

Empresa
País
Proyecto
Descripción

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



CÓDIGO DE PROYECTO EE-2023-139
CÓDIGO DE INFORME EE-EN-2024-0821
REVISIÓN A

3 jul. 24



Este documento **EE-EN-2024-0821-RA** fue preparado para Coordinador Eléctrico Nacional por el Grupo Estudios Eléctricos.

Para consultas técnicas respecto del contenido del presente comunicarse con:

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

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

Ing. Pablo Rifrani
Gerente Dpto. Estudios
pablo.rifrani@estudios-electricos.com

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

Este documento contiene 62 páginas y ha sido guardado por última vez el 03/07/2024 por Federico García; sus versiones y firmantes digitales se indican a continuación:

Revisión	Fecha	Comentarios	Realizó	Revisó	Aprobó
A	3.7.2024	Para presentar.	FG	AC	PR

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



ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	5
2	RESUMEN EJECUTIVO.....	6
3	OBJETIVO GENERAL Y RESPONSABLES DE LA PRUEBA	8
	3.1 Objetivo	8
	3.2 Condiciones de ensayos remotos	8
	3.3 Experto Técnico.....	8
	3.4 Representante empresa generadora	8
	3.5 Representante del Coordinador Eléctrico Nacional.....	9
	3.6 Observador de otro Coordinado.....	9
4	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD Y CONDICIONES DE PRUEBA	10
	4.1 Descripción general de la planta	10
	4.2 Descripción de la unidad de generación	12
	4.3 Condiciones de referencia y curvas de corrección	17
	4.3.1 Curvas de corrección.....	18
	4.3.2 Metodología de corrección.....	18
	4.4 Instrumentación y mediciones.....	19
	4.4.1 Metodología.....	21
	4.4.2 Instrumentación principal	22
	4.4.3 Mediciones complementarias.....	23
	4.5 Estimación de pérdidas y consumos propios de la unidad	25
	4.5.1 Consumos propios de los servicios auxiliares.....	25
	4.5.2 Pérdidas en el transformador principal.....	26
5	REALIZACIÓN DE LA PRUEBA.....	28
	5.1 Chequeos preliminares	28
	5.2 Desarrollo de las pruebas	28
	5.2.1 Verificaciones previas	28
	5.3 Condiciones previas al inicio de los ensayos	29
	5.4 Incremento de potencia, estabilización e inicio de la prueba.....	30
	5.5 Periodo de prueba	31
6	CÁLCULOS REALIZADOS Y RESULTADOS	32
	6.1 Reducción de datos y estabilidad.....	32
	6.2 Determinación de la potencia bruta y de pérdidas totales	32
	6.2.1 Determinación de la potencia de pérdidas y consumos propios.....	33
	6.2.2 Desglose de la potencia de pérdidas totales.....	34
	6.3 Correcciones aplicables a la potencia bruta.....	35
	6.4 Cálculo de la Potencia Neta corregida	37
	6.5 Cálculo del promedio final.....	39
	6.6 Tabla Resumen general.....	40
	6.7 Incertidumbre.....	41
7	CONCLUSIONES.....	42
8	NORMATIVA.....	43
9	ANEXOS	44
	9.1 Datos de placa del generador y turbina.....	44
	9.2 Curva de capacidad	45
	9.3 Datos característicos del Transformador principal	46
	9.4 Puntos de medición	47
	9.4.1 Potencia bruta	47
	9.4.2 Potencia neta.....	51
	9.5 Instrumental de medición	54
	9.5.1 Potencia bruta/FP.....	54
	9.5.2 Potencia neta.....	56



9.6 Actas de ensayos	58
----------------------------	----



1 INTRODUCCIÓN

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

Para la ejecución de las pruebas se siguió el protocolo:

EE-EN-2023-1439-RB_Procedimiento_Potencia_Maxima_CH_San_Ignacio

La Central Hidroeléctrica San Ignacio, perteneciente a la Empresa Generadora Colbún S.A. y ubicada en la comuna de Yervas Buenas, región de Maule, está conformada por una (1) unidad de generación compuesta por una turbina tipo Kaplan de 34.84 MW de capacidad, vinculada a un generador de 13.8 kV y 35 MVA de potencia.



2 RESUMEN EJECUTIVO

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

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

Las pruebas de la Unidad 1 se realizaron el día 19 de junio de 2024. Todas las pruebas fueron realizadas en presencia de Julián Eduardo Larrea Moraga, José Joaquín Canihuán Fuentes y Juan Manuel Chavez Moya (Empresa Generadora Colbún S.A.) y Federico Garcia como Experto Técnico (Estudios Eléctricos).

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

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

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



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

Resumen de resultados CH San Ignacio - Unidad 1		
Potencia Máxima	Bruta Medida [MW]	35,4288
	Bruta Corregida [MW]	35,4265
	Neta Medida [MW]	35,0919
	Neta Corregida [MW]	35,0896
Pérdidas y consumos internos	Consumos de SSAA [kW]	124,93
	Pérdidas en transformador principal [kW]	194,30
	Pérdidas en la red interna [kW]	17,63
	Pérdidas totales [kW]	336,86

Tabla 2.1 – Resumen resultados – Unidad 1



3 OBJETIVO GENERAL Y RESPONSABLES DE LA PRUEBA

3.1 Objetivo

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

3.2 Condiciones de ensayos remotos

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

Desde planta, las pruebas fueron dirigidas, con la supervisión del experto técnico, por el inspector sustituto designado por el Coordinado. Para las pruebas de la Central Hidroeléctrica San Ignacio los inspectores sustitutos fueron Julián Eduardo Larrea Moraga, quien se desempeña como Ingeniero Especialista Subgerencia de Sistemas Eléctricos, José Joaquín Canihuán Fuentes, quien se desempeña como Supervisor de Operaciones Complejo Colbún y Juan Manuel Chavez Moya, quien se desempeña como Operador Complejo Colbún.

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

3.3 Experto Técnico

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

3.4 Representante empresa generadora

Por parte de la Empresa Generadora Colbún S.A., el Coordinado, estuvieron presente durante las pruebas los inspectores sustitutos Julián Eduardo Larrea Moraga, quien se desempeña como Ingeniero Especialista Subgerencia de Sistemas Eléctricos, José Joaquín Canihuán Fuentes, quien se desempeña como Supervisor de Operaciones Complejo Colbún y Juan Manuel Chavez Moya, quien se desempeña como Operador Complejo Colbún.



3.5 Representante del Coordinador Eléctrico Nacional

Sin participantes durante las pruebas.

3.6 Observador de otro Coordinado

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



4 DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD Y CONDICIONES DE PRUEBA

4.1 Descripción general de la planta

La Central Hidroeléctrica San Ignacio, perteneciente a la Empresa Generadora Colbún S.A. y ubicada en la comuna de Yerbos Buenas, región de Maule, está conformada por una (1) unidad de generación compuesta por una turbina tipo Kaplan de 34.84 MW de capacidad, vinculada a un generador de 13.8 kV y 35 MVA de potencia.

Se presenta a continuación, el diagrama unilineal general de la Central Hidroeléctrica San Ignacio.

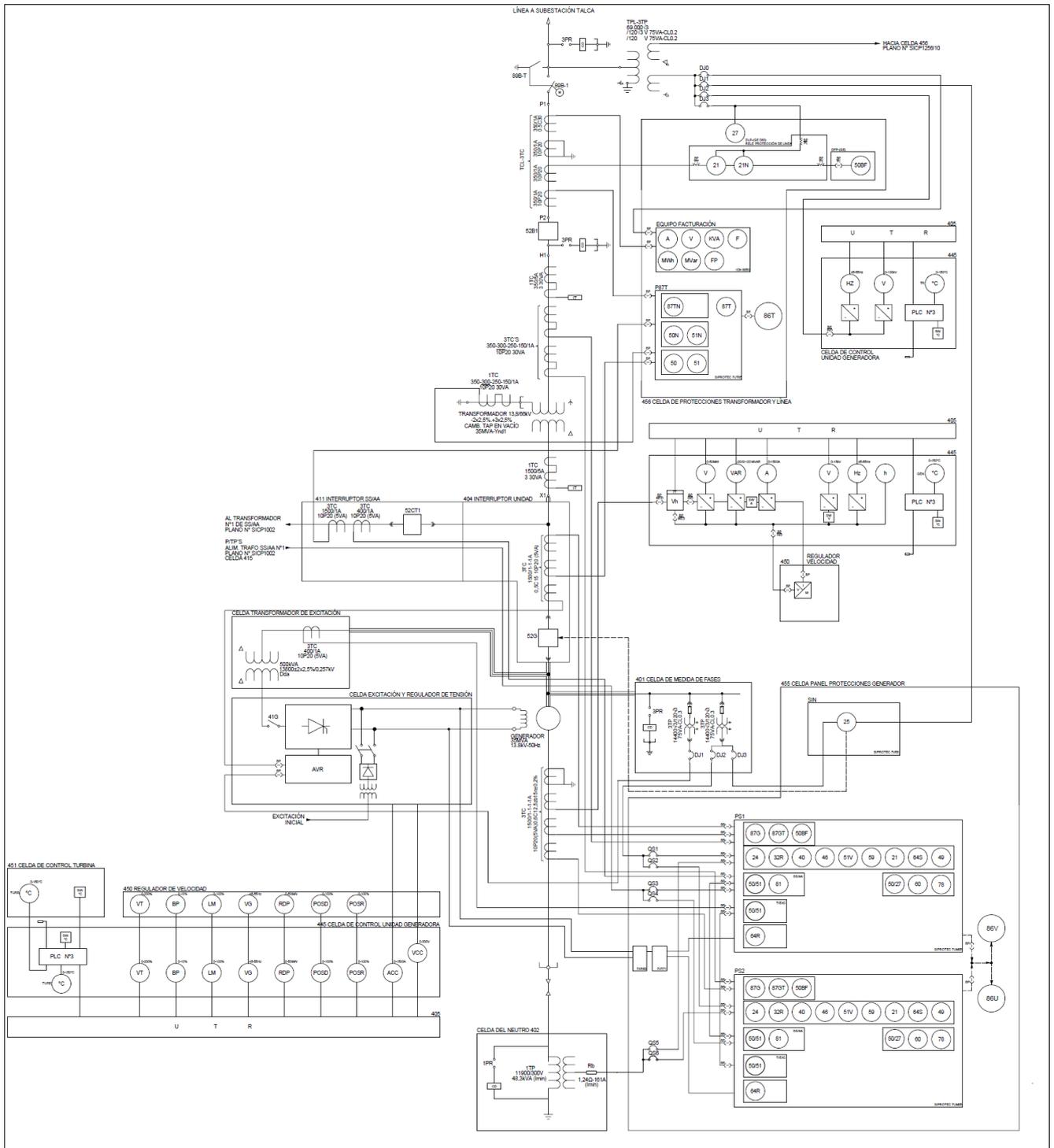


Figura 4.1 - Diagrama unilineal funcional central hidroeléctrica San Ignacio

4.2 Descripción de la unidad de generación

La turbina hidráulica es marca DE PRETTO - ESCHER WYSS de 34.84 MW de capacidad y está vinculada a un generador ANSALDO “ATBW-48-35000-125-13800”, juntos entregan una potencia bruta aproximada de 37 MW¹. A continuación, se presenta el diagrama unilineal general de la central.

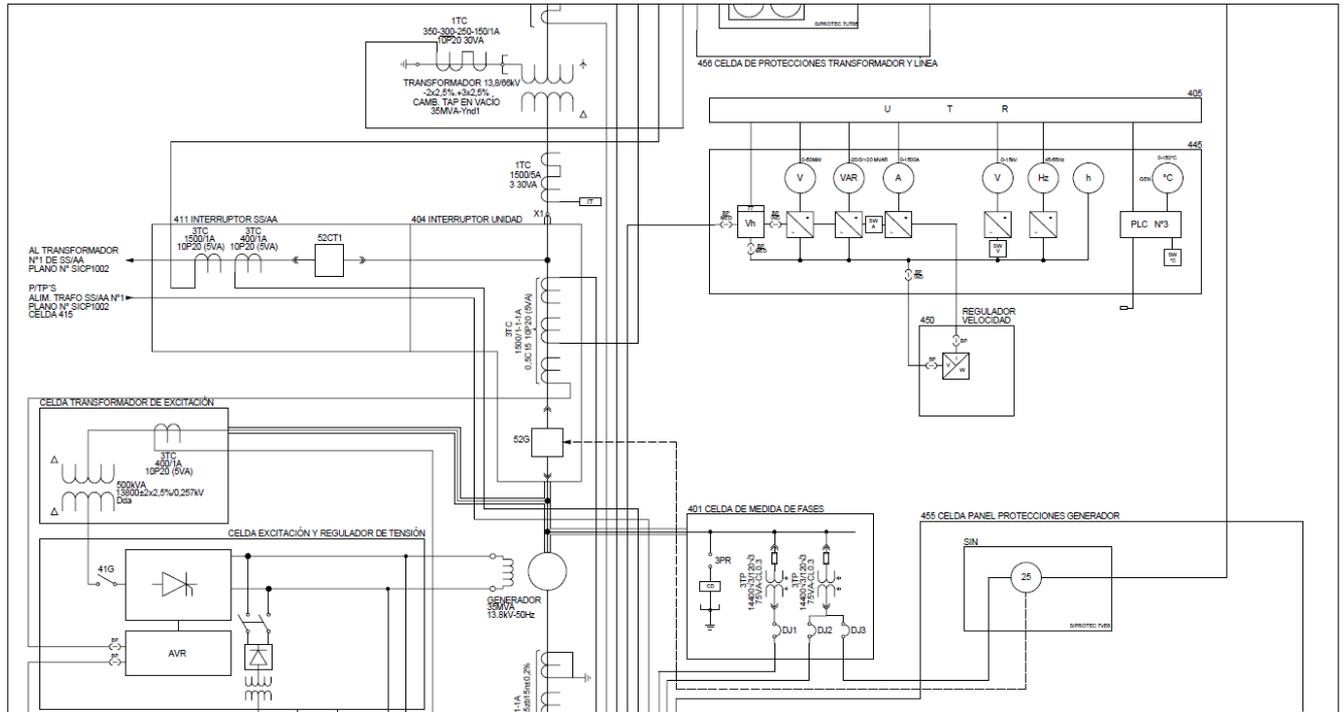


Figura 4.2 - Diagrama unilineal central San Ignacio - Generación

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



Se presenta el unilineal del punto de interconexión de la unidad con el sistema a través de la SE San Clemente 66 kV.

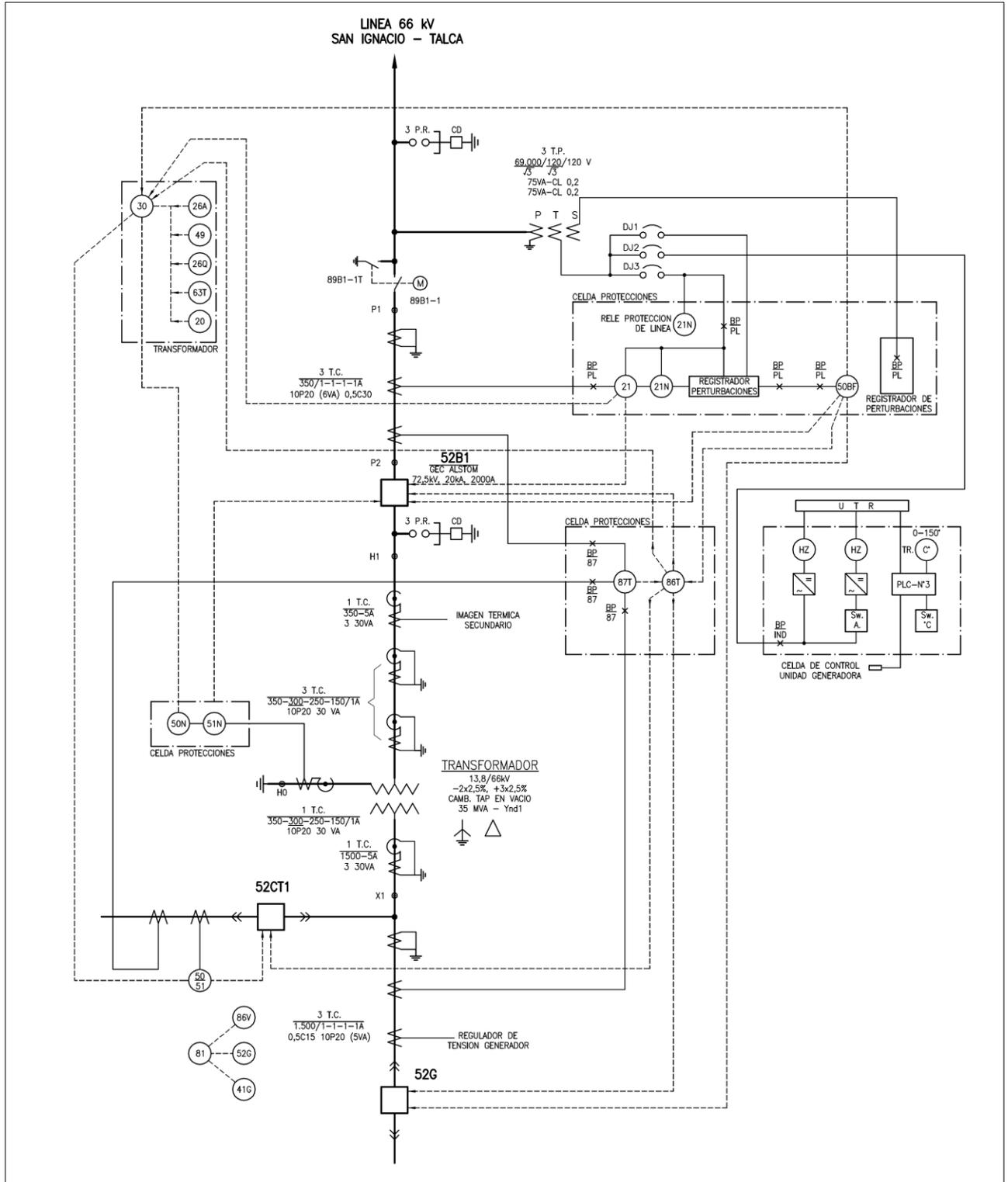


Figura 4.3 - Diagrama unilineal punto de conexión con el Sistema



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

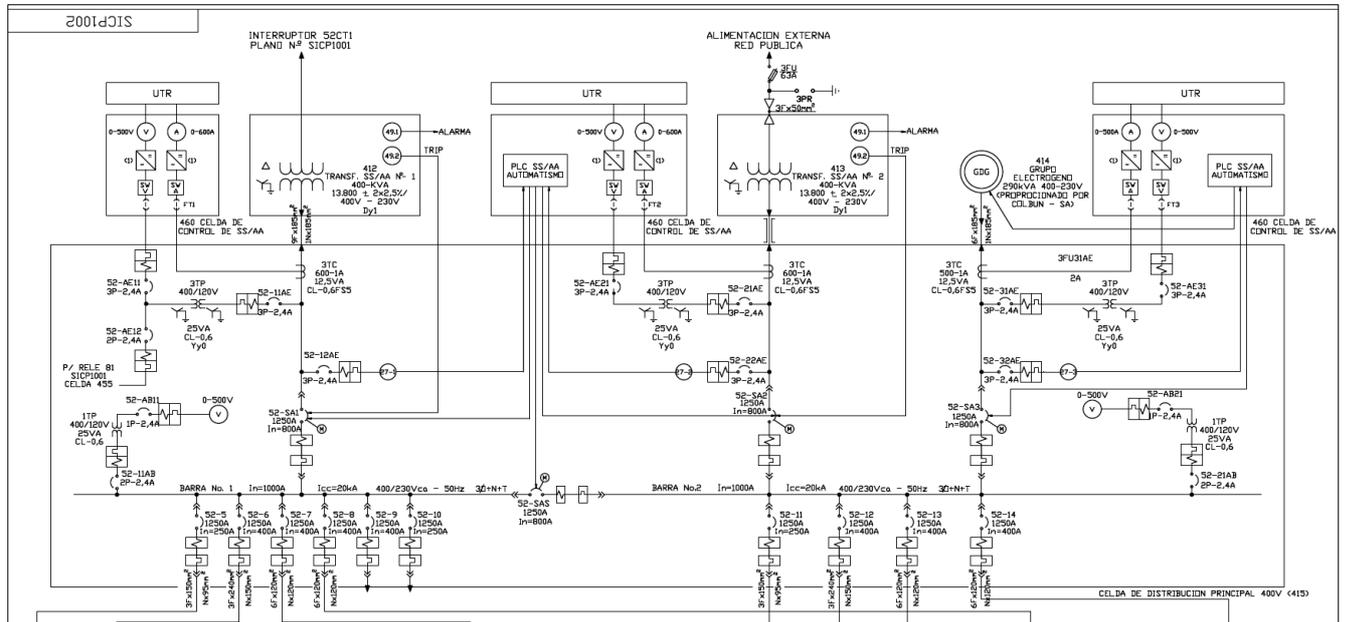


Figura 4.4 - Diagrama Unilineal Servicios Auxiliares

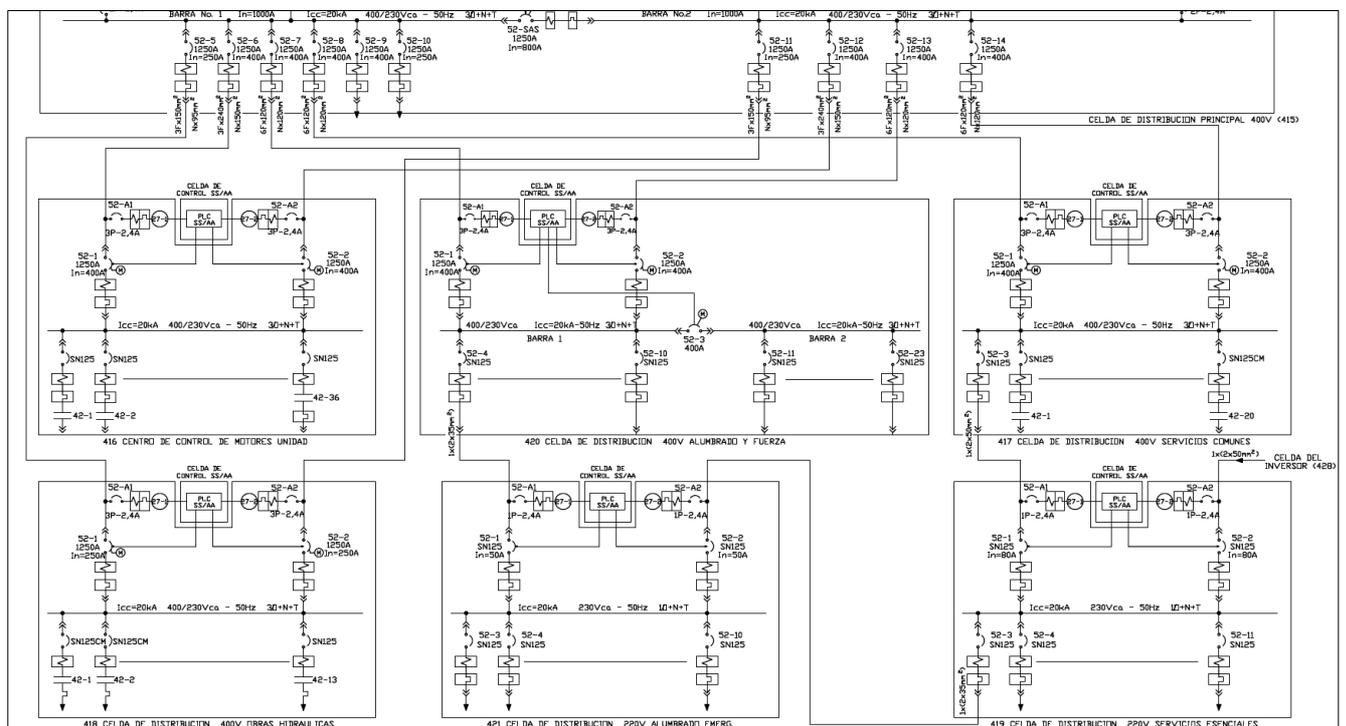


Figura 4.5 - Diagrama Unilineal Servicios Auxiliares



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

DATOS DE PLACA DEL GENERADOR DE LA UNIDAD SAN IGNACIO		
ITEM	DESCRIPCIÓN	VALOR
1	N° de Fases	3
2	Potencia Nominal	35 MVA
3	Potencia Máxima	37 MVA
4	Voltaje Nominal	13,8 kV
5	Corriente Nominal	1464,3 A
6	Frecuencia Nominal	50 Hz
7	Factor de Potencia	0,95
8	Velocidad Nominal	125 rpm
9	Velocidad de Embalamiento	200 rpm
10	Polos	48

Figura 4.6 - Datos de placa del generador

DATOS DE PLACA DE LA TURBINA DE LA UNIDAD SAN IGNACIO		
ITEM	DESCRIPCIÓN	VALOR
1	Unidad	San Ignacio
2	Tipo turbina	Kaplan
3	Año de construcción	1995
4	Velocidad nominal	125 rpm
5	Altura neta	21 m
6	Potencia nominal	34,84 MW
7	Potencia máxima	37MW
8	Caudal	180 m ³ /s
9	Rotación	Horario
10	Diámetro rodete	5000 mm

Figura 4.7 - Datos de placa de la turbina



ANSALDO			
Coemsa Ansaldo S.A. GENERADOR SINCRÓNICO			
TIPO	ATBW-48-35000-125-13800	FECHA DE FABRICACIÓN	1995
NÚMERO DE SERIE	113006	CONEXIÓN/DO ESTATOR	ESTRELLA
POTENCIA NOMINAL	35000 kVA	RÉGIMEN TIPO	S1 (ABNT)
TENSIÓN NOMINAL	13800 V	TENSIÓN DE EXCITACIÓN NOMINAL	83 V
POT. CON SOBRECARGA MÁX. PERMANENTE	38500 kVA	CORRIENTE DE EXCITACIÓN NOMINAL	611 A
TENSIÓN OPERATIVA	13800 V +5%, -5%	NÚMERO DE POLOS	48
CORRIENTE NOMINAL	1464,3 A	CLASE DE TEMPERATURA	
FACTOR DE POTENCIA NOMINAL	0,95 ind.	- ARROLLAMIENTO DEL ESTATOR	F
FRECUENCIA NOMINAL	50 Hz	- ARROLLAMIENTO DEL ROTOR	F
NÚMERO DE FASES	3	LIMITE DE ELEVACIÓN DE TEMP. (CARGA NOM./SOBRECARGA)	
VELOCIDAD NOMINAL	125 rpm	- ARROL Y NUCLEO DEL ESTATOR	60/75°C
VELOCIDAD DE FUGA	298 rpm	- ARROLLAMIENTO DEL ROTOR	60/75°C
EFFECTO DE VOLANTE	GD ² : 4275 t.m ² MIN.	PESO TOTAL APROX.	265 ton.
TIPO CONSTRUCTIVO	W42 (ANSI)	TEMPERATURA MÁXIMA DEL AIRE DE ENFRÍAMIENTO	40°C
POTENCIA REACTIVA CON SOBREEXCITACIÓN	16800 kwAr	TEMPERATURA MÁXIMA DEL AGUA DE ENFRÍAMIENTO	20°C
POTENCIA REACTIVA CON SUBEXCITACIÓN	31500 kwAr	NORMA	ANSI-IEEE-NEMA-ABNT-DIN

Figura 4.8 - Placa del generador

SULZER		Hydro	
DE PRETTO-ESCHER WYSS S.r.l., SCHIO I			
Turbina-No.	1899	Altura	H = 21 m
		Caudal	Q = 180 m ³ /s
Año de fabricación	1995	Potencia	P = 34.84 MW
		Velocidad	n = 125 min ⁻¹

Figura 4.9 - Placa de la turbina



4.3 Condiciones de referencia y curvas de corrección

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

Unidad	Potencia [MW]
U1	37

Tabla 4.1 - Valores base de potencia para la unidad

De acuerdo con los parámetros declarados, la potencia máxima bruta esperable de la Central San Ignacio es de 37 MW.

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

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

Tabla 4.2 - Condiciones nominales de referencia



4.3.1 Curvas de corrección

De acuerdo con lo informado por el Coordinado, no se dispone de la curva de corrección por de la potencia por factor de potencia, por lo que se propone utilizar el de una maquina similar. Se utilizó la siguiente curva disponible públicamente².

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

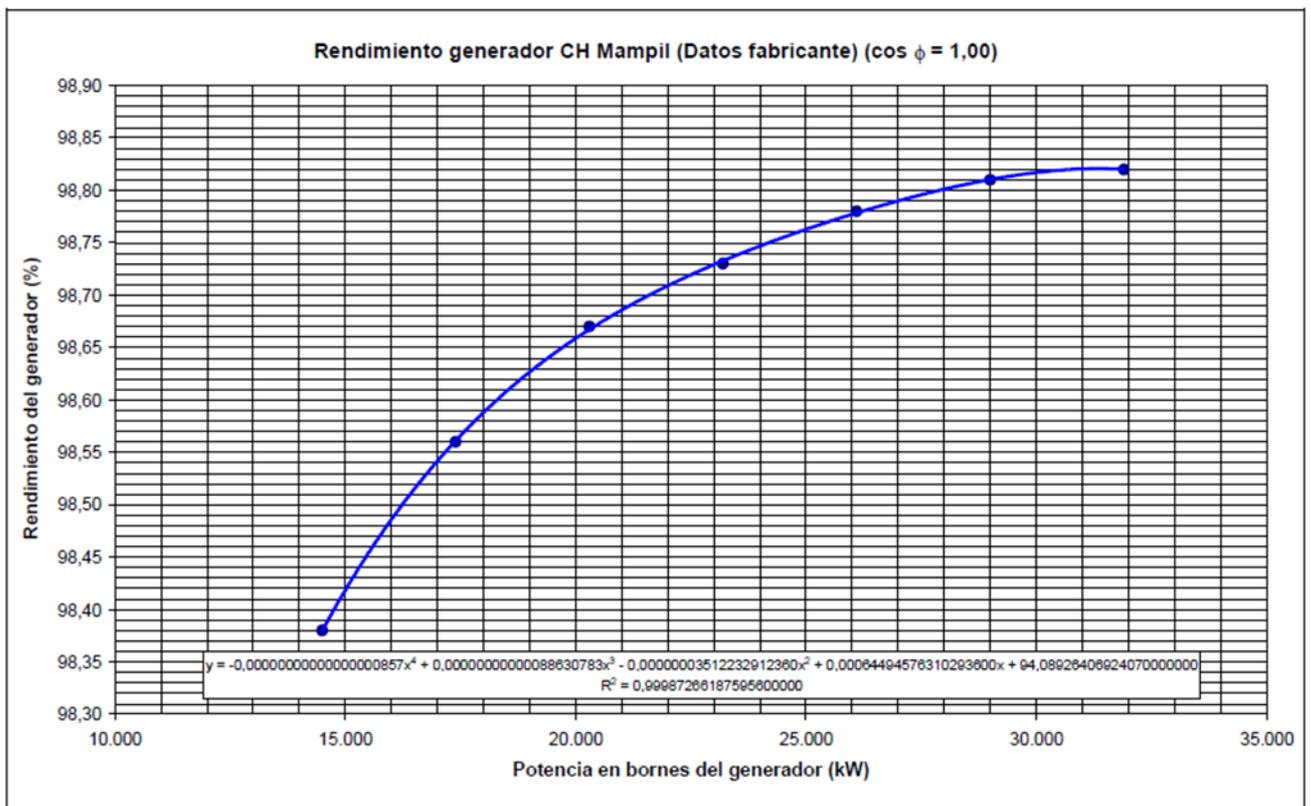


Figura 4.10 - Curva de corrección por factor de potencia

4.3.2 Metodología de corrección

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

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

4.4 Instrumentación y mediciones

Según lo establecido en el Artículo 31 del Anexo Técnico, las mediciones de potencia y factor de potencia deberán realizarse con instrumentos clase 0.2.

En la Figura 4.11 y Figura 4.12, se presenta un diagrama unilineal simplificado de planta donde se distinguen los elementos de interés.

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

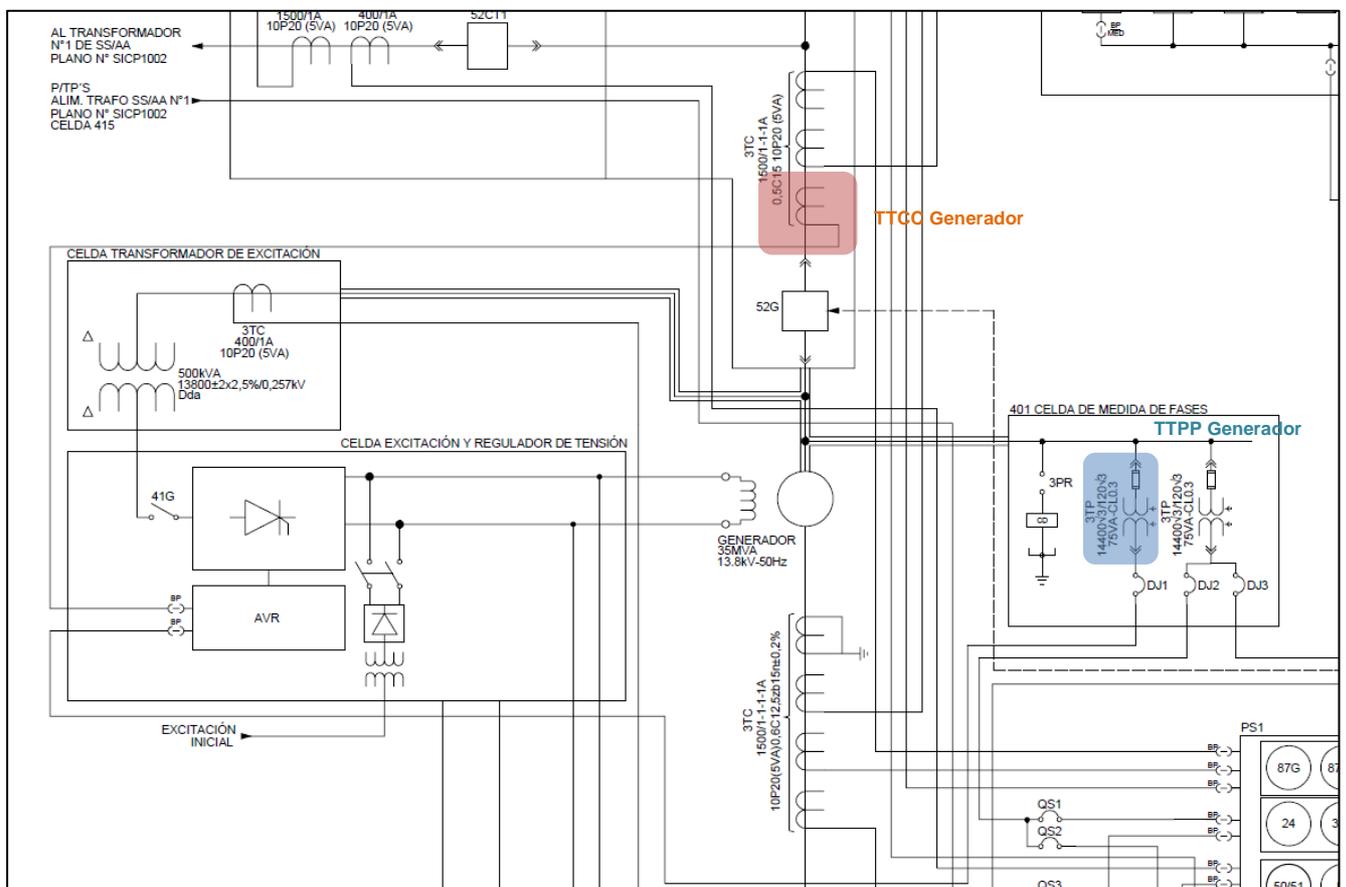


Figura 4.11 - Unilineal de planta esquemático

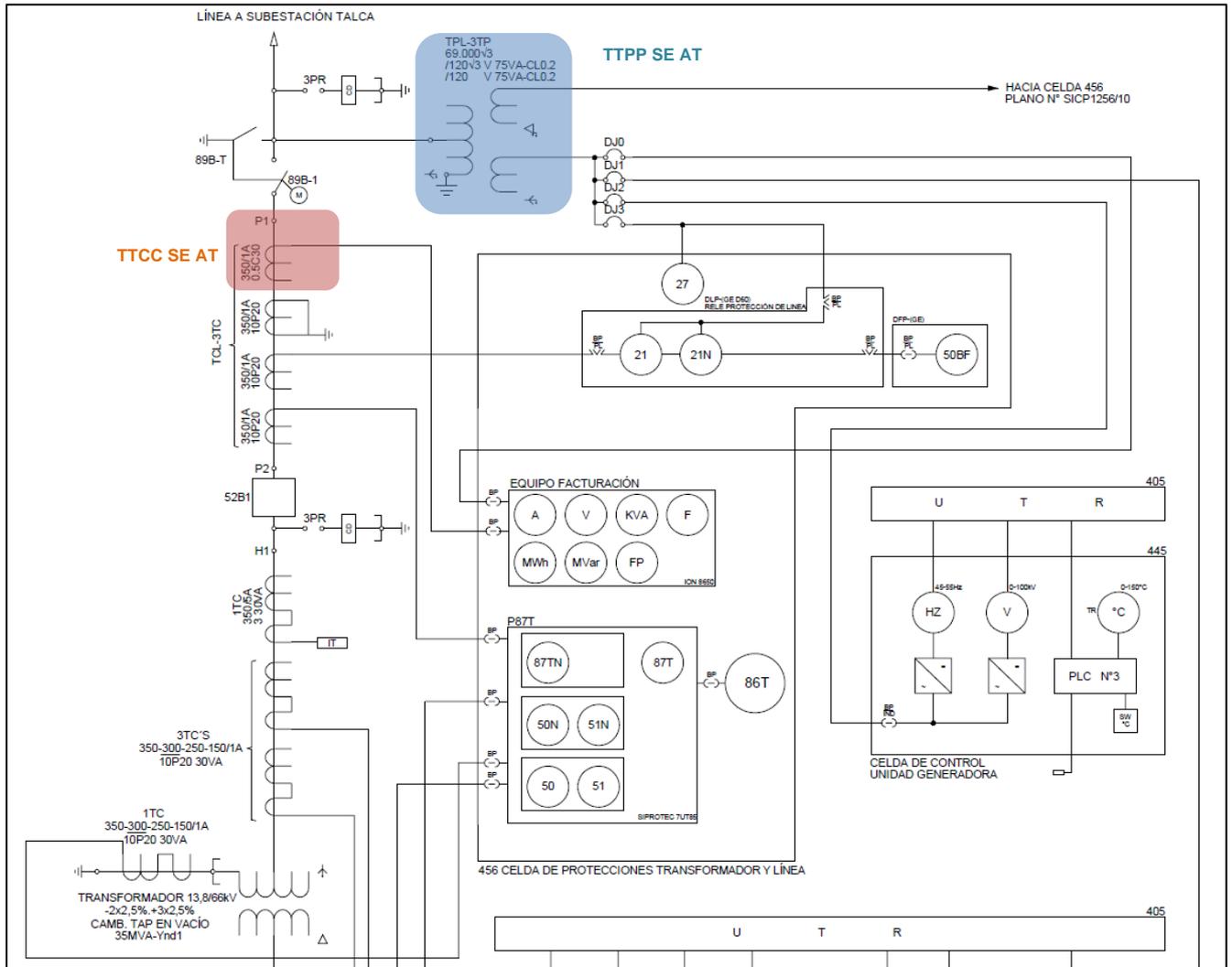


Figura 4.12 - Unilineal de planta esquemático – Salida de Barra 66/13.8 kV



4.4.1 Metodología

Se realizó la medición de potencia bruta y factor de potencia en bornes del generador tal como se solicita en el Anexo Técnico. La potencia neta se midió a partir de un medidor ubicado en la SE San Clemente 66 kV.

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

Para la medición de potencia bruta, se han utilizado los transformadores de instrumentación (PTs, CTs) que son clase 0.3 y 0.5, respectivamente (Figura 4.11). Para la medición de voltaje se utilizaron transformadores de tensión cuyas relaciones de transformación son 14/0.12 kV. Para la medición de corriente se utilizaron transformadores de corriente cuyas relaciones de transformación son 1500/1 A.

Para la medición de potencia bruta se utilizó un medidor externo ION 8600 que el Coordinado instaló para las pruebas. El mismo es clase 0.2 y cumple con las exigencias de precisión requeridas.

Para la medición de potencia neta, se han utilizado los transformadores de instrumentación (PTs, CTs) que son clase 0.2 y 0.5, respectivamente (Figura 4.12). Para la medición de voltaje se utilizaron transformadores de tensión cuyas relaciones de transformación son 69/0.12 kV. Para la medición de corriente se utilizaron transformadores de corriente cuyas relaciones de transformación son 350/1 A.

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

En la sección de anexo 9.4 se detallan los puntos desde donde se realizan las mediciones de cada variable, en tanto en la sección de anexo 9.5 se muestran los antecedentes técnicos y certificados de calibración asociados a los equipos de medición.



4.4.2 Instrumentación principal

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

#	Magnitud	Instrumento	Tipo, clase y muestreo	Propietario y certificado	Ubicación	Tipo de Registro
1	Potencia activa bruta U1	ION 8600 Serie: MT-1308A175-01	A, 0.2, 1 min	Colbún Figura 9.15	Conectado a PTs CTs clase 0.3 y 0.5, respectivamente. (Figura 9.5)	Digital
2	Factor de potencia U1	ION 8600 Serie: MT-1308A175-01	A, 0.2, 1 min	Colbún Figura 9.15	Conectado a PTs CTs clase 0.3 y 0.5, respectivamente (Figura 9.5)	Digital
3	Potencia activa neta	ION 8650 Serie: MW-1412A789-01	A, 0.2, 1 min	Colbún Figura 9.16	Conectado a PTs CTs clase 0.2 y 0.5, respectivamente (Figura 9.10)	Digital

Tabla 4.4 - Instrumentación principal de potencia

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

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



4.4.3 Mediciones complementarias

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

Variable Complementaria	TAGS
Potencia activa [MW]	0CJA05CE501:EP4_SIPOT_XX_XX_ACTIVA
Potencia reactiva [Mvar]	0CJA05CE502:EP4_SIPOT_XX_XX_REACTIVA
Factor de potencia [-]	Calculado
Velocidad [%]	0CJA04CE507:EP4_SIVELOC_XX_XX_TURB
Frecuencia [Hz]	0CJA05CE505:EP4_SIU_XX_XX_FRECUENCIA
Tensión del generador [kV]	0CJA05CE503:EP4_SIU_XX_XX_VOLTAJE
Corriente fase Activa [A]	0CJA05CE504:EP4_SIU_XX_XX_CORRIENTE
Tensión de campo [V]	0CJA05CE507:EP4_SIVOLT_XX_XX_EXITA
Corriente de campo [A]	0CJA05CE508:EP4_SICORRI_XX_XX_EXITA
Apertura Distribuidor [%]	0CJA04CE508:EP4_SIPOS_XX_XX_DISTRIBUI
Nivel Cámara De Carga [msnm]	CLB-PI03-PRD-NE\CB- C:EP4_SICAM_CARGA_XX_NIVEL.PV
Temperatura enfriado gen [°C]	1MKA10CT001:EP4_SITEMP_ENFRI_XX_GEN
Temperatura de armadura [°C]	1MKC02GK001:EP4_SITEMP_XX_XX_ARMADU
Temperatura de estator [°C]	0CJA05CE510:EP4_SITEMP_XX_XX_ESTATOR
Temperatura rotor [°C]	0CJA05CE511:EP4_SITEMP_XX_XX_ROTOR
Temperatura aceite transformador poder [°C]	0BAT10CT001:EP4_SITRAFO_XX_XX_PODER
Temperatura descanso guía turbina Seg A [°C]	1MED20CT001:EP4_SI_TEM_DGT_SEGA
Temperatura descanso guía turbina Seg B [°C]	1MED20CT002:EP4_SI_TEM_DGT_SEGB
Temperatura descanso guía turbina Seg C [°C]	1MED20CT003:EP4_SI_TEM_DGT_SEGC
Temperatura descanso guía superior Seg A [°C]	1MKD10CT001:EP4_SI_TEM_XX_DGSSEGA
Temperatura descanso guía superior Seg B [°C]	1MKD10CT002:EP4_SI_TEM_XX_DGSSEGB
Temperatura descanso guía superior Seg C [°C]	1MKD10CT003:EP4_SI_TEM_XX_DGSSEGC
Temperatura descanso guía superior Seg D [°C]	1MKD10CT004:EP4_SI_TEM_XX_DGSSEGD
Temperatura descanso guía superior Seg E [°C]	1MKD10CT005:EP4_SI_TEM_XX_DGSSEGE
Temperatura descanso guía superior cuba [°C]	1MKD10CT009:EP4_SI_TEM_CUBA_DGS
Temperatura descanso guía inferior Seg A [°C]	1MKD20CT001:EP4_SI_TEM_DGI_SEGA
Temperatura descanso guía inferior Seg B [°C]	1MKD20CT002:EP4_SI_TEM_DGI_SEGB



Temperatura descanso guía inferior Seg C [°C]	1MKD20CT003:EP4_SI_TEM_DGI_SEGC
Temperatura descanso guía inferior Seg D [°C]	1MKD20CT004:EP4_SI_TEM_DGI_SEGD
Temperatura descanso guía inferior Seg E [°C]	1MKD20CT005:EP4_SI_TEM_DGI_SEGE
Temperatura descanso guía inferior Seg F [°C]	1MKD20CT006:EP4_SI_TEM_DGI_SEGF
Temperatura descanso guía inferior Seg G [°C]	1MKD20CT007:EP4_SI_TEM_DGI_SEGG
Temperatura descanso guía inferior cuba [°C]	1MKD20CT010:EP4_SI_TEM_CUBA_DGI
Temperatura descanso empuje cuba [°C]	1MED10CL101:EP4_SI_TEM_CUBA_DE
Temperatura descanso empuje zap A [°C]	1MED10CT003:EP4_SI_TEM_DE_ZAPA
Temperatura descanso empuje zap B [°C]	1MED10CT004:EP4_SI_TEM_DE_ZAPB
Temperatura descanso empuje zap C [°C]	1MED10CT005:EP4_SI_TEM_DE_ZAPC
Temperatura descanso empuje zap D [°C]	1MED10CT006:EP4_SI_TEM_DE_ZAPD
Temperatura descanso empuje zapata[°C]	0CJA09CE503:EP4_SIDET_XX_XX_TEMP
Tensión SSAA [V]	CLB-PI03-PRD-NE\CB- C:EP4_SISSAA_U_XX_VOLT.PV
Corriente SSAA [A]	CLB-PI03-PRD-NE\CB- C:EP4_SISSAA_U_XX_CTE.PV
Consumos SSAA [kW]	Calculado

Tabla 4.5 - Variables SCADA Central San Ignacio

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



4.5 Estimación de pérdidas y consumos propios de la unidad

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

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

Consumos	Potencia estimada	
Consumos de SSAA	124.93 kW	
Pérdidas en el transformador principal	Vacío	Totales
	21.82 kW	193.4 kW

Tabla 4.6 - Valores teóricos obtenidos de pérdidas y consumos propios

4.5.1 Consumos propios de los servicios auxiliares

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

Períodos												
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Hora		09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	
Consumos SSAA												
P _{SSAA}	Potencia total consumida por los servicios auxiliares	[kW]	125,846	121,129	119,290	121,969	124,446	125,120	126,792	131,411	135,868	117,437
	Promedio P _{SSAA}	[kW]	124,93									

Tabla 4.7 - Mediciones de consumos de SS.AA



4.5.2 Pérdidas en el transformador principal

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

VOLTS MEDIO * 1.11					VOLTS EFICAZ				
% VN	VRS	VRT	VST	KV MED	VRS	VRT	VST	KV MED	CONST
70	9.65	9.67	9.65	9.660	9.47	9.67	9.66	9.600	1.00
75	10.41	10.43	10.41	10.420	10.24	10.43	10.42	10.360	1.00
80	11.09	11.11	11.09	11.100	10.92	11.11	11.10	11.050	1.00
85	11.74	11.76	11.74	11.750	11.57	11.76	11.75	11.700	1.00
90	12.48	12.51	12.48	12.490	12.32	12.51	12.50	12.450	1.00
95	13.15	13.18	13.15	13.160	13.00	13.19	13.18	13.120	1.00
100	13.86	13.90	13.86	13.880	13.73	13.92	13.90	13.850	1.00
105	14.62	14.70	14.62	14.650	14.53	14.73	14.70	14.650	1.00
110	15.04	15.14	15.04	15.070	14.98	15.19	15.16	15.110	1.00
115	15.62	15.77	15.62	15.670	15.67	15.90	15.84	15.800	1.00

CORRIENTE					PERDIDAS MEDIDAS				
CONST	IR	IS	IT	I(A) MED	WR	WS	WT	kW	CONST
1.00	0.92	0.66	0.67	0.750	3.91	2.27	3.24	9.420	1.00
1.00	1.12	0.85	0.82	0.930	4.58	2.60	3.85	11.040	1.00
1.00	1.34	1.05	1.00	1.130	5.24	2.89	4.47	12.600	1.00
1.00	1.62	1.31	1.24	1.390	5.93	3.16	5.16	14.240	1.00
1.00	2.07	1.72	1.62	1.800	6.82	3.48	6.08	16.380	1.00
1.00	2.69	2.29	2.17	2.380	7.76	3.81	7.12	18.680	1.00
1.00	3.80	3.28	3.14	3.410	9.07	4.04	8.71	21.820	1.00
1.00	6.15	5.27	5.14	5.520	11.08	3.59	11.83	26.510	1.00
1.00	8.60	7.36	7.22	7.720	12.60	2.64	14.66	29.900	1.00
1.00	15.43	13.33	13.19	13.990	15.58	-0.27	20.66	35.970	1.00

Tabla 4.8 - Pérdidas en carga transformador principal



Relatorio de Pruebas ANSALDO ENC. : 111.115/U
Coemsa Ansaldo S.A. PG 26 DE 102

PRUEBA DE LA RESISTENCIA OHMICA DE LOS DEVANADOS

Cliente..... COLBUM
Num. Serie..... 111.115/U

Datos del ENSAYO
Enrolamiento.....: H1H0/H2H0/H3H0

Datos de la Instrumentacion
Volt.....: 100.00/100 V/DIV
Amp.....: 150/45 A/DIV

FASES	POSICION CONMUTADOR	DIVISIONES VOLTIMETRO	DIVISIONES AMPEREMETRO	RESISTENCIA OHMICA (Ω)	TEMP. DEL ACEITE (°C)	RESISTENCIA A 75°C (Ω)
H1H0	70.950	3.838	4.167	0.2763139	30.5	0.3227138
H2H0	70.950	3.844	4.165	0.2768788	30.5	0.3233735
H3H0	70.950	3.859	4.187	0.2764987	30.5	0.3229296
Resistencia Media p/ Fase				0.2765638	30.50	0.3230056
H1H0	69.300	3.776	4.196	0.2699714	30.5	0.3153062
H2H0	69.300	3.776	4.187	0.2705517	30.5	0.3159840
H3H0	69.300	3.781	4.189	0.2707806	30.5	0.3162513
Resistencia Media p/ Fase				0.2704346	30.50	0.3158472
H1H0	67.650	3.698	4.205	0.2638288	30.5	0.3081321
H2H0	67.650	3.686	4.187	0.2641032	30.5	0.3084526
H3H0	67.650	3.705	4.208	0.2641397	30.5	0.3084953
Resistencia Media p/ Fase				0.2640239	30.50	0.3083600
H1H0	66.000	3.710	4.321	0.2575793	30.5	0.3008331
H2H0	66.000	3.625	4.223	0.2575184	30.5	0.3007620
H3H0	66.000	3.640	4.238	0.2576687	30.5	0.3009376

PRUEBA DE LA RESISTENCIA OHMICA DE LOS DEVANADOS

Cliente..... COLBUM
Num. Serie..... 111.115/U

Datos del ENSAYO
Enrolamiento.....: X1X2/X2X3/X3X1

Datos de la Instrumentacion
Volt.....: 100.00/100 V/DIV
Amp.....: 150/45 A/DIV

FASES	POSICION CONMUTADOR	DIVISIONES VOLTIMETRO	DIVISIONES AMPEREMETRO	RESISTENCIA OHMICA (Ω)	TEMP. DEL ACEITE (°C)	RESISTENCIA A 75°C (Ω)
X1X2	13.800	0.21100	4.372	0.0144785	30.5	0.0169098
X2X3	13.800	0.21107	4.373	0.0144800	30.5	0.0169115
X3X1	13.800	0.21107	4.372	0.0144833	30.5	0.0169154

Tabla 4.9 - Pérdidas en carga transformador principal



5 REALIZACIÓN DE LA PRUEBA

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

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

5.1 Chequeos preliminares

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

Se verificó:

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

5.2 Desarrollo de las pruebas

5.2.1 Verificaciones previas

Se verificó el cumplimiento de las condiciones de prueba establecidas:

- a. Todas las protecciones estaban operativas y sin falla.
- b. No existían alarmas relevantes.
- c. La unidad estaba disponible para operar a máxima potencia.
- d. La unidad no participa ni tiene activado el Control Primario de Frecuencia. La potencia activa quedo establecida por la apertura máxima alcanzada por el distribuidor.
- e. Para las pruebas de el factor de potencia (FP) de la unidad fue ajustado lo más cercano posible a 0.95 de acuerdo con lo exigido en el Anexo Técnico.
- f. La barra de SS.AA. estuvo aislada de conexiones externas a la central.



5.3 Condiciones previas al inicio de los ensayos

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

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

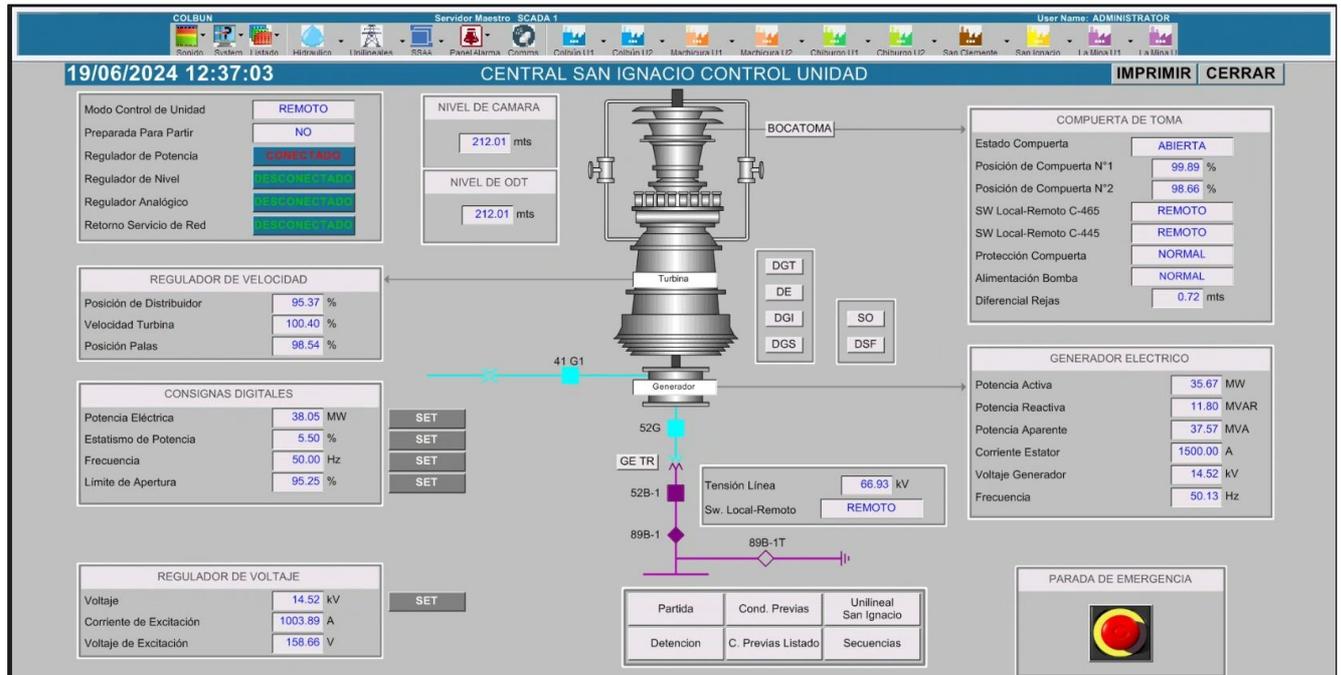


Figura 5.1 - Condiciones operativas durante los ensayos – Unidad 1



5.4 Incremento de potencia, estabilización e inicio de la prueba

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

En dicho punto se verificaron las condiciones de prueba establecidas en Tabla 4.1 del procedimiento, las cuales son: verificar que la unidad no participa del Control Primario de Frecuencia y ajustar el factor de potencia al valor más cercano posible a 0.95 que permita la red y/o limitadores.

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

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

Arranque de la unidad	Despachada
Inicio del período de estabilización	8:30 Hs
Fin del período de estabilización	9:00 Hs
Inicio del período de prueba	9:00 Hs
Fin del período de prueba	14:00 Hs

Tabla 5.1 - Etapas de la prueba para la Unidad 1



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 5.2 - Máximas variaciones permisibles en las condiciones de operación

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

Períodos		ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test Run n°	Hora		09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30
Verificación de condiciones de estabilidad												
P _{Neta}	Potencia Neta medido en Alta	1,50%	0,219%	0,301%	0,307%	0,225%	0,175%	0,395%	0,234%	0,306%	0,177%	0,345%
P _{BRUTA}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	1,50%	0,199%	0,297%	0,238%	0,207%	0,170%	0,305%	0,173%	0,170%	0,187%	0,301%
Nivel	Altura bruta del nivel de laguna	1,00%	0,016%	0,016%	0,001%	0,016%	0,016%	0,016%	0,016%	0,016%	0,001%	0,115%
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	2,00%	0,336%	0,284%	0,168%	0,206%	0,307%	0,229%	0,193%	0,371%	0,100%	0,088%
Frec	Velocidad de Rotación	0,50%	0,109%	0,158%	0,063%	0,049%	0,107%	0,076%	0,124%	0,079%	0,079%	0,049%
Estabilidad	¿Se cumplen los criterios para todas las variables?		SI									

Tabla 5.3 - Verificación de estabilidad para la Unidad 1

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



6 CÁLCULOS REALIZADOS Y RESULTADOS

6.1 Reducción de datos y estabilidad

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

6.2 Determinación de la potencia bruta y de pérdidas totales

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

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

Dónde:

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

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

Períodos		ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test Run n°	Hora		09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30
Variables Primarias												
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	-	0,953	0,952	0,953	0,958	0,958	0,945	0,953	0,957	0,953	0,951
P_{BRUTA}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	[MW]	35,35	35,43	35,45	35,45	35,46	35,43	35,41	35,42	35,45	35,43
P_{Neta}	Potencia Neta medido en Alta	[MW]	35,03	35,10	35,10	35,11	35,14	35,08	35,07	35,08	35,11	35,09
Determinación pérdidas totales												
$P_{Bruta, No Corr}$	Potencia Bruta medida - Total	[MW]	35,353	35,431	35,448	35,450	35,464	35,428	35,414	35,420	35,449	35,433
$P_{Neta, No Corr}$	Potencia Neta medida - Total	[MW]	35,029	35,103	35,100	35,109	35,143	35,076	35,070	35,083	35,115	35,093
L_{TOTALS}	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos	[MW]	0,324	0,328	0,348	0,341	0,321	0,352	0,344	0,337	0,334	0,340
	L_{TOTALS}	[kW]	336,86									

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



6.2.1 Determinación de la potencia de pérdidas y consumos propios

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

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

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

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

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

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

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

Pérdidas en el transformador principal

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

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

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

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

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



Pérdidas en la red interna

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

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

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

Períodos		ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test Run n°			09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30
Hora												
Variables Primarias												
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	-	0,953	0,952	0,953	0,958	0,958	0,945	0,953	0,957	0,953	0,951
P _{BRUTA}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	[MW]	35,35	35,43	35,45	35,45	35,46	35,43	35,41	35,42	35,45	35,43
P _{Neta}	Potencia Neta medido en Alta	[MW]	35,03	35,10	35,10	35,11	35,14	35,08	35,07	35,08	35,11	35,09
Determinación pérdidas totales												
P _{Bruta, No Corr}	Potencia Bruta medida - Total	[MW]	35,353	35,431	35,448	35,450	35,464	35,428	35,414	35,420	35,449	35,433
P _{Neta, No Corr}	Potencia Neta medida - Total	[MW]	35,029	35,103	35,100	35,109	35,143	35,076	35,070	35,083	35,115	35,093
L _{TOTALES}	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos	[MW]	0,324	0,328	0,348	0,341	0,321	0,352	0,344	0,337	0,334	0,340
	L _{TOTALES}	[kW]	336,86									
P _{PERD,TR}	Pérdidas en el transformador principal	[MW]	0,194	0,194	0,194	0,194	0,195	0,194	0,194	0,194	0,195	0,194
	P _{PERD,TR}	[kW]	194,30									
P _{SSAA}	Potencia total consumida por los servicios auxiliares	[MW]	0,126	0,121	0,119	0,122	0,124	0,125	0,127	0,131	0,136	0,117
	P _{SSAA}	[kW]	124,93									
P _{PERD,RED}	Pérdidas en la red interna	[MW]	0,004	0,012	0,034	0,025	0,002	0,033	0,023	0,011	0,004	0,028
	P _{PERD,RED}	[kW]	17,63									

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

6.2.2 Desglose de la potencia de pérdidas totales

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

Consumos	Potencia estimada
Consumos de SSAA	124.93 kW
Pérdidas en el transformador principal	194.30 kW
Pérdidas en la red interna	17.63 kW
Total	336.86 kW

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



6.3 Correcciones aplicables a la potencia bruta

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

Según lo establece el anexo técnico pueden aplicarse correcciones por:

1. Corrección por factor de potencia.

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

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

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

Dónde:

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



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

Períodos												
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Hora		09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	
Variables Primarias												
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	-	0,953	0,952	0,953	0,958	0,958	0,945	0,953	0,957	0,953	0,951
P _{BRUTA}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	[MW]	35,35	35,43	35,45	35,45	35,46	35,43	35,41	35,42	35,45	35,43
P _{Neta}	Potencia Neta medido en Alta	[MW]	35,03	35,10	35,10	35,11	35,14	35,08	35,07	35,08	35,11	35,09
Correcciones a la Potencia bruta												
L _{FP}	Diferencia en pérdidas por FP	[kW]	2,260	1,210	2,351	5,542	5,605	-3,641	2,041	4,879	2,083	0,714
P_{Bruta, Corr}	Potencia Bruta corregida por los factores permitidos en el Anexo Técnico	[MW]	35,35	35,43	35,45	35,44	35,46	35,43	35,41	35,41	35,45	35,43

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



6.4 Cálculo de la Potencia Neta corregida

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

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

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

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

Dónde:

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



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

Períodos		ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test Run n°	Hora		09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30
Determinación pérdidas totales												
P _{Bruta, No Corr}	Potencia Bruta medida - Total	[MW]	35,353	35,431	35,448	35,450	35,464	35,428	35,414	35,420	35,449	35,433
P _{Neta, No Corr}	Potencia Neta medida - Total	[MW]	35,029	35,103	35,100	35,109	35,143	35,076	35,070	35,083	35,115	35,093
L _{TOTALES}	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos	[MW]	0,324	0,328	0,348	0,341	0,321	0,352	0,344	0,337	0,334	0,340
	L _{TOTALES}	[kW]	336,86									
P _{PERD,TR}	Pérdidas en el transformador principal	[MW]	0,194	0,194	0,194	0,194	0,195	0,194	0,194	0,194	0,195	0,194
	P _{PERD,TR}	[kW]	194,30									
P _{SSAA}	Potencia total consumida por los servicios auxiliares	[MW]	0,126	0,121	0,119	0,122	0,124	0,125	0,127	0,131	0,136	0,117
	P _{SSAA}	[kW]	124,93									
P _{PERD,RED}	Pérdidas en la red interna	[MW]	0,004	0,012	0,034	0,025	0,002	0,033	0,023	0,011	0,004	0,028
	P _{PERD,RED}	[kW]	17,63									
Correcciones a la Potencia bruta												
L _{FP}	Diferencia en pérdidas por FP	[kW]	2,260	1,210	2,351	5,542	5,605	-3,641	2,041	4,879	2,083	0,714
P _{Bruta, Corr}	Potencia Bruta corregida por los factores permitidos en el Anexo Técnico	[MW]	35,35	35,43	35,45	35,44	35,46	35,43	35,41	35,41	35,45	35,43
Cálculo promedio final												
P _{Bruta, Corr}	Valores utilizados para	[MW]	35,35	35,43	35,45	35,44	35,46	35,43	35,41	35,41	35,45	35,43
P _{Neta, Corr}	cálculo de promedio final	[MW]	35,03	35,10	35,10	35,10	35,14	35,08	35,07	35,08	35,11	35,09

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



6.5 Cálculo del promedio final

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

- Unidad 1: **35,43 MW**

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

- Unidad 1: **35,09 MW**

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

Períodos												
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Hora		09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	
Cálculo promedio final												
P_{Bruta, Corr}	Valores utilizados para	[MW]	35,35	35,43	35,45	35,44	35,46	35,43	35,41	35,41	35,45	35,43
P_{Neta, Corr}	cálculo de promedio final	[MW]	35,03	35,10	35,10	35,10	35,14	35,08	35,07	35,08	35,11	35,09
P_{MAX, Bruta}	Potencia Máxima Bruta	[MW]	35,43									
P_{MAX, Neta}	Potencia Máxima Neta	[MW]	35,09									

Tabla 6.6 - Promedio Final para la Unidad 1



6.6 Tabla Resumen general

Todos los cálculos presentados anteriormente se resumen a continuación.

Períodos												
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Hora		09:00	09:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	
Variables Primarias												
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	-	0,953	0,952	0,953	0,958	0,958	0,945	0,953	0,957	0,953	0,951
P _{BRUTA}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	[MW]	35,35	35,43	35,45	35,45	35,46	35,43	35,41	35,42	35,45	35,43
P _{NETA}	Potencia Neta medido en Alta	[MW]	35,03	35,10	35,10	35,11	35,14	35,08	35,07	35,08	35,11	35,09
Variables Secundarias												
Nivel	Altura bruta del nivel de presa	[msnm]	212,08	212,80	212,80	212,80	212,80	212,80	212,80	212,80	212,80	212,34
Frec	Velocidad de Rotación - Para estabilidad	[Hz]	49,94	49,97	50,07	50,05	50,05	50,04	50,02	50,03	50,08	49,95
Verificación de condiciones de estabilidad												
P _{NETA}	Potencia Neta medido en Alta	1,50%	0,219%	0,301%	0,307%	0,225%	0,175%	0,395%	0,234%	0,306%	0,177%	0,345%
P _{BRUTA}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	1,50%	0,199%	0,297%	0,238%	0,207%	0,170%	0,305%	0,173%	0,170%	0,187%	0,301%
Nivel	Altura bruta del nivel de laguna	1,00%	0,016%	0,016%	0,001%	0,016%	0,016%	0,016%	0,016%	0,016%	0,001%	0,115%
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	2,00%	0,336%	0,284%	0,168%	0,206%	0,307%	0,229%	0,193%	0,371%	0,100%	0,088%
Frec	Velocidad de Rotación	0,50%	0,109%	0,158%	0,063%	0,049%	0,107%	0,076%	0,124%	0,079%	0,079%	0,049%
Estabilidad	¿Se cumplen los criterios para todas las variables?		SI									
Consumos SSAA												
P _{SSAA}	Potencia total consumida por los servicios auxiliares	[kW]	125,846	121,129	119,290	121,969	124,446	125,120	126,792	131,411	135,868	117,437
	Promedio P _{SSAA}	[kW]	124,93									
Determinación pérdidas totales												
P _{BRUTA, No Corr}	Potencia Bruta medida - Total	[MW]	35,353	35,431	35,448	35,450	35,464	35,428	35,414	35,420	35,449	35,433
P _{NETA, No Corr}	Potencia Neta medida - Total	[MW]	35,029	35,103	35,100	35,109	35,143	35,076	35,070	35,083	35,115	35,093
L _{TOTALES}	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos	[MW]	0,324	0,328	0,348	0,341	0,321	0,352	0,344	0,337	0,334	0,340
	L _{TOTALES}	[kW]	336,86									
P _{PERD,TR}	Pérdidas en el transformador principal	[MW]	0,194	0,194	0,194	0,194	0,195	0,194	0,194	0,194	0,195	0,194
	P _{PERD,TR}	[kW]	194,30									
P _{SSAA}	Potencia total consumida por los servicios auxiliares	[MW]	0,126	0,121	0,119	0,122	0,124	0,125	0,127	0,131	0,136	0,117
	P _{SSAA}	[kW]	124,93									
P _{PERD,RED}	Pérdidas en la red interna	[MW]	0,004	0,012	0,034	0,025	0,002	0,033	0,023	0,011	0,004	0,028
	P _{PERD,RED}	[kW]	17,63									
Correcciones a la Potencia bruta												
L _{FP}	Diferencia en pérdidas por FP	[kW]	2,260	1,210	2,351	5,542	5,605	-3,641	2,041	4,879	2,083	0,714
P _{BRUTA, Corr}	Potencia Bruta corregida por los factores permitidos en el Anexo Técnico	[MW]	35,35	35,43	35,45	35,44	35,46	35,43	35,41	35,41	35,45	35,43
Cálculo promedio final												
P _{BRUTA, Corr}	Valores utilizados para cálculo de promedio final	[MW]	35,35	35,43	35,45	35,44	35,46	35,43	35,41	35,41	35,45	35,43
P _{NETA, Corr}		[MW]	35,03	35,10	35,10	35,10	35,14	35,08	35,07	35,08	35,11	35,09
P _{MAX, Bruta}	Potencia Máxima Bruta	[MW]	35,43									
P _{MAX, Neta}	Potencia Máxima Neta	[MW]	35,09									

Tabla 6.7 - Resumen general para la Unidad 1



6.7 Incertidumbre

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

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

Cálculo de incertidumbre - Potencia Bruta											
Variable	Unidad	Promedio	Desviación estándar	N	ts,v - 95%	Error de medición (Bx)	Error aleatorio (Sx)	Factor de sensibilidad (θ)	Incertidumbre sistémica ($Bx*\theta*ts,v$)	Incertidumbre aleatoria ($Sx*\theta*ts,v$)	
P_{BRUTA}	[kW]	35428,78	79,622	30	2,042	218,398	14,5370	1,00	445,9680	29,6845	
FP	[-]	0,953	0,002	30	2,042	0,006	0,0004	-523,92	-6,2863	-0,4246	
									U_R	447,00	[kW]

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

Cálculo de incertidumbre - Potencia Neta											
Variable	Unidad	Promedio	Desviación estándar	N	ts,v - 95%	Error de medición (Bx)	Error aleatorio (Sx)	Factor de sensibilidad (θ)	Incertidumbre sistémica ($Bx*\theta*ts,v$)	Incertidumbre aleatoria ($Sx*\theta*ts,v$)	
P_{BRUTA}	[kW]	35428,78	79,622	30	2,042	218,398	14,5370	0,00	0,00	0,00	
FP	[-]	0,953	0,002	30	2,042	0,006	0,0004	-523,92	-6,2863	-0,4246	
P_{Neta}	[kW]	35091,92	94,230	30	2,042	201,588	17,2039	1,00	411,6421	35,1304	
									U_R	413,19	[kW]

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



7 CONCLUSIONES

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

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

Resumen de resultados CH San Ignacio - Unidad 1		
Potencia Máxima	Bruta Medida [MW]	35,4288
	Bruta Corregida [MW]	35,4265
	Neta Medida [MW]	35,0919
	Neta Corregida [MW]	35,0896
Pérdidas y consumos internos	Consumos de SSAA [kW]	124,93
	Pérdidas en transformador principal [kW]	194,30
	Pérdidas en la red interna [kW]	17,63
	Pérdidas totales [kW]	336,86

Tabla 7.1 – Resumen resultados – Unidad 1



8 NORMATIVA

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



9 ANEXOS

9.1 Datos de placa del generador y turbina

DATOS DE PLACA DEL GENERADOR DE LA UNIDAD SAN IGNACIO		
ITEM	DESCRIPCIÓN	VALOR
1	Nº de Fases	3
2	Potencia Nominal	35 MVA
3	Potencia Máxima	37 MVA
4	Voltaje Nominal	13,8 kV
5	Corriente Nominal	1464,3 A
6	Frecuencia Nominal	50 Hz
7	Factor de Potencia	0,95
8	Velocidad Nominal	125 rpm
9	Velocidad de Embalamiento	200 rpm
10	Polos	48

Figura 9.1 - Datos de placa del generador

DATOS DE PLACA DE LA TURBINA DE LA UNIDAD SAN IGNACIO		
ITEM	DESCRIPCIÓN	VALOR
1	Unidad	San Ignacio
2	Tipo turbina	Kaplan
3	Año de construcción	1995
4	Velocidad nominal	125 rpm
5	Altura neta	21 m
6	Potencia nominal	34,84 MW
7	Potencia máxima	37MW
8	Caudal	180 m ³ /s
9	Rotación	Horario
10	Diámetro rodete	5000 mm

Figura 9.2 - Datos de placa de la turbina



9.2 Curva de capacidad

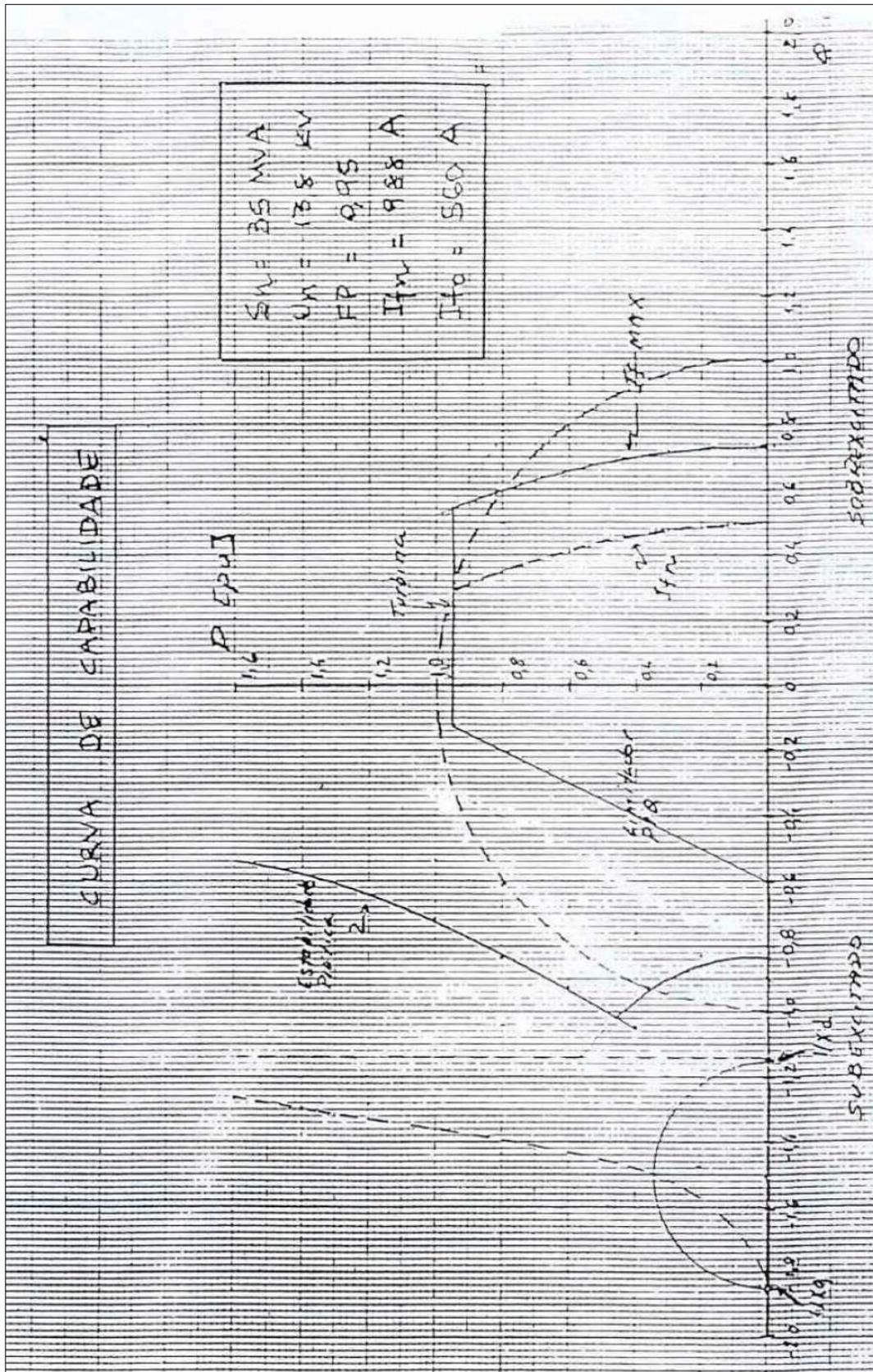


Figura 9.3 – Curva de capacidad



9.3 Datos característicos del Transformador principal

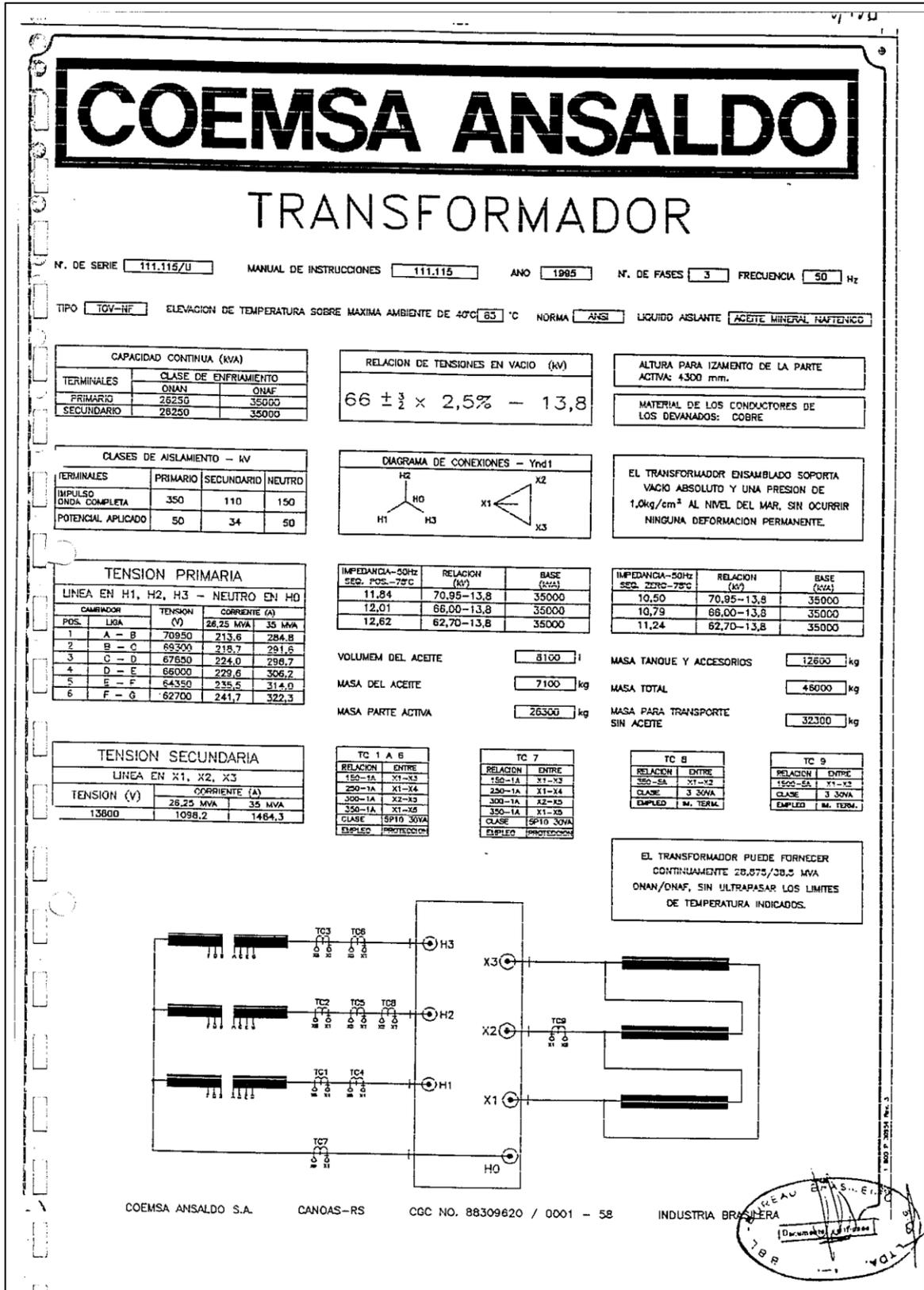


Figura 9.4 - Hoja de datos del transformador principal

9.4 Puntos de medición

9.4.1 Potencia bruta

En el siguiente unilínea general se pueden identificar los puntos de medición de la potencia bruta. Se muestran los núcleos de los transformadores de corriente y tensión de clase 0.5 y 0.3 respectivamente.

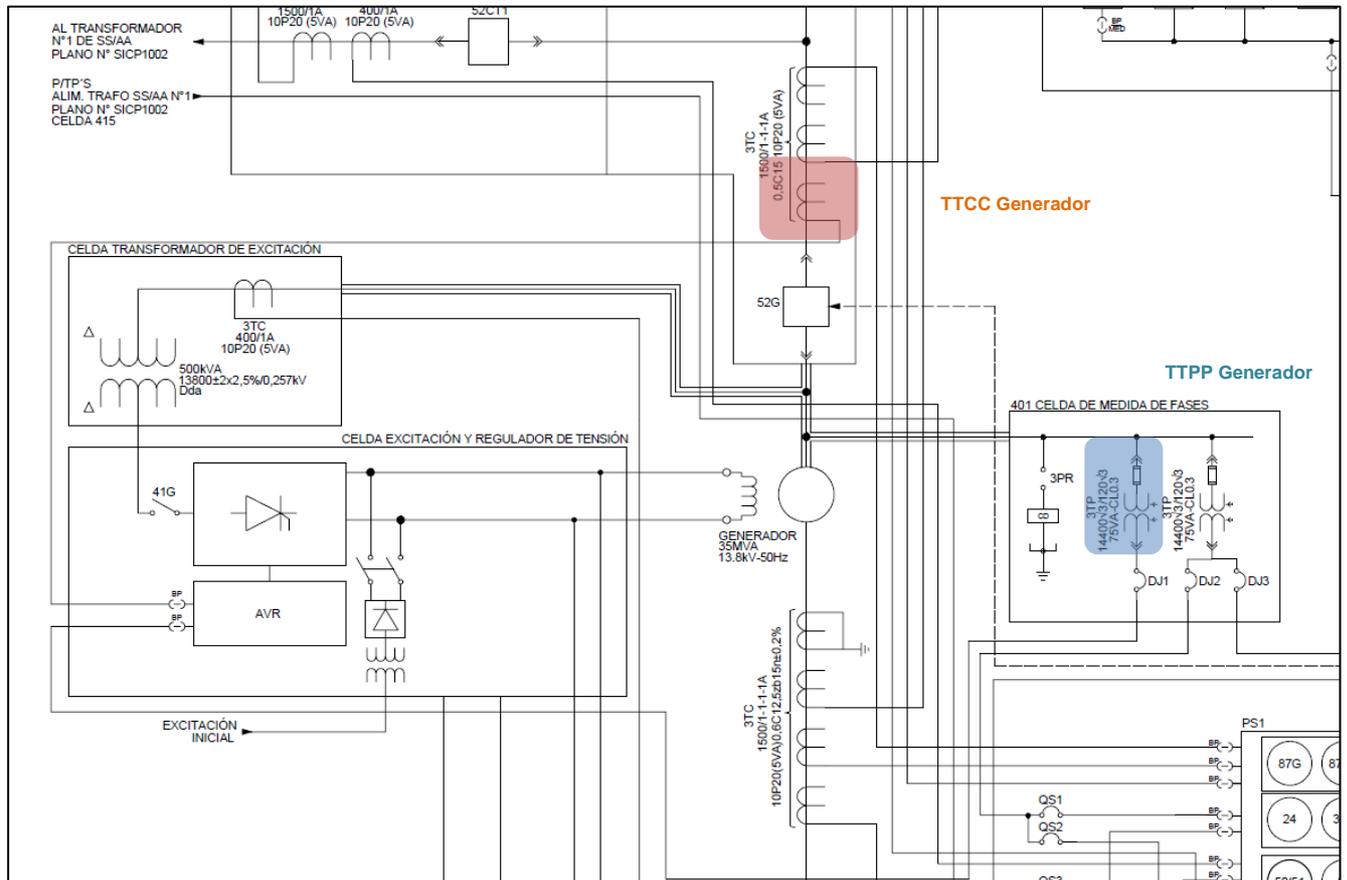


Figura 9.5 - Unilínea para mediciones de potencia bruta

En el siguiente trifilar se pueden identificar los puntos de medición de la potencia bruta:

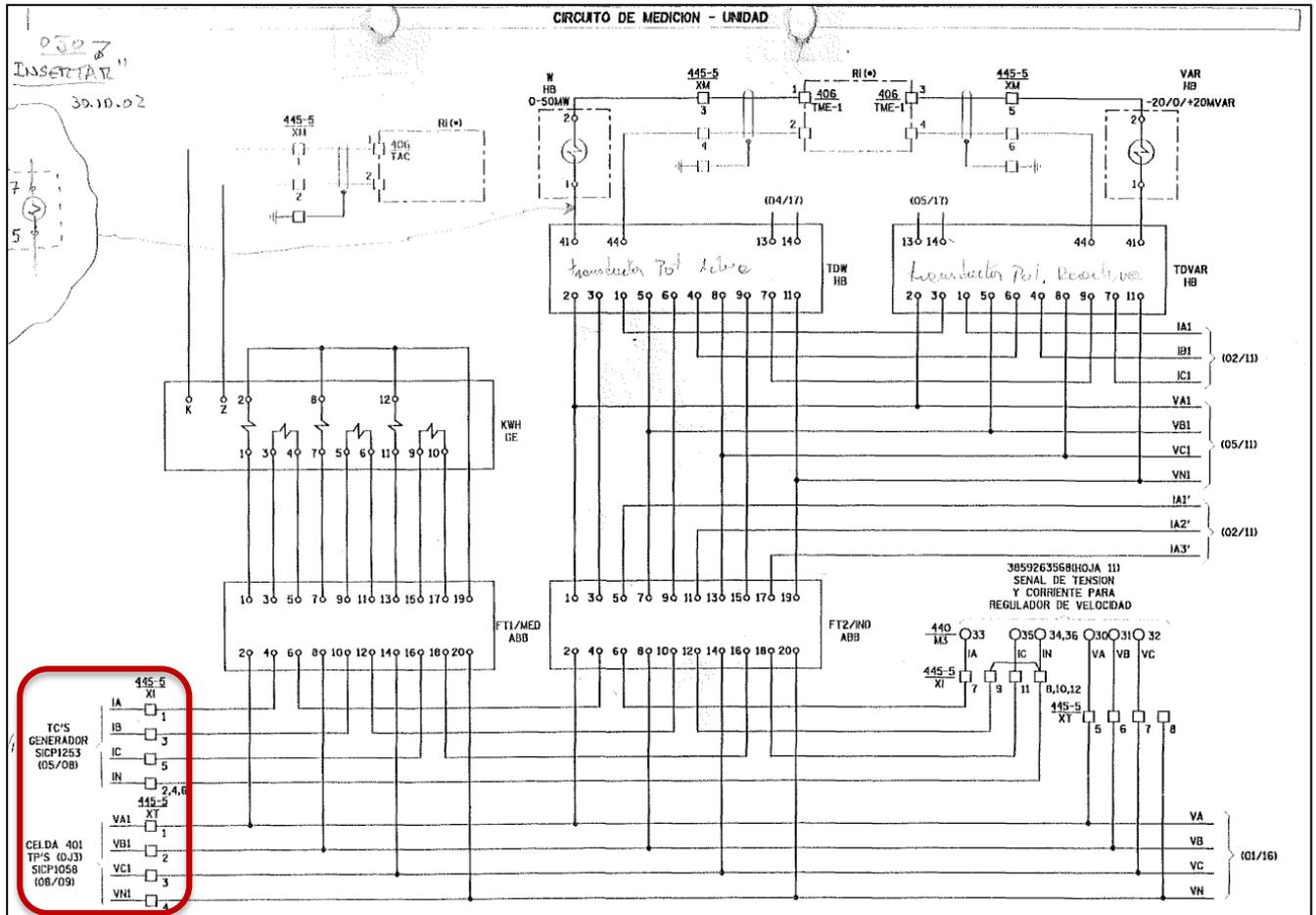


Figura 9.6 - Puntos de medición de tensión y corriente para medidor de potencia bruta y factor de potencia

En las siguientes figuras se presentan las características de los transformadores de potencial y corriente TTPP y TTCC

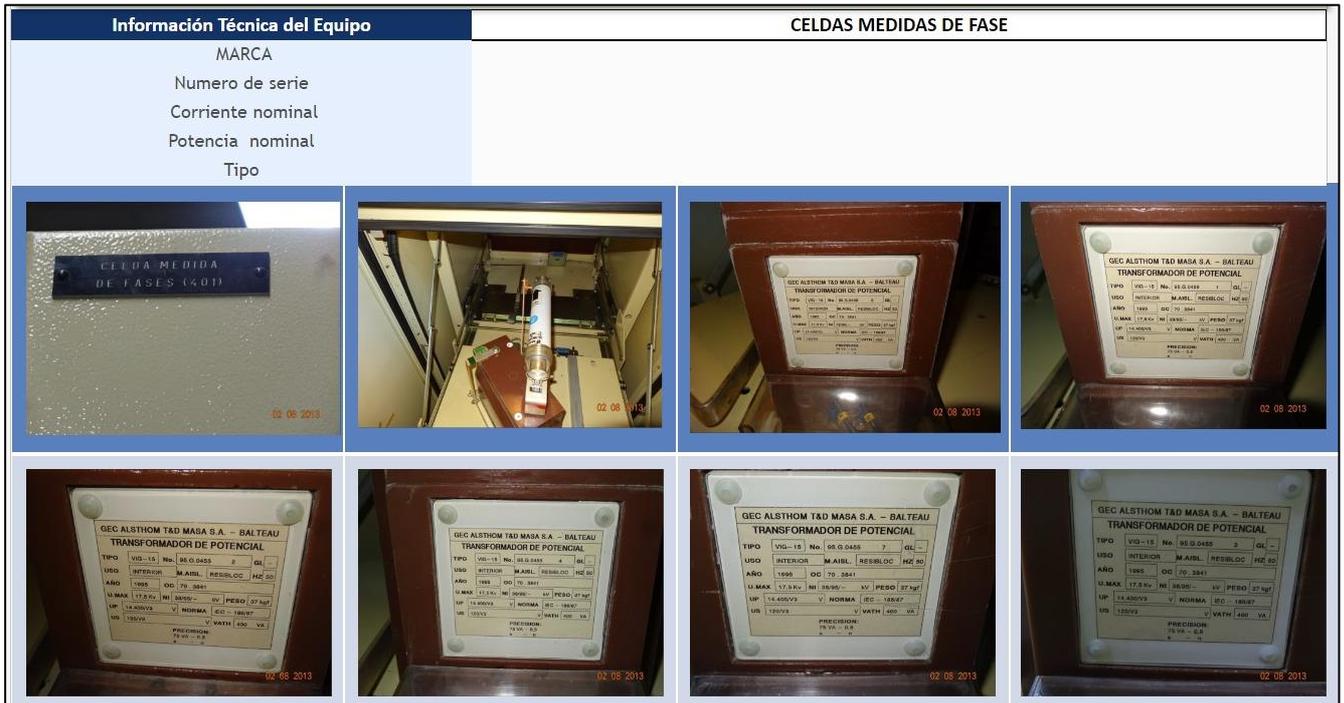


Figura 9.7 – Transformadores TTPP



Figura 9.8 – Transformadores TTCC



En la siguiente figura se presenta la foto del medidor de potencia bruta:



Figura 9.9 – Equipo medidor ION 8600 potencia bruta

9.4.2 Potencia neta

En el siguiente unilínea se pueden identificar los puntos de medición de la potencia neta. Se muestran en los núcleos de los transformadores de corriente y tensión de clase 0.5 y 0.2, respectivamente.

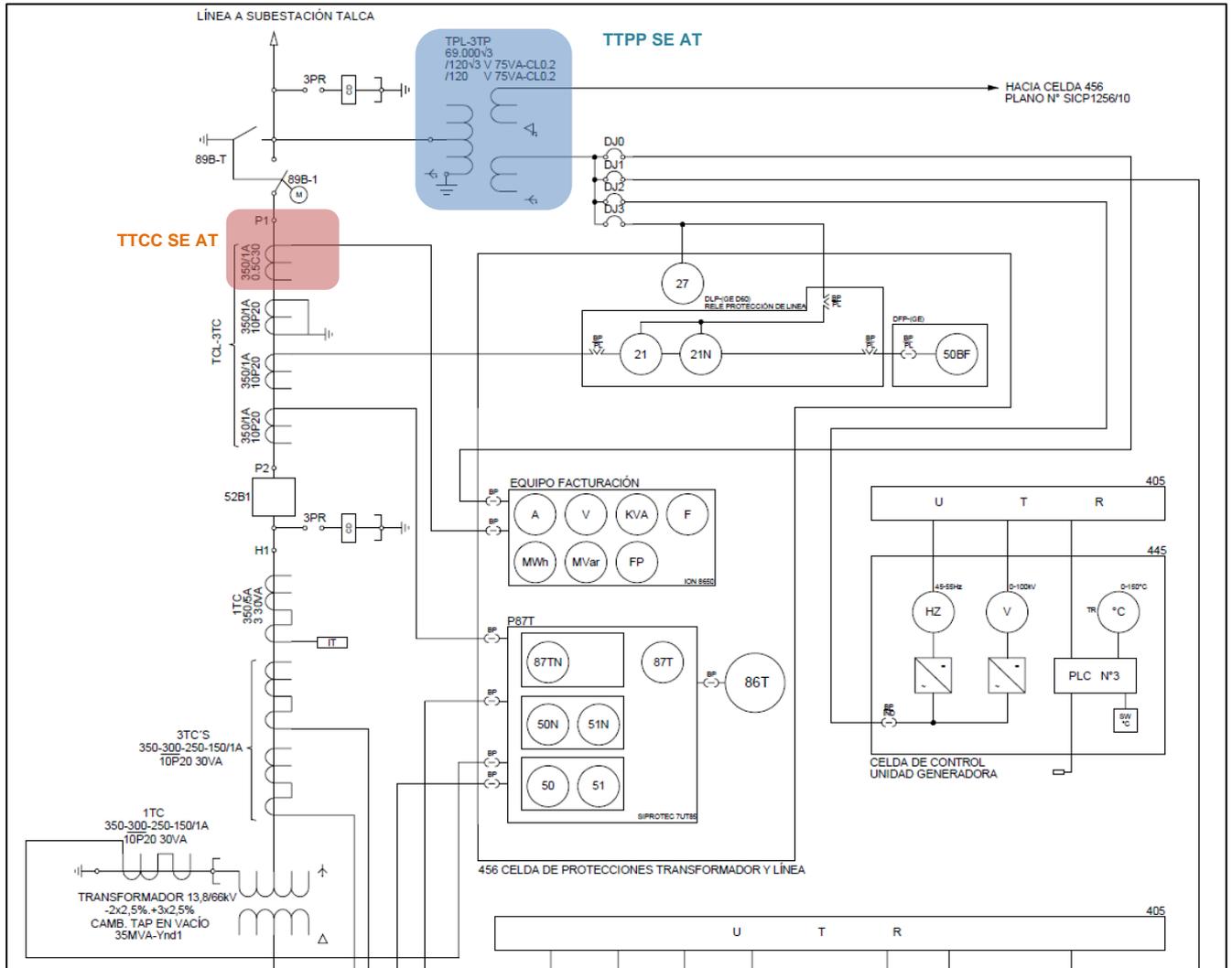


Figura 9.10 - Unilínea para mediciones de potencia neta

En las siguientes figuras se presentan las características de los transformadores de potencial y corriente TTPP y TTCC

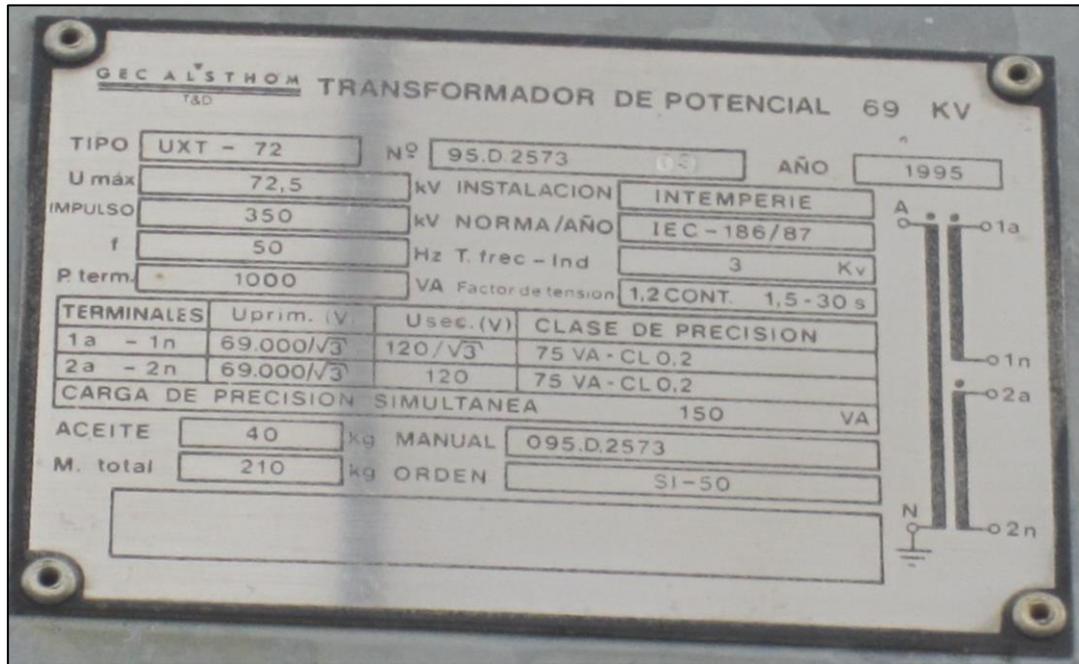


Figura 9.11 – Transformadores TTPP 69 kV

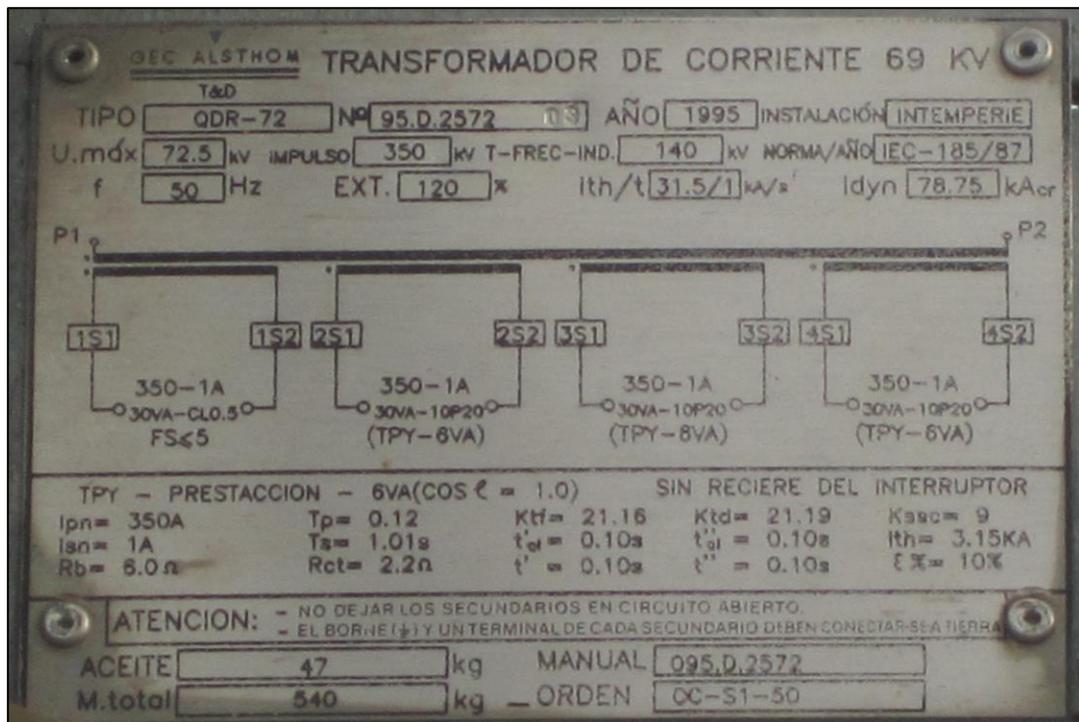


Figura 9.12 – Transformadores TTCC 69 kV



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



Figura 9.13 – Equipo medidor ION 8650 potencia neta



Figura 9.14 – Equipo medidor ION 8650 potencia neta



9.5 Instrumental 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 un medidor externo que el Coordinado instaló para las pruebas. Este medidor es clase 0.2 y cumple con los requerimientos establecidos en el anexo técnico.

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

A continuación, se incluye los certificados de calibración



FT-LAB-7.8c		CERTIFICADO DE EXACTITUD LABORATORIO DE TECNORED S.A. MEDIDORES DE ENERGÍA ELECTRICA																																																																																																									
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 29-02-2024				FOLIO: 40277																																																																																																							
ANTECEDENTES DEL CLIENTE N° / Fecha de Solicitud : Correo Fecha Calibración : 28.02.2024 Medidor : ION 8600 Cliente : Remarcador Tecnored Instalación : - Subestación : -				RESULTADOS DE LA COMPONENTE ACTIVA <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">N</th> <th rowspan="2">Fase</th> <th rowspan="2">Cte. %</th> <th rowspan="2">Factor</th> <th colspan="2">Componente Activa</th> <th colspan="2">Componente Activa</th> </tr> <tr> <th>Directa</th> <th>Reversa</th> <th>Directa</th> <th>Reversa</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th>Error (%)</th> <th>Límite Norma (%)</th> <th>Error (%)</th> <th>Límite Norma (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>123</td><td>100</td><td>1</td><td>-0,079</td><td>± 0,2</td><td>-0,062</td><td>± 0,2</td></tr> <tr><td>2</td><td>123</td><td>100</td><td>0,5</td><td>-0,080</td><td>± 0,3</td><td>-0,072</td><td>± 0,3</td></tr> <tr><td>3</td><td>123</td><td>10</td><td>1</td><td>-0,093</td><td>± 0,2</td><td>-0,083</td><td>± 0,2</td></tr> <tr><td>4</td><td>123</td><td>10</td><td>0,5</td><td>-0,121</td><td>± 0,3</td><td>-0,096</td><td>± 0,3</td></tr> <tr><td>5</td><td>1</td><td>100</td><td>1</td><td>-0,074</td><td>± 0,3</td><td>-0,070</td><td>± 0,3</td></tr> <tr><td>6</td><td>2</td><td>100</td><td>1</td><td>-0,055</td><td>± 0,3</td><td>-0,067</td><td>± 0,3</td></tr> <tr><td>7</td><td>3</td><td>100</td><td>1</td><td>-0,060</td><td>± 0,3</td><td>-0,038</td><td>± 0,3</td></tr> <tr><td>8</td><td>1</td><td>100</td><td>0,5</td><td>-0,091</td><td>± 0,4</td><td>-0,098</td><td>± 0,4</td></tr> <tr><td>9</td><td>2</td><td>100</td><td>0,5</td><td>-0,064</td><td>± 0,4</td><td>-0,060</td><td>± 0,4</td></tr> <tr><td>10</td><td>3</td><td>100</td><td>0,5</td><td>-0,066</td><td>± 0,4</td><td>-0,078</td><td>± 0,4</td></tr> </tbody> </table>				N	Fase	Cte. %	Factor	Componente Activa		Componente Activa		Directa	Reversa	Directa	Reversa					Error (%)	Límite Norma (%)	Error (%)	Límite Norma (%)	1	123	100	1	-0,079	± 0,2	-0,062	± 0,2	2	123	100	0,5	-0,080	± 0,3	-0,072	± 0,3	3	123	10	1	-0,093	± 0,2	-0,083	± 0,2	4	123	10	0,5	-0,121	± 0,3	-0,096	± 0,3	5	1	100	1	-0,074	± 0,3	-0,070	± 0,3	6	2	100	1	-0,055	± 0,3	-0,067	± 0,3	7	3	100	1	-0,060	± 0,3	-0,038	± 0,3	8	1	100	0,5	-0,091	± 0,4	-0,098	± 0,4	9	2	100	0,5	-0,064	± 0,4	-0,060	± 0,4	10	3	100	0,5	-0,066	± 0,4	-0,078	± 0,4
N	Fase	Cte. %	Factor	Componente Activa		Componente Activa																																																																																																					
				Directa	Reversa	Directa	Reversa																																																																																																				
				Error (%)	Límite Norma (%)	Error (%)	Límite Norma (%)																																																																																																				
1	123	100	1	-0,079	± 0,2	-0,062	± 0,2																																																																																																				
2	123	100	0,5	-0,080	± 0,3	-0,072	± 0,3																																																																																																				
3	123	10	1	-0,093	± 0,2	-0,083	± 0,2																																																																																																				
4	123	10	0,5	-0,121	± 0,3	-0,096	± 0,3																																																																																																				
5	1	100	1	-0,074	± 0,3	-0,070	± 0,3																																																																																																				
6	2	100	1	-0,055	± 0,3	-0,067	± 0,3																																																																																																				
7	3	100	1	-0,060	± 0,3	-0,038	± 0,3																																																																																																				
8	1	100	0,5	-0,091	± 0,4	-0,098	± 0,4																																																																																																				
9	2	100	0,5	-0,064	± 0,4	-0,060	± 0,4																																																																																																				
10	3	100	0,5	-0,066	± 0,4	-0,078	± 0,4																																																																																																				
ANTECEDENTES DEL MEDIDOR Marca : Schneider Electric Modelo : M8600A4C0J5E1B0A N° de Serie : MT-1308A175-01 Estado : Fuera de Servicio Año Fabricación : 2013 Clase Exactitud (%) : 0,2 Constante Med. : 1				RESULTADOS DE LA COMPONENTE REACTIVA <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">N</th> <th rowspan="2">Fase</th> <th rowspan="2">Cte. %</th> <th rowspan="2">Factor</th> <th colspan="2">Componente Reactiva</th> <th colspan="2">Componente Reactiva</th> </tr> <tr> <th>Directa</th> <th>Reversa</th> <th>Directa</th> <th>Reversa</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th>Error (%)</th> <th>Límite Norma (%)</th> <th>Error (%)</th> <th>Límite Norma (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>123</td><td>100</td><td>1</td><td>-0,054</td><td>± 2,0</td><td>-0,051</td><td>± 2,0</td></tr> <tr><td>2</td><td>123</td><td>100</td><td>0,5</td><td>-0,057</td><td>± 2,0</td><td>-0,056</td><td>± 2,0</td></tr> <tr><td>3</td><td>123</td><td>10</td><td>1</td><td>-0,084</td><td>± 2,0</td><td>-0,081</td><td>± 2,0</td></tr> <tr><td>4</td><td>123</td><td>10</td><td>0,5</td><td>-0,119</td><td>± 2,0</td><td>-0,119</td><td>± 2,0</td></tr> <tr><td>5</td><td>1</td><td>100</td><td>1</td><td>-0,041</td><td>± 3,0</td><td>-0,050</td><td>± 3,0</td></tr> <tr><td>6</td><td>2</td><td>100</td><td>1</td><td>-0,076</td><td>± 3,0</td><td>-0,094</td><td>± 3,0</td></tr> <tr><td>7</td><td>3</td><td>100</td><td>1</td><td>-0,036</td><td>± 3,0</td><td>-0,053</td><td>± 3,0</td></tr> <tr><td>8</td><td>1</td><td>100</td><td>0,5</td><td>-0,070</td><td>± 3,0</td><td>-0,025</td><td>± 3,0</td></tr> <tr><td>9</td><td>2</td><td>100</td><td>0,5</td><td>-0,072</td><td>± 3,0</td><td>-0,061</td><td>± 3,0</td></tr> <tr><td>10</td><td>3</td><td>100</td><td>0,5</td><td>-0,039</td><td>± 3,0</td><td>-0,075</td><td>± 3,0</td></tr> </tbody> </table>				N	Fase	Cte. %	Factor	Componente Reactiva		Componente Reactiva		Directa	Reversa	Directa	Reversa					Error (%)	Límite Norma (%)	Error (%)	Límite Norma (%)	1	123	100	1	-0,054	± 2,0	-0,051	± 2,0	2	123	100	0,5	-0,057	± 2,0	-0,056	± 2,0	3	123	10	1	-0,084	± 2,0	-0,081	± 2,0	4	123	10	0,5	-0,119	± 2,0	-0,119	± 2,0	5	1	100	1	-0,041	± 3,0	-0,050	± 3,0	6	2	100	1	-0,076	± 3,0	-0,094	± 3,0	7	3	100	1	-0,036	± 3,0	-0,053	± 3,0	8	1	100	0,5	-0,070	± 3,0	-0,025	± 3,0	9	2	100	0,5	-0,072	± 3,0	-0,061	± 3,0	10	3	100	0,5	-0,039	± 3,0	-0,075	± 3,0
N	Fase	Cte. %	Factor	Componente Reactiva		Componente Reactiva																																																																																																					
				Directa	Reversa	Directa	Reversa																																																																																																				
				Error (%)	Límite Norma (%)	Error (%)	Límite Norma (%)																																																																																																				
1	123	100	1	-0,054	± 2,0	-0,051	± 2,0																																																																																																				
2	123	100	0,5	-0,057	± 2,0	-0,056	± 2,0																																																																																																				
3	123	10	1	-0,084	± 2,0	-0,081	± 2,0																																																																																																				
4	123	10	0,5	-0,119	± 2,0	-0,119	± 2,0																																																																																																				
5	1	100	1	-0,041	± 3,0	-0,050	± 3,0																																																																																																				
6	2	100	1	-0,076	± 3,0	-0,094	± 3,0																																																																																																				
7	3	100	1	-0,036	± 3,0	-0,053	± 3,0																																																																																																				
8	1	100	0,5	-0,070	± 3,0	-0,025	± 3,0																																																																																																				
9	2	100	0,5	-0,072	± 3,0	-0,061	± 3,0																																																																																																				
10	3	100	0,5	-0,039	± 3,0	-0,075	± 3,0																																																																																																				
PATRON DE CALIBRACION Marca : MTE Modelo : PTS 3.3C N° Serie : 49089 Clase de Exactitud : 0,05 Trazabilidad : Laboratorio Tecnored				CONDICIONES DE MEDIDA Lugar de Calibracion : Laboratorio Tecnored Tipo de Medida : WESTRELLA/ACTIVO Tensión Aplicada : 63,5 (V) Corriente Nominal : 5 (A) N° de Elementos : 3 Método Calibración : Comparación Directa Frecuencia (Hz) : 50 (HZ) Temperatura (C°) : 22 Humedad (%) : 44,1 Calibrador : A. Nuñez																																																																																																							
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 9.15 - Certificado de calibración de medidor de potencia bruta



9.5.2 Potencia neta

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

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

A continuación, se incluye el certificado de calibración



Página 1 de 3		INFORME DE ENSAYOS N° SE-202308-014			
Acreditado por IAS, Acreditación TL-1109					
IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO					
Denominación:	Medidor de Energía Eléctrica				
Marca:	Schneider Electric				
Modelo:	ION 8850				
Numero de Serie:	MW-1412A789-01				
IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE					
Nombre	:	Colbun S.A.			
Dirección	:	Apoquindo 4775 Las Condes, Santiago			
Solicitud	:	Ensayo de Medidor de Energía Eléctrica			
DATOS DEL ENSAYO					
Fecha del Ensayo	:	13 de octubre de 2023.	Lugar	:	Central San Ignacio.
Fecha de Emisión	:	16 de octubre de 2023.	Ubicación	:	Talca
Método	:	IEC 62053-22/23	N° Elementos	:	3 E / 4 H
Ejecutado por	:	Mauricio Basaez Araya			
PATRÓN UTILIZADO					
Tipo	:	Patrón de Energía Eléctrica.	Cl. De Exactitud	:	± 0.05 %
Marca	:	MTE	Trazabilidad Energía A.	:	IVPE-000017-2022
Modelo	:	PTS3.3C	Trazabilidad Energía R.	:	IVPE-000018-2022
N° de serie	:	49104.	Trazabilidad Medida	:	TESTLAB
ALCANCES DEL INFORME					
<p>CAM Chile S.p.A., certifica que este instrumento ha sido ensayado, utilizando equipos patrones e instrumentos que cuentan con certificados vigentes y trazables, con unidades plenamente identificables a magnitudes del Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Los resultados expuestos corresponden únicamente al ítem identificado bajo prueba y solo bajo las condiciones mencionadas.</p> <p>La incertidumbre expandida está calculada con un factor de cobertura $k=2$, para una distribución normal correspondiente a una probabilidad de aproximadamente el 95%.</p> <p>Este Informe de Ensayos no podrá ser reproducido parcial ni totalmente sin previa autorización de CAM Chile S.p.A., el Área de Certificación no se responsabiliza por alteraciones o enmiendas en el presente documento.</p> <p>CAM Chile S.p.A., autorizado por la superintendencia de electricidad y combustible según la resolución exenta N°15.474 de 29 de diciembre de 2022.</p>					
		JOSE MAURICIO DE LA ROSA GUZMAN <small>Firmado digitalmente por JOSE MAURICIO DE LA ROSA GUZMAN Fecha: 2023.10.16 13:25:37 -03'00'</small>			
Realizado por Mauricio Basaez Araya. Especialista Gestion de Energía CAM Chile SpA.		Revisado por José De La Rosa G. Profesional Responsable OLCA CAM Chile SpA.			
Laboratorio de Medidores – CAM Chile SpA – Las Hortensias 501, Cerrillos.					

Figura 9.16 - Certificado de calibración de medidor de potencia neta



9.6 Actas de ensayos

Se incluyen a continuación las actas confeccionadas al finalizar los ensayos



ESTUDIOS ELÉCTRICOS 
ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

ACTA DE ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

Fecha	19/06/2024	Empresa	Colbún S.A.
ID Proyecto	EE-2023-139	Ubicación	Yerbas Buenas, región de Maule, Chile
Central	Central Hidroeléctrica San Ignacio		
Denominación de la unidad	Unidad 1		

Responsables durante la prueba

Empresa	Nombre	Firmas
Colbún S.A. (Coordinado)	Julián Eduardo Larrea Moraga – Ingeniero Especialista, Sugerencia de Sistemas Eléctricos.	
	José Joaquín Canihuán Fuentes – Supervisor de Operaciones Complejo Colbún.	
	Juan Manuel Chavez Moya – Operador Complejo Colbún.	
Coordinador Eléctrico Nacional	Sin participantes durante las pruebas.	-
Estudios Eléctricos	Federico Garcia – Experto Técnico	

www.estudios-electricos.com

Figura 9.17 - Acta de tareas Unidad 1 (1 de 3)



ESTUDIOS ELECTRICOS 
ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

Datos de la unidad

Potencia aparente nominal [MVA]	35.0	Corriente de estator nominal [A]	1464.3
Tensión de estator nominal [kV]	13.8	Factor de potencia nominal	0.95
Potencia activa máxima [MW]	37.0 <i>Declarado CEN</i>	Corriente de excitación nominal [A]	611
Mínimo Técnico [MW]	-	Tensión de excitación nominal [V]	83

Datos de la prueba

Estado previo de la unidad	<i>Despachada</i>	Arranque de la unidad (fecha-hora)	19/06/2024 -
Inicio del período de estabilización	08:30 Hs	Fin del período de estabilización	09:00 Hs
Inicio del período de prueba Potencia Máxima	09:00 Hs	Fin del período de prueba Potencia Máxima	14:00 Hs
Protocolo aplicable	EE-EN-2023-1439-Rev B	Desvíos del protocolo	No

Instrumental

Magnitud	Descripción de equipos y punto de conexión
Potencia neta	ION 8650 - N° Serie MW-1412A789-01. Equipos de medida de planta clase 0.2.
Potencia bruta y factor de potencia	ION 8600 - N° Serie: MT-1308A175-01. Equipos de medida de planta clase 0.2.
Potencia SSAA	-

www.estudios-electricos.com

Figura 9.18 - Acta de tareas Unidad 1 (2 de 3)



ESTUDIOS ELECTRICOS 
ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

Valores preliminares

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

Período	1	2	3	4	5
Potencia Bruta Unidad 1 [MW]	35.40	35.45	35.43	35.40	35.44

Observaciones

Desvíos del protocolo: No se registraron desvíos.

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

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 operó a máxima potencia dada por la condición de nivel de la cámara de carga. La unidad no participa ni tiene activado el Control Primario de Frecuencia. Por otra parte, se consignó la tensión de las unidades en 14.45 kV (11 MVAR), lo que permitió tener un factor de potencia cercano a 0.95 durante toda la prueba.

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

Comentarios: Se verificó sincronización horaria. Los medidores de potencia neta y bruta se encuentran sincronizados. Se verificó correcta tasa de muestreo de ambos medidores. Colbún entregó la totalidad de los registros digitales de esta prueba. La entrega se compone de dos archivos de distintas fuentes: registros de variables eléctricas (Potencia neta y Potencia bruta) y sistema SCADA de planta.

Los servicios auxiliares fueron alimentados desde la barra de la unidad 13.2 kV a través del transformador de SSAA N°1 13.8/0.4 kV (interruptor 52SA1).

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 9.19 - Acta de tareas Unidad 1 (3 de 3)



Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente.