						
Frecuencia (Hz)	: 50 (HZ)						
Temperatura (C°)	: 21,5						
Humedad (%)	: 43,5						
Calibrador	: O. Vergara - I.Llanos						

RESULTADOS DE LA COMPONENTE ACTIVA							
N	Fase	Cte.%	Factor	Componente Activa Directa		Componente Activa Reversa	
				Error (%)	Límite Norma (%)	Error (%)	Límite Norma (%)
1	123	100	1	-0,017	± 0,2	-0,022	± 0,2
2	123	100	0,5	-0,005	± 0,3	-0,005	± 0,3
3	123	10	1	-0,028	± 0,2	-0,024	± 0,2
4	123	10	0,5	-0,019	± 0,3	-0,019	± 0,3
5	1	100	1	0,004	± 0,3	0,009	± 0,3
6	2	100	1	-0,045	± 0,3	-0,043	± 0,3
7	3	100	1	-0,022	± 0,3	-0,011	± 0,3
8	1	100	0,5	0,009	± 0,4	0,016	± 0,4
9	2	100	0,5	-0,027	± 0,4	-0,028	± 0,4
10	3	100	0,5	-0,005	± 0,4	0,000	± 0,4

RESULTADOS DE LA COMPONENTE REACTIVA							
N	Fase	Cte.%	Factor	Componente Reactiva Directa		Componente Reactiva Reversa	
				Error (%)	Límite Norma (%)	Error (%)	Límite Norma (%)
1	123	100	1	-0,024	± 2,0	-0,025	± 2,0
2	123	100	0,5	-0,016	± 2,0	-0,016	± 2,0
3	123	10	1	-0,036	± 2,0	-0,036	± 2,0
4	123	10	0,5	-0,027	± 2,0	-0,021	± 2,0
5	1	100	1	0,026	± 3,0	0,026	± 3,0
6	2	100	1	-0,080	± 3,0	-0,078	± 3,0
7	3	100	1	-0,032	± 3,0	-0,037	± 3,0
8	1	100	0,5	0,046	± 3,0	0,044	± 3,0
9	2	100	0,5	-0,031	± 3,0	-0,039	± 3,0
10	3	100	0,5	-0,045	± 3,0	-0,056	± 3,0

OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

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.



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 9-14 – Certificado de calibración de medidor de Potencia Bruta para la Unidad 1



FT-LAB-7.8c



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

FOLIO: 38453

ANTECEDENTES DEL CLIENTE			
Nº / Fecha de Solicitud	: OC 4500343161		
Fecha Calibración	: 26.10.2021		
Medidor	: ION 7650		
Cliente	: Enel Chile S.A.		
Instalación	: Unidad 2		
Subestación	: Central Pehuenche		

ANTECEDENTES DEL MEDIDOR			
Marca	: Schneider Electric		
Modelo	: P7650A0E0B50A0E		
Nº de Serie	: PJ-1205A488-03		
Estado	: En Servicio		
Año Fabricación	: 2012		
Clase Exactitud (%)	: 0,2		
Constante Med.	: 1		

PATRON DE CALIBRACIÓN			
Marca	: MTE		
Modelo	: PTS 3.3C		
Nº Serie	: 50458		
Clase de Exactitud	: 0,05		
Trazabilidad	: Laboratorio Tecnored		

CONDICIONES DE MEDIDA			
Lugar de Calibración	: Central Pehuenche		
Tipo de Medida	: WESTRELLA/ACTIVO		
Tensión Aplicada	: 63,5	(V)	
Corriente Nominal	: 1	(A)	
Nº de Elementos	: 3		
Método Calibración	: Comparación Directa		
Frecuencia (Hz)	: 50	(HZ)	
Temperatura (C°)	: 21,5		
Humedad (%)	: 43,5		
Calibrador	: O. Vergara - I.Llanos		

RESULTADOS DE LA COMPONENTE ACTIVA							
N	Fase	Cte.%	Factor	Componente Activa Directa		Componente Activa Reversa	
				Error (%)	Límite Norma (%)	Error (%)	Límite Norma (%)
1	123	100	1	-0,017	± 0,2	-0,022	± 0,2
2	123	100	0,5	-0,005	± 0,3	-0,005	± 0,3
3	123	10	1	-0,028	± 0,2	-0,024	± 0,2
4	123	10	0,5	-0,019	± 0,3	-0,019	± 0,3
5	1	100	1	0,004	± 0,3	0,009	± 0,3
6	2	100	1	-0,045	± 0,3	-0,043	± 0,3
7	3	100	1	-0,022	± 0,3	-0,011	± 0,3
8	1	100	0,5	0,009	± 0,4	0,016	± 0,4
9	2	100	0,5	-0,027	± 0,4	-0,028	± 0,4
10	3	100	0,5	-0,005	± 0,4	0,000	± 0,4

RESULTADOS DE LA COMPONENTE REACTIVA							
N	Fase	Cte.%	Factor	Componente Reactiva Directa		Componente Reactiva Reversa	
				Error (%)	Límite Norma (%)	Error (%)	Límite Norma (%)
1	123	100	1	-0,024	± 2,0	-0,025	± 2,0
2	123	100	0,5	-0,016	± 2,0	-0,016	± 2,0
3	123	10	1	-0,036	± 2,0	-0,036	± 2,0
4	123	10	0,5	-0,027	± 2,0	-0,021	± 2,0
5	1	100	1	0,026	± 3,0	0,026	± 3,0
6	2	100	1	-0,080	± 3,0	-0,078	± 3,0
7	3	100	1	-0,032	± 3,0	-0,037	± 3,0
8	1	100	0,5	0,046	± 3,0	0,044	± 3,0
9	2	100	0,5	-0,031	± 3,0	-0,039	± 3,0
10	3	100	0,5	-0,045	± 3,0	-0,056	± 3,0

OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

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.


 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 9-15 – Certificado de calibración de medidor de Potencia Bruta para la Unidad 2



9.5.2 Potencia neta

Se ha utilizado el medidor que el Coordinado tiene dentro de la SE Pehuenche. 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 segundo y se ha entregado en formato csv.

A continuación, se incluyen los certificados de calibración.



FT-LAB-7.8c



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

FOLIO: 38452

ANTECEDENTES DEL CLIENTE			
Nº / Fecha de Solicitud	: OC 4500343161		
Fecha Calibración	: 26.10.2021		
Medidor	: ION 7650		
Cliente	: Enel Chile S.A.		
Instalación	: J1		
Subestación	: Pehuenche		

ANTECEDENTES DEL MEDIDOR			
Marca	: Schneider Electric		
Modelo	: P7650A0E0B5E0A0E		
Nº de Serie	: PJ-1404A649-04		
Estado	: En Servicio		
Año Fabricación	: 2014		
Clase Exactitud (%)	: 0,2		
Constante Med.	: 1		

PATRON DE CALIBRACIÓN			
Marca	: MTE		
Modelo	: PTS 3.3C		
Nº Serie	: 50458		
Clase de Exactitud	: 0,05		
Trazabilidad	: Laboratorio Tecnored		

CONDICIONES DE MEDIDA			
Lugar de Calibración	: SE Pehuenche		
Tipo de Medida	: W,ESTRELLA/ACTIVO		
Tensión Aplicada	: 63,5	(V)	
Corriente Nominal	: 1	(A)	
Nº de Elementos	: 3		
Método Calibración	: Comparación Directa		
Frecuencia (Hz)	: 50	(HZ)	
Temperatura (C°)	: 24,5°C		
Humedad (%)	: 45,6%RH		
Calibrador	: O. Vergara - I.Llanos		

RESULTADOS DE LA COMPONENTE ACTIVA							
N	Fase	Cte. %	Factor	Componente Activa Directa		Componente Activa Reversa	
				Error (%)	Limite Norma (%)	Error(%)	Limite Norma (%)
1	123	100	1	0,008	± 0,2	0,011	± 0,2
2	123	100	0,5	0,028	± 0,3	0,034	± 0,3
3	123	10	1	-0,009	± 0,2	-0,007	± 0,2
4	123	10	0,5	-0,003	± 0,3	0,007	± 0,3
5	1	100	1	-0,016	± 0,3	-0,012	± 0,3
6	2	100	1	0,007	± 0,3	0,013	± 0,3
7	3	100	1	0,041	± 0,3	0,045	± 0,3
8	1	100	0,5	-0,010	± 0,4	-0,008	± 0,4
9	2	100	0,5	0,024	± 0,4	0,030	± 0,4
10	3	100	0,5	0,079	± 0,4	0,083	± 0,4

RESULTADOS DE LA COMPONENTE REACTIVA							
N	Fase	Cte. %	Factor	Componente Reactiva Directa		Componente Reactiva Reversa	
				Error (%)	Limite Norma (%)	Error(%)	Limite Norma (%)
1	123	100	1	-0,002	± 2,0	0,005	± 2,0
2	123	100	0,5	0,020	± 2,0	0,018	± 2,0
3	123	10	1	-0,014	± 2,0	-0,017	± 2,0
4	123	10	0,5	-0,006	± 2,0	-0,003	± 2,0
5	1	100	1	0,002	± 3,0	0,005	± 3,0
6	2	100	1	-0,015	± 3,0	-0,013	± 3,0
7	3	100	1	0,029	± 3,0	0,029	± 3,0
8	1	100	0,5	0,021	± 3,0	0,022	± 3,0
9	2	100	0,5	0,028	± 3,0	0,024	± 3,0
10	3	100	0,5	0,024	± 3,0	0,021	± 3,0

OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

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.



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 9-16 – Certificado de calibración de medidor de Potencia Neta para la Unidad 1



FT-LAB-7.8c



CERTIFICADO DE EXACTITUD
LABORATORIO DE TECNORED S.A.
MEDIDORES DE ENERGÍA ELECTRICA

FOLIO: 38454

ANTECEDENTES DEL CLIENTE			
Nº / Fecha de Solicitud	: OC 4500343161		
Fecha Calibración	: 26.10.2021		
Medidor	: ION 7650		
Cliente	: Enel Chile S.A.		
Instalación	: J2		
Subestación	: Pehuenche		

ANTECEDENTES DEL MEDIDOR			
Marca	: Schneider Electric		
Modelo	: M7650A0E0B5E0A0E		
Nº de Serie	: MJ-1308B050-03		
Estado	: En Servicio		
Año Fabricación	: 2013		
Clase Exactitud (%)	: 0,2		
Constante Med.	: 1		

PATRON DE CALIBRACIÓN			
Marca	: MTE		
Modelo	: PTS 3.3C		
Nº Serie	: 50458		
Clase de Exactitud	: 0,05		
Trazabilidad	: Laboratorio Tecnored		

CONDICIONES DE MEDIDA			
Lugar de Calibración	: SE Pehuenche		
Tipo de Medida	: W,ESTRELLA/ACTIVO		
Tensión Aplicada	: 63,5 (V)		
Corriente Nominal	: 1 (A)		
Nº de Elementos	: 3		
Método Calibración	: Comparación Directa		
Frecuencia (Hz)	: 50 (HZ)		
Temperatura (C°)	: 24,5		
Humedad (%)	: 45,6		
Calibrador	: O. Vergara - I.Llanos		

RESULTADOS DE LA COMPONENTE ACTIVA							
N	Fase	Cte.%	Factor	Componente Activa Directa		Componente Activa Reversa	
				Error (%)	Limite Norma (%)	Error(%)	Limite Norma (%)
1	123	100	1	0,008	± 0,2	0,011	± 0,2
2	123	100	0,5	0,028	± 0,3	0,034	± 0,3
3	123	10	1	-0,009	± 0,2	-0,007	± 0,2
4	123	10	0,5	-0,003	± 0,3	0,007	± 0,3
5	1	100	1	-0,016	± 0,3	-0,012	± 0,3
6	2	100	1	0,007	± 0,3	0,013	± 0,3
7	3	100	1	0,041	± 0,3	0,045	± 0,3
8	1	100	0,5	-0,010	± 0,4	-0,008	± 0,4
9	2	100	0,5	0,024	± 0,4	0,030	± 0,4
10	3	100	0,5	0,079	± 0,4	0,083	± 0,4

RESULTADOS DE LA COMPONENTE REACTIVA							
N	Fase	Cte.%	Factor	Componente Reactiva Directa		Componente Reactiva Reversa	
				Error (%)	Limite Norma (%)	Error(%)	Limite Norma (%)
1	123	100	1	-0,002	± 2,0	0,005	± 2,0
2	123	100	0,5	0,020	± 2,0	0,018	± 2,0
3	123	10	1	-0,014	± 2,0	-0,017	± 2,0
4	123	10	0,5	-0,006	± 2,0	-0,003	± 2,0
5	1	100	1	0,002	± 3,0	0,005	± 3,0
6	2	100	1	-0,015	± 3,0	-0,013	± 3,0
7	3	100	1	0,029	± 3,0	0,029	± 3,0
8	1	100	0,5	0,021	± 3,0	0,022	± 3,0
9	2	100	0,5	0,028	± 3,0	0,024	± 3,0
10	3	100	0,5	0,024	± 3,0	0,021	± 3,0

OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

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.


 Jaime Eduardo Garcia 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 9-17 – Certificado de calibración de medidor de Potencia Neta para la Unidad 2



9.6 Acta de ensayos

Se incluye a continuación las actas confeccionadas al finalizar los ensayos en planta.

ESTUDIOS ELECTRICOS
ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

ACTA DE ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

Fecha	02/11/2021	Empresa	ENEL Generación S.A.
ID Proyecto	EE-2021-115	Ubicación	Colbún, Región del Maule, Chile
Central	Central Hidráulica Pehuenche		
Denominación de la unidad	Unidad 1		

Responsables durante la prueba

Empresa	Nombre	Firmas
ENEL Generación S.A. (Coordinado)	Andrés Alegría Ramos – Head Plant Unit Pehuenche	
	Alfonso Núñez Schorr – Especialista Sr Mantenimiento	
Estudios Eléctricos	Federico García – Experto Técnico	
	Federico Deledda – Experto Técnico	

www.estudios-electricos.com

Figura 9-18 – Acta de tareas para la Unidad 1 (1 de 4)



ESTUDIOS ELECTRICOS 
 ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

Datos de la unidad

Potencia aparente nominal [MVA]	263	Corriente de estator nominal [A]	11003
Tensión de estator nominal [kV]	13.8	Factor de potencia nominal	0.95
Potencia activa máxima [MW]	285 <i>Declarado CEN</i>	Corriente de excitación nominal [A]	2500
Mínimo Técnico [MW]	-	Tensión de excitación nominal [V]	210

Datos de la prueba

Estado previo de las unidades	<i>Despachada</i>	Arranque de la unidad (fecha-hora)	02/11/2021 -
Inicio del período de estabilización	22:30 Hs	Fin del período de estabilización	23:15 Hs
Inicio del período de prueba Potencia Máxima	23:15 Hs	Fin del período de prueba Potencia Máxima	04:18 Hs (03/11/2021)
Protocolo aplicable	<i>EE-EN-2021-1798 Rev B</i>	Desvíos del protocolo	No

Instrumental

Magnitud	Descripción de equipos y punto de conexión
Potencia neta	<i>ION 7650 – N° Serie: PJ-1404A649-04. Equipo de medida de planta clase 0.2, conectado a TTCC y TTPP clase 0.2.</i>
Potencia bruta y factor de potencia	<i>ION 7650 – N° Serie: PJ-1205A161-03. Equipo de medida de planta clase 0.2, conectado a TTCC clase 0.5 y TTPP clase 0.2.</i>
Potencia SSAA	<i>No se mide.</i>

www.estudios-electricos.com

Figura 9-19 – Acta de tareas para la Unidad 1 (2 de 4)



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 pruebas obtenidos durante el desarrollo de las pruebas de potencia máxima:

<i>Período</i>	1	2	3	4	5
Potencia Bruta [MW]	284.6	286.8	285.1	283.9	285.9

Observaciones

Desvíos del protocolo: No se registraron desvíos.

Desarrollo de la prueba: La unidad logra controlar de manera 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 luego de finalizado el periodo de estabilización.

Durante el desarrollo de las pruebas la unidad se operó en carga base a máxima potencia, la regulación de frecuencia estuvo operativa con un estatismo configurado de 10% y se consignó el valor de potencia reactiva en 60 MVAR, lo que permitió tener un factor de potencia cercano a 0.97. A las 23:35 se debe disminuir reactivo a 40MVAR debido a un aumento en la temperatura del transformador de excitación. El nuevo valor de FP es cercano a 0.99 durante todo el ensayo.

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 1 minuto de ambos medidores. ENEL Generación entregó la totalidad de los registros digitales de esta prueba. La entrega se compone de dos archivos de distintas fuentes: registros de variables eléctricas (Potencia neta y potencia bruta) y sistema SCADA de planta.

Para las mediciones de las variables complementarias, obtenidas desde el sistema SCADA de planta, se utilizan los siguientes tags:

PEH_TH1_IP_PR - POTENCIA REACTIVA [MVAR]
 PEH_TH1_PA - POTENCIA ACTIVA [MW]
 PEH_TH1_IF_GEN - FRECUENCIA [Hz]
 PEH_TH1_IVE_UN - VELOCIDAD UNIDAD UNIDAD 1 [rpm]
 PEH_TH1_IV_GEN - TENSION DEL GENERADOR [kV]
 PEH_TH1_IC_GEN - CORRIENTE GENERADOR UNIDAD 1 [kA]
 PEH_TH1_IV_EXC - TENSION EXCITACION UNIDAD 1 [V]
 PEH_TH1_PRCA - PRESION CARACOL UNIDAD 1 [mca]
 PEH_EML_NIVEL - NIVEL EMBALSE MELADO [msnm]
 PEH_00_NIV_DESC - NIVEL EN LA DESCARGA DE LA CENTRAL [m.s.n.m.]
 PEH_TH1_GT - GASTO TURBINA UNIDAD 1 [m3/s]
 PEH_00_NIV_CHI_EQ - NIVEL CHIMENEA DE EQUILIBRIO [m.s.n.m.]
 PEH_TH1_IT_EM5 - TEMPERATURA ENROLLADOS MEDIDA 5 G [C]
 PEH_TH1_IT_EM7 - TEMPERATURA ENROLLADOS MEDIDA 7 G [C]
 PEH_TH1_IT_EM10 - TEMPERATURA ENROLLADOS MEDIDA 10 [C]
 PEH_TH1_PRDI - PRESION DIFUSOR UNIDAD 1 [mca]
 PEH_TH1_IT_DGS1 - TEMP METAL DESC GUIA SUPERIOR MED [C]
 PEH_TH1_IT_MDGI - TEMPERATURA METAL DESC GUIA INFER [C]

www.estudios-electricos.com

Figura 9-20 – Acta de tareas para la Unidad 1 (3 de 4)



ESTUDIOS ELECTRICOS 
ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

PEH_TH1_IT_MDE - TEMPERATURA METAL DESC EMPUJE GEN [C]
PEH_TH1_IT_MDG2 - TEMPERATURA METAL DESC GUIA MEDID [C]

Los servicios auxiliares quedan alimentados únicamente desde la Unidad 1 a través del transformador de SSAA N°01 (interruptor 52SA1 cerrado e interruptores de acople de barras 52SAR y 52SAS cerrados), estando los interruptores de alimentación externa 52SAA y 52SAB (Alimentación desde S/E Pehuenche) abiertos.

Conclusiones: Se verificó con éxito que la unidad puede operar a máxima potencia por un período superior a las 5 horas requeridas en el Anexo Técnico. Se obtuvieron los datos necesarios para realizar el cálculo formal del valor de Potencia Máxima.

www.estudios-electricos.com

Figura 9-21 – Acta de tareas para la Unidad 1 (4 de 4)



ESTUDIOS ELECTRICOS 
ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

ACTA DE ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

Fecha	03/11/2021	Empresa	ENEL Generación S.A.
ID Proyecto	EE-2021-115	Ubicación	Colbún, Región del Maule, Chile
Central	Central Hidráulica Pehuenche		
Denominación de la unidad	Unidad 2		

Responsables durante la prueba

Empresa	Nombre	Firmas
ENEL Generación S.A. (Coordinado)	Andrés Alegría Ramos – Head Plant Unit Pehuenche	
	Alfonso Núñez Schorr – Especialista Sr Mantenimiento	
Estudios Eléctricos	Federico García – Experto Técnico	
	Federico Deledda – Experto Técnico	

www.estudios-electricos.com

Figura 9-22 – Acta de tareas para la Unidad 2 (1 de 4)



ESTUDIOS ELECTRICOS 
ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

Datos de la unidad

Potencia aparente nominal [MVA]	263	Corriente de estator nominal [A]	11003
Tensión de estator nominal [kV]	13.8	Factor de potencia nominal	0.95
Potencia activa máxima [MW]	285 <i>Declarado CEN</i>	Corriente de excitación nominal [A]	2500
Mínimo Técnico [MW]	-	Tensión de excitación nominal [V]	210

Datos de la prueba

Estado previo de las unidades	<i>Detenida</i>	Arranque de la unidad (fecha-hora)	02/11/2021 22:29 Hs
Inicio del periodo de estabilización	23:00 Hs	Fin del periodo de estabilización	23:30 Hs
Inicio del periodo de prueba Potencia Máxima	23:30 Hs	Fin del periodo de prueba Potencia Máxima	04:33 Hs (04/11/2021)
Protocolo aplicable	EE-EN-2021-1798 Rev B	Desvíos del protocolo	No

Instrumental

Magnitud	Descripción de equipos y punto de conexión
Potencia neta	ION 7650 – N° Serie: MJ-1308B050-03. Equipo de medida de planta clase 0.2, conectado a TTCC y TTPP clase 0.2.
Potencia bruta y factor de potencia	ION 7650 – N° Serie: PJ-1205A488-03. Equipo de medida de planta clase 0.2, conectado a TTCC clase 0.5 y TTPP clase 0.2.
Potencia SSAA	No se mide.

www.estudios-electricos.com

Figura 9-23 – Acta de tareas para la Unidad 2 (2 de 4)



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 pruebas obtenidos durante el desarrollo de las pruebas de potencia máxima:

Período	1	2	3	4	5
Potencia Bruta [MW]	282.1	287.1	285.3	285.4	285.4

Observaciones

Desvíos del protocolo: No se registraron desvíos.

Desarrollo de la prueba: La unidad logra controlar de manera 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 luego de finalizado el periodo de estabilización.

Durante el desarrollo de las pruebas la unidad se operó en carga base a máxima potencia, la regulación de frecuencia estuvo operativa con un estatismo configurado de 10% y se consignó el valor de potencia reactiva en 60 MVAR, lo que permitió tener un factor de potencia cercano a 0.97. Se modifica el valor de la banda muerta a de 0.05% a 0.2% debido a que excursiones de la frecuencia del sistema a 50.2 hizo caer durante la primera hora la potencia máxima de la unidad.

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 1 minuto de ambos medidores. ENEL Generación entregó la totalidad de los registros digitales de esta prueba. La entrega se compone de dos archivos de distintas fuentes: registros de variables eléctricas (Potencia neta y potencia bruta) y sistema SCADA de planta.

Para las mediciones de las variables complementarias, obtenidas desde el sistema SCADA de planta, se utilizan los siguientes tags:

PEH_TH2_IP_PR - POTENCIA REACTIVA [MVAR]
 PEH_TH2_PA - POTENCIA ACTIVA [MW]
 PEH_TH2_IF_GEN - FRECUENCIA [Hz]
 PEH_TH2_IVE_UN - VELOCIDAD UNIDAD UNIDAD 1 [rpm]
 PEH_TH2_IV_GEN - TENSION DEL GENERADOR [kV]
 PEH_TH2_IC_GEN - CORRIENTE GENERADOR UNIDAD 1 [kA]
 PEH_TH2_IV_EXC - TENSION EXCITACION UNIDAD 1 [V]
 PEH_TH2_PRCA - PRESION CARACOL UNIDAD 1 [mca]
 PEH_EML_NIVEL - NIVEL EMBALSE MELADO [msnm]
 PEH_00_NIV_DESC - NIVEL EN LA DESCARGA DE LA CENTRAL [m.s.n.m.]
 PEH_TH2_GT - GASTO TURBINA UNIDAD 1 [m3/s]
 PEH_00_NIV_CHI_EQ - NIVEL CHIMENEA DE EQUILIBRIO [m.s.n.m.]
 PEH_TH2_IT_EM5 - TEMPERATURA ENROLLADOS MEDIDA 5 G [C]
 PEH_TH2_IT_EM7 - TEMPERATURA ENROLLADOS MEDIDA 7 G [C]
 PEH_TH2_IT_EM10 - TEMPERATURA ENROLLADOS MEDIDA 10 [C]
 PEH_TH2_PRDI - PRESION DIFUSOR UNIDAD 1 [mca]
 PEH_TH2_IT_DGS1 - TEMP METAL DESC GUIA SUPERIOR MED [C]
 PEH_TH2_IT_MDGI - TEMPERATURA METAL DESC GUIA INFER [C]

www.estudios-electricos.com

Figura 9-24 – Acta de tareas para la Unidad 2 (3 de 4)



ESTUDIOS ELECTRICOS 
ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

PEH_TH2_IT_MDE - TEMPERATURA METAL DESC EMPUJE GEN [C]
PEH_TH2_IT_MDG2 - TEMPERATURA METAL DESC GUIA MEDID [C]

Los servicios auxiliares quedan alimentados únicamente desde la Unidad 1 a través del transformador de SSAA N°02 (interruptor 52SA2 cerrado e interruptores de acople de barras 52SAR y 52SAS cerrados), estando los interruptores de alimentación externa 52SAA y 52SAB (Alimentación desde S/E Pehuenche) abiertos.

Conclusiones: *Se verificó con éxito que la unidad puede operar a máxima potencia por un período superior a las 5 horas requeridas en el Anexo Técnico. Se obtuvieron los datos necesarios para realizar el cálculo formal del valor de Potencia Máxima.*

www.estudios-electricos.com

Figura 9-25 – Acta de tareas para la Unidad 2 (4 de 4)



ESTUDIOS ELECTRICOS 
ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

ACTA DE ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

Fecha	04/11/2021	Empresa	ENEL Generación S.A.
ID Proyecto	EE-2021-115	Ubicación	Colbún, Región del Maule, Chile
Central	Central Hidráulica Pehuenche		
Denominación de la unidad	Unidad 1 y Unidad 2 (Central completa)		

Responsables durante la prueba

Empresa	Nombre	Firmas
ENEL Generación S.A. (Coordinado)	Andrés Alegría Ramos - Head Plant Unit Pehuenche	
	Alfonso Núñez Schorr - Especialista Sr Mantenimiento	
Estudios Eléctricos	Federico García - Experto Técnico	
	Federico Deledda - Experto Técnico	

www.estudios-electricos.com

Figura 9-26 - Acta de tareas para la central completa (1 de 4)



ESTUDIOS ELECTRICOS 
ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

Datos de la unidad

Potencia aparente nominal [MVA]	570	Corriente de estator nominal [A]	11003
Tensión de estator nominal [kV]	13.8	Factor de potencia nominal	0.95
Potencia activa máxima [MW]	570 <i>Declarado CEN</i>	Corriente de excitación nominal [A]	2500
Mínimo Técnico [MW]	-	Tensión de excitación nominal [V]	210

Datos de la prueba

Estado previo de las unidades	<i>Despachadas</i>	Arranque de la unidad (fecha-hora)	04/11/2021 -
Inicio del período de estabilización	20:30 Hs	Fin del período de estabilización	21:25 Hs
Inicio del período de prueba Potencia Máxima	21:30 Hs	Fin del período de prueba Potencia Máxima	02:30 Hs (05/11/2021)
Protocolo aplicable	EE-EN-2021-1798 Rev B	Desvíos del protocolo	No

Instrumental

Magnitud	Descripción de equipos y punto de conexión
Potencia neta	ION 7650 - N° Serie: PJ-1404A649-04 - Unidad 1 ION 7650 - N° Serie: MJ-1308B050-03 - Unidad 2
Potencia bruta y factor de potencia	ION 7650 - N° Serie: PJ-1205A161-03 - Unidad 1 ION 7650 - N° Serie: PJ-1205A488-03 - Unidad 2
Potencia SSAA	No se mide.

www.estudios-electricos.com

Figura 9-27 – Acta de tareas para la central completa (2 de 4)



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 pruebas obtenidos durante el desarrollo de las pruebas de potencia máxima:

Período	1	2	3	4	5
Potencia Bruta [MW]	542.4	541.7	541.1	540.1	539.6

Observaciones

Desvíos del protocolo: No se registraron desvíos.

Desarrollo de la prueba: Las unidades logran controlar de manera 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 luego de finalizado el periodo de estabilización.

Durante el desarrollo de las pruebas la central operó a una potencia consignada de 540 MW dada la condición de nivel del embalse Melado. La regulación de frecuencia estuvo operativa con un estatismo configurado de 10% y una banda muerta de 0.2%. Para la Unidad 1 se consignan 268MW y 70MVAR para tener un factor de potencia de 0.973. Para la unidad 2 se consignan 272 MW y 65 MVAR lo que permitió tener un factor de potencia cercano a 0.971. La cota actual del embalse Melado es 647.5 msnm.

A las 22:39 se ajusta la potencia reactiva de la Unidad 1 a 60MVAR debido a un aumento en la temperatura del transformador de excitación. El nuevo valor de FP es cercano a 0.985 durante todo el ensayo. A las 00:10 se ajusta la potencia reactiva de la Unidad 2 a 50 MVAR debido a un aumento en la temperatura del transformador de excitación de la unidad. El nuevo valor de FP es cercano a 0.982 durante todo el ensayo.

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 de cada unidad se encuentran sincronizados. Se verificó correcta tasa de muestreo de 1 minuto en todos los medidores.

ENEL Generación entregó la totalidad de los registros digitales de esta prueba. La entrega se compone de dos archivos de distintas fuentes por cada unidad: registros de variables eléctricas (Potencia neta y Potencia bruta) y sistema SCADA de planta.

Para las mediciones de las variables complementarias, obtenidas desde el sistema SCADA de planta, se utilizan los siguientes tags:

PEH_00_NIV_DESC - NIVEL EN LA DESCARGA DE LA CENTRAL [m.s.n.m.]
PEH_00_NIV_CHI_EQ - NIVEL CHIMENEA DE EQUILIBRIO [m.s.n.m.]
PEH_EML_NIVEL - NIVEL EMBALSE MELADO [msnm]

PEH_TH1_IP_PR - POTENCIA REACTIVA [MVAR]
PEH_TH1_PA - POTENCIA ACTIVA [MW]
PEH_TH1_IF_GEN - FRECUENCIA [Hz]
PEH_TH1_IV_E_UN - VELOCIDAD UNIDAD UNIDAD 1 [rpm]
PEH_TH1_IV_GEN - TENSION DEL GENERADOR [kV]
PEH_TH1_IC_GEN - CORRIENTE GENERADOR UNIDAD 1 [kA]

www.estudios-electricos.com

Figura 9-28 – Acta de tareas para la central completa (3 de 4)



ESTUDIOS ELECTRICOS 
ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

PEH_TH1_IV_EXC - TENSION EXCITACION UNIDAD 1 [V]
PEH_TH1_PRCA - PRESION CARACOL UNIDAD 1 [mca]
PEH_TH1_GT - GASTO TURBINA UNIDAD 1 [m3/s]
PEH_TH1_IT_EM5 - TEMPERATURA ENROLLADOS MEDIDA 5 G [C]
PEH_TH1_IT_EM7 - TEMPERATURA ENROLLADOS MEDIDA 7 G [C]
PEH_TH1_IT_EM10 - TEMPERATURA ENROLLADOS MEDIDA 10 [C]
PEH_TH1_PRDI - PRESION DIFUSOR UNIDAD 1 [mca]
PEH_TH1_IT_DGS1 - TEMP METAL DESC GUIA SUPERIOR MED [C]
PEH_TH1_IT_MDGI - TEMPERATURA METAL DESC GUIA INFER [C]
PEH_TH1_IT_MDE - TEMPERATURA METAL DESC EMPUJE GEN [C]
PEH_TH1_IT_MDG2 - TEMPERATURA METAL DESC GUIA MEDID [C]

PEH_TH2_IP_PR - POTENCIA REACTIVA [MVAR]
PEH_TH2_PA - POTENCIA ACTIVA [MW]
PEH_TH2_IF_GEN - FRECUENCIA [Hz]
PEH_TH2_IV_UN - VELOCIDAD UNIDAD UNIDAD 1 [rpm]
PEH_TH2_IV_GEN - TENSION DEL GENERADOR [kV]
PEH_TH2_IC_GEN - CORRIENTE GENERADOR UNIDAD 1 [kA]
PEH_TH2_IV_EXC - TENSION EXCITACION UNIDAD 1 [V]
PEH_TH2_PRCA - PRESION CARACOL UNIDAD 1 [mca]
PEH_TH2_GT - GASTO TURBINA UNIDAD 1 [m3/s]
PEH_TH2_IT_EM5 - TEMPERATURA ENROLLADOS MEDIDA 5 G [C]
PEH_TH2_IT_EM7 - TEMPERATURA ENROLLADOS MEDIDA 7 G [C]
PEH_TH2_IT_EM10 - TEMPERATURA ENROLLADOS MEDIDA 10 [C]
PEH_TH2_PRDI - PRESION DIFUSOR UNIDAD 1 [mca]
PEH_TH2_IT_DGS1 - TEMP METAL DESC GUIA SUPERIOR MED [C]
PEH_TH2_IT_MDGI - TEMPERATURA METAL DESC GUIA INFER [C]
PEH_TH2_IT_MDE - TEMPERATURA METAL DESC EMPUJE GEN [C]
PEH_TH2_IT_MDG2 - TEMPERATURA METAL DESC GUIA MEDID [C]

Los servicios auxiliares quedaron alimentados desde la Unidad 1 a través del transformador de SSAA N°01 (interruptor 52SA1 cerrado) y desde la Unidad 2 a través del transformador de SSAA N°02 (interruptor 52SA2 cerrado) con los interruptores de acople de barras 52SAR y 52SAS abiertos. Además, los interruptores de alimentación externa 52SAA y 52SAB (Alimentación desde S/E Pehuenche) se encontraban abiertos.

Conclusiones: Se verificó con éxito que las dos unidades pueden operar a máxima potencia consignada por un período superior a las 5 horas requeridas en el Anexo Técnico. Se obtuvieron los datos necesarios para realizar el cálculo formal del valor de Potencia Máxima.

www.estudios-electricos.com

Figura 9-29 – Acta de tareas para la central completa (4 de 4)



Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco