

Empresa
País
Proyecto
Descripción

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



CÓDIGO DE PROYECTO	EE-2023-096
CÓDIGO DE INFORME	EE-EN-2024-2049
REVISIÓN	A

27 dic. 24



Este documento **EE-EN-2024-2049-RA** fue preparado para el **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. Ensayos
andres.capalbo@estudios-electricos.com

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

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

Este documento contiene 100 páginas y ha sido guardado por última vez el 27/12/2024 por Federico Deledda; sus versiones y firmantes digitales se indican a continuación:

Revisión	Fecha	Comentarios	Realizó	Revisó	Aprobó
A	27.12.2024	Comentario	FD	FG	AC

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	Experto Técnico.....	8
3.3	Representante empresa generadora.....	8
3.4	Representante del Coordinador Eléctrico Nacional.....	8
3.5	Observador de otro Coordinado.....	8
4	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD Y CONDICIONES DE PRUEBA.....	9
4.1	Descripción general de la planta.....	9
4.2	Descripción de la unidad de generación.....	12
4.3	Condiciones de referencia y curvas de corrección.....	21
4.3.1	Curvas de corrección.....	22
4.3.2	Metodología de corrección.....	23
4.4	Instrumentación y mediciones.....	23
4.4.1	Metodología.....	24
4.4.2	Instrumentación principal.....	25
4.4.3	Mediciones complementarias.....	26
4.5	Estimación de pérdidas y consumos propios de las unidades.....	29
4.5.1	Consumos propios de los servicios auxiliares.....	30
4.5.2	Pérdidas en los transformadores principales.....	31
4.5.3	Pérdidas en los transformadores auxiliares.....	33
5	REALIZACIÓN DE LA PRUEBA.....	34
5.1	Chequeos previos.....	34
5.2	Desarrollo de las pruebas.....	34
5.2.1	Verificaciones previas.....	34
5.3	Condiciones previas al inicio de los ensayos.....	35
5.4	Incremento de potencia, estabilización e inicio de la prueba.....	37
5.5	Período de prueba.....	38



6	CALCULOS REALIZADOS Y RESULTADOS.....	40
6.1	Reducción de datos y estabilidad.....	40
6.2	Determinación de la potencia bruta y de pérdidas totales	40
6.2.1	Determinación de la potencia de pérdidas y consumos propios.....	42
6.2.2	Desglose de la potencia de pérdidas totales.....	46
6.3	Correcciones aplicables a la potencia bruta.....	48
6.4	Cálculo de la Potencia Neta corregida.....	51
6.5	Cálculo del promedio final	53
6.6	Tabla Resumen general.....	55
6.7	Incertidumbre.....	58
7	CONCLUSIONES.....	61
8	NORMATIVA.....	63
9	ANEXOS.....	64
9.1	Datos característicos del generador y turbina.....	64
9.2	Curvas características de los generadores.....	66
9.3	Datos característicos de los transformadores principales	67
9.4	Datos transformadores de servicios auxiliares.....	69
9.5	Puntos de medición	70
9.5.1	Potencia bruta	70
9.5.2	Potencia neta	75
9.6	Instrumental de medición	81
9.6.1	Potencia bruta/FP.....	81
9.6.2	Potencia neta	84
9.6.3	Potencia de SS.AA.....	87
9.7	Actas de ensayos.....	90



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 La Higuera** 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-2024-1824-RC_Procedimiento_Potencia_Maxima_CH_La Higuera

La Central Hidroeléctrica La Higuera, propiedad de Hidroeléctrica La Higuera S.A., está ubicada en la comuna San Fernando, Región del Libertador Bernardo O'Higgins, está conformada por dos (2) unidades de generación compuesta cada una por una turbina tipo Francis, marca Andritz Hydro, de 85.43 MW de potencia nominal, vinculada a un generador marca Power Machines de 13.8 kV de tensión nominal de operación y 91.0 MVA de potencia aparente nominal.



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, de la Unidad 2 y de la central completa se realizaron en forma presencial durante los días 9 y 10 de septiembre de 2024. Las mismas fueron realizadas en presencia de David Pérez, Ignacio Morandé, Christopher Lopez, Hernán Herrera, Claudio Rebolledo y Jorge Farias (Tinguiririca Energía S.A.) y Federico Deledda como Experto Técnico (Estudios Eléctricos).

Durante el período 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 3 horas en condiciones de potencia máxima, luego de finalizado el período de estabilización. Dado que la Central Hidroeléctrica La Higuera es del tipo de pasada, sus unidades no poseen la capacidad de regulación. Bajo estas circunstancias, el Anexo Técnico “Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras” exige de aplicar lo dispuesto en su Artículo 16. Durante el desarrollo de las pruebas se operaron las respectivas unidades a máxima potencia con regulación de frecuencia habilitada.

Nota: Para las pruebas de la Unidad 1, de la Unidad 2 y de la central completa no fue posible operar con un factor de potencia de 0.95 debido a que las condiciones del Sistema no permitieron aumentar la inyección de reactivos para lograr dicho valor. Por esta razón, se operó en cada una de las pruebas en un factor de potencia cercano a 0.99 para ambas unidades de la central y 0.97 para la central completa.

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 La Higuera con el siguiente desglose de valores:

Resumen de resultados C.H. La Higuera – Unidad 1		
Potencia Máxima	Bruta Medida [MW]	84.7871
	Bruta Corregida [MW]	84.7091
	Neta Calculada [MW]	84.4491
	Neta Corregida [MW]	84.3711
Pérdidas y consumos internos	Consumos de SSAA [kW]	18.41
	Pérdidas en los transformadores principales [kW]	267.12
	Pérdidas en el transformador de SS.AA. [kW]	2.20
	Pérdidas en la red interna [kW]	50.33
	Pérdidas totales [kW]	338.06

Tabla 2-1 – Resumen resultados – Unidad 1

Resumen de resultados C.H. La Higuera – Unidad 2		
Potencia Máxima	Bruta Medida [MW]	84.8389
	Bruta Corregida [MW]	84.7566
	Neta Calculada [MW]	84.4608
	Neta Corregida [MW]	84.3785
Pérdidas y consumos internos	Consumos de SSAA [kW]	16.64
	Pérdidas en los transformadores principales [kW]	288.42
	Pérdidas en el transformador de SS.AA. [kW]	2.20
	Pérdidas en la red interna [kW]	70.81
	Pérdidas totales [kW]	378.07

Tabla 2-2 – Resumen resultados – Unidad 2

Resumen de resultados C.H. La Higuera - Central completa		
Potencia Máxima	Bruta Medida [MW]	161.8780
	Bruta Corregida [MW]	161.7761
	Neta Calculada [MW]	160.8716
	Neta Corregida [MW]	160.7698
Pérdidas y consumos internos	Consumos de SSAA [kW]	366.31
	Pérdidas en los transformadores principales [kW]	536.30
	Pérdidas en el transformador de SS.AA. [kW]	6.00
	Pérdidas en la red interna [kW]	97.77
	Pérdidas totales [kW]	1006.38

Tabla 2-3 – Resumen resultados – Central completa



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 3 horas, dentro del período de medición de la prueba y en conformidad con el protocolo de prueba.

3.2 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 Unidad 2 y de la central completa de la Central Hidroeléctrica La Higuera. 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.

3.3 Representante empresa generadora

Por parte de Tinguiririca Energía S.A., el Coordinado, estuvieron presente durante las pruebas los inspectores sustitutos Jorge Farías, quien se desempeña como "Operador Terreno", Claudio Rebolledo, quien se desempeña como "Operador Sala", Hernán Herrera, quien se desempeña como "Operador Sala", Christopher Lopez, quien se desempeña como "Ingeniero Mantenimiento", Ignacio Morandé, quien se desempeña como "Ingeniero senior instrumentación y control" y David Pérez, quien se desempeña como "Subgerente de Producción".

3.4 Representante del Coordinador Eléctrico Nacional

No hubo representación del Coordinador en terreno durante el desarrollo de las pruebas.

3.5 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 La Higuera, propiedad de Hidroeléctrica La Higuera S.A., ubicada en la comuna de San Fernando, región del Libertador Bernardo O'Higgins, está conformada por dos (2) unidades de generación compuesta cada una por una turbina tipo Francis, marca Andritz Hydro, de 85.43 MW de potencia nominal, vinculada a un generador marca Power Machines de 13.8 kV de tensión nominal de operación y 91.0 MVA de potencia aparente nominal.

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

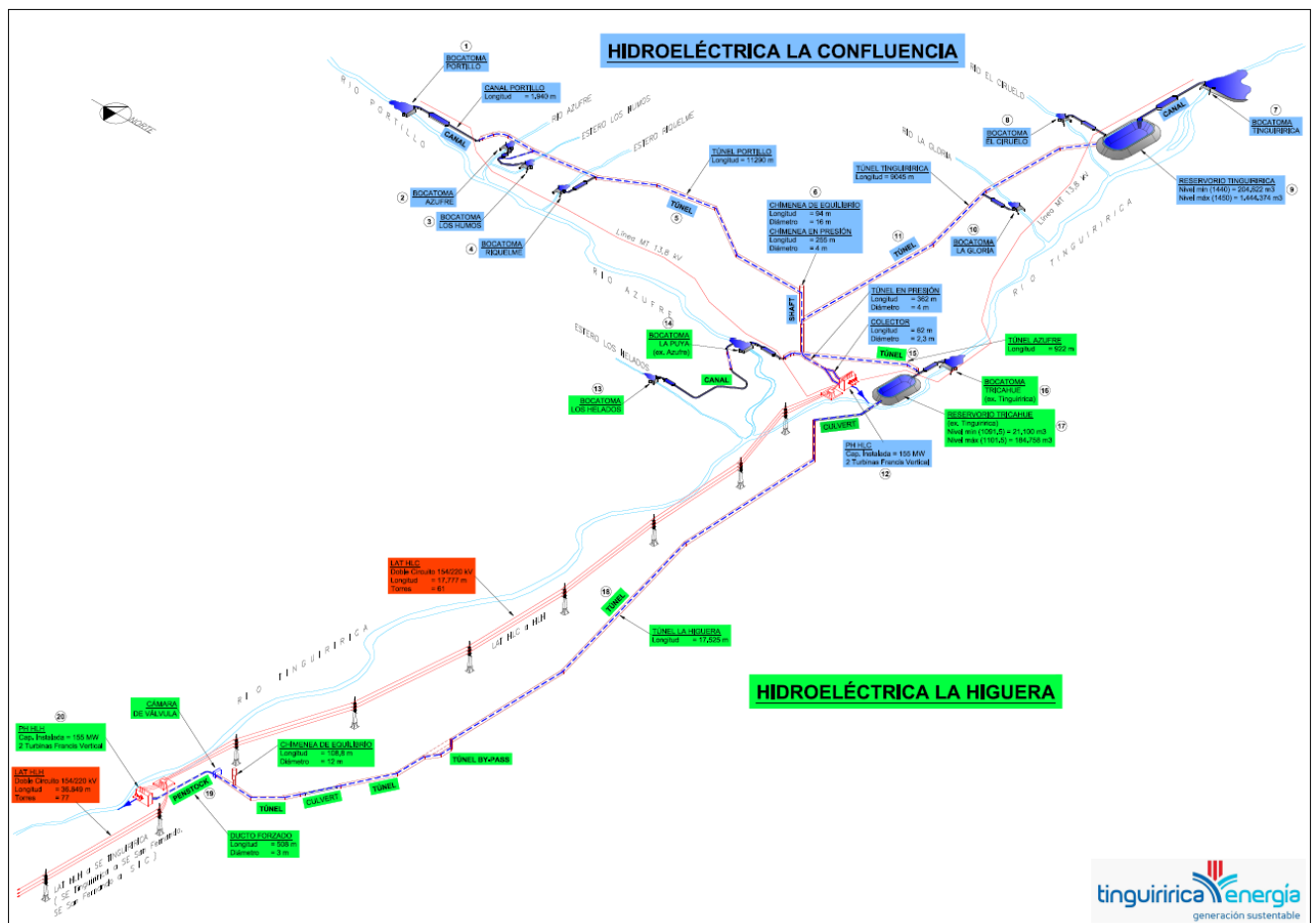


Figura 4-1 – Plano esquemático de planta

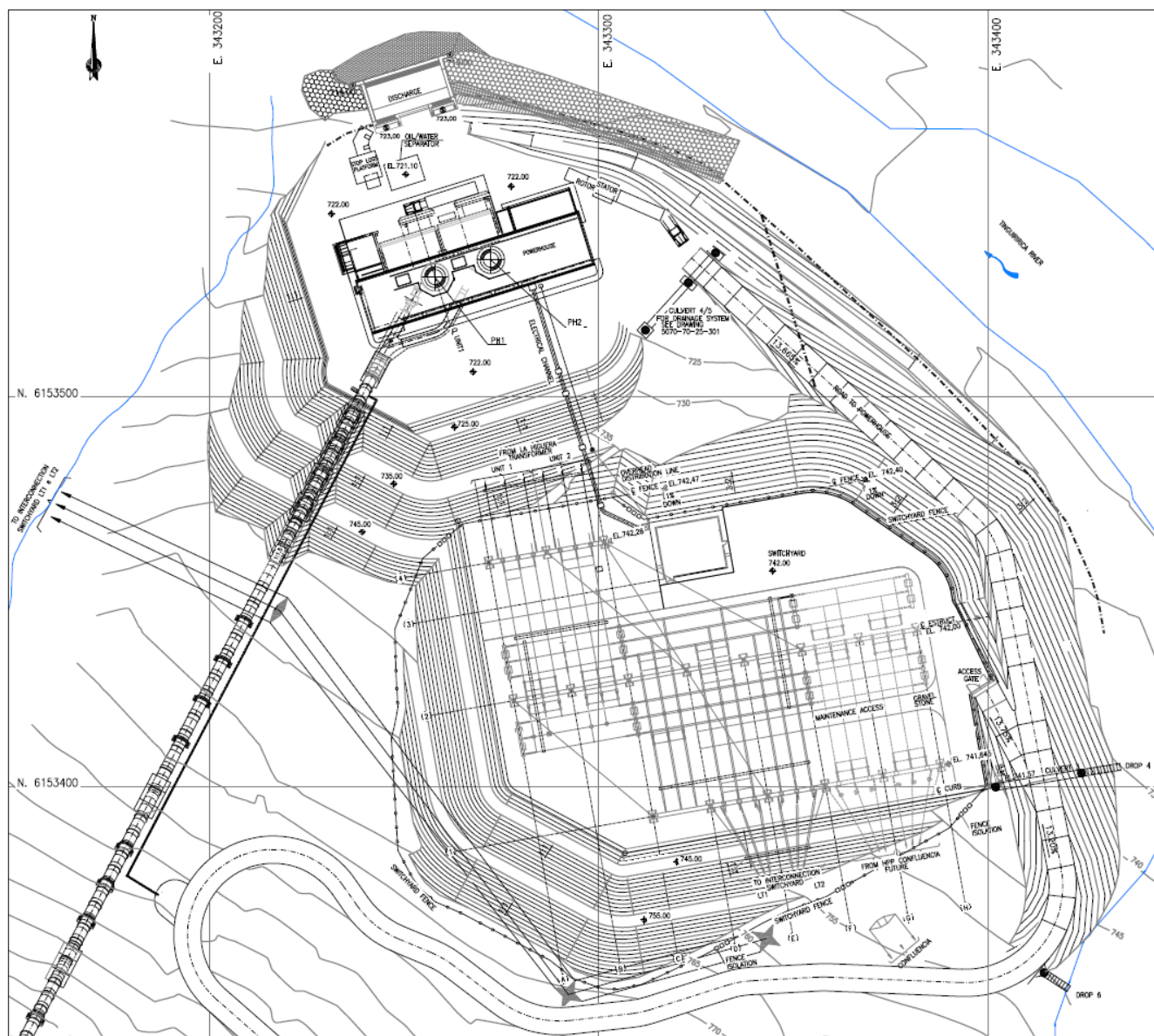


Figura 4-2 – Plano general de planta

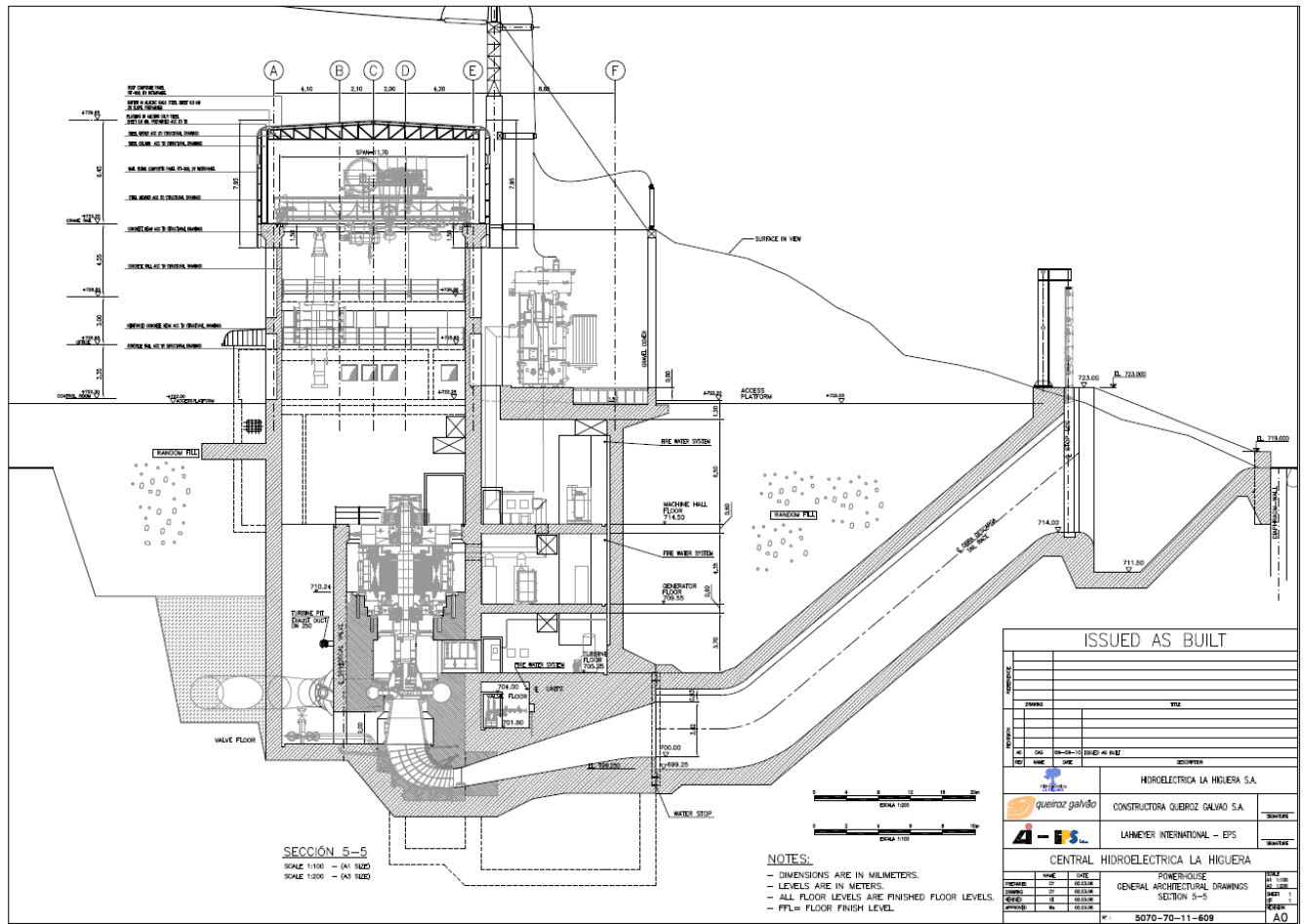


Figura 4-3 – Plano de disposición de planta (Casa de máquinas)



4.2 Descripción de la unidad de generación

Las turbinas hidráulicas son marca Andritz Hydro, modelo C320.0126, de 85.43 MW¹ de capacidad nominal y están vinculadas a generadores marca Power Machines modelo "CB 433/190-10 Y X JI 4".

A continuación, se presenta el diagrama unilineal general de la central:

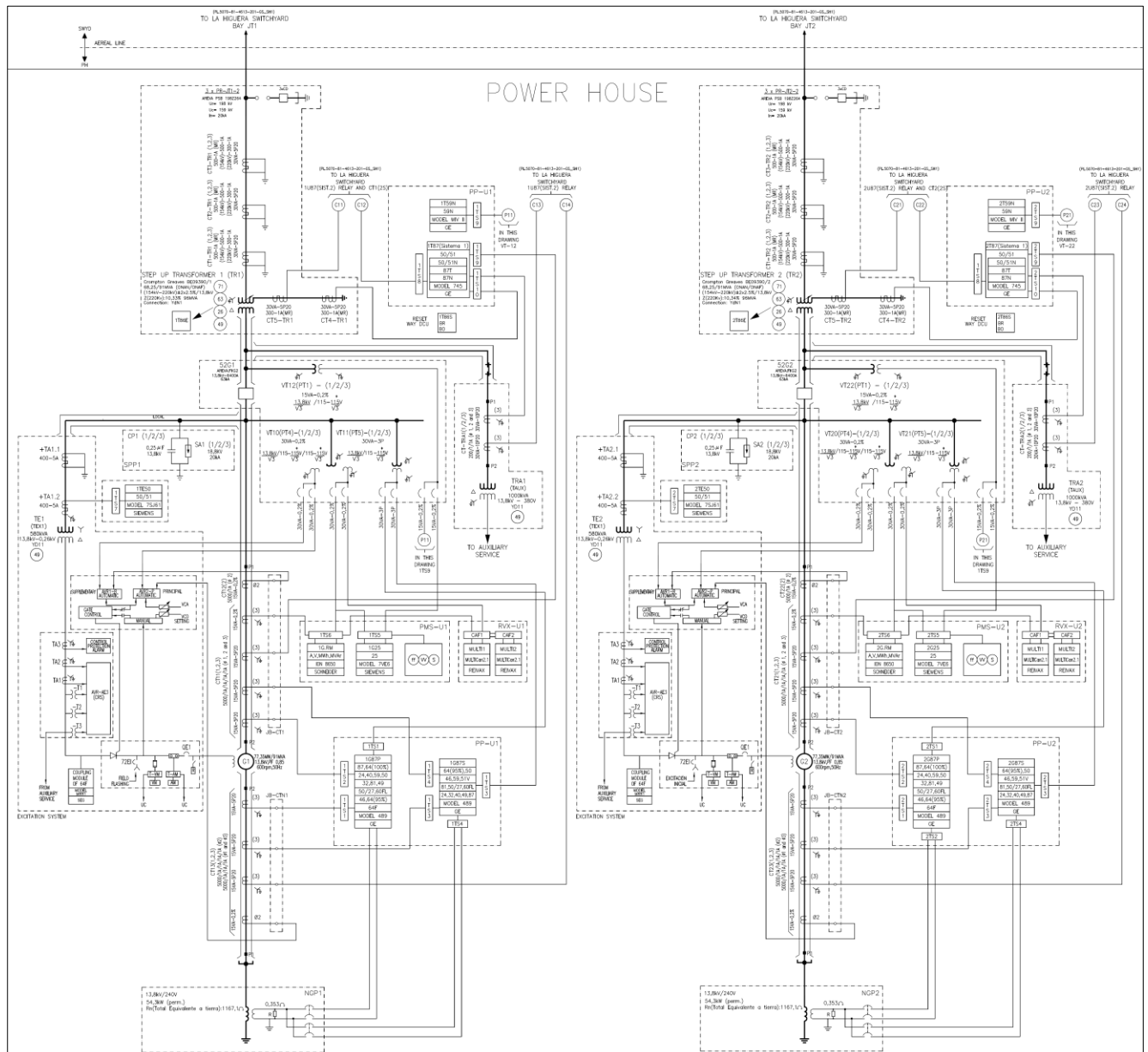


Figura 4-4 – Diagrama unilineal general Central Hidroeléctrica La Higuera

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



Se presenta el diagrama unilineal del punto de conexión de las unidades con el Sistema, a través de la SE La Higuera 220 kV

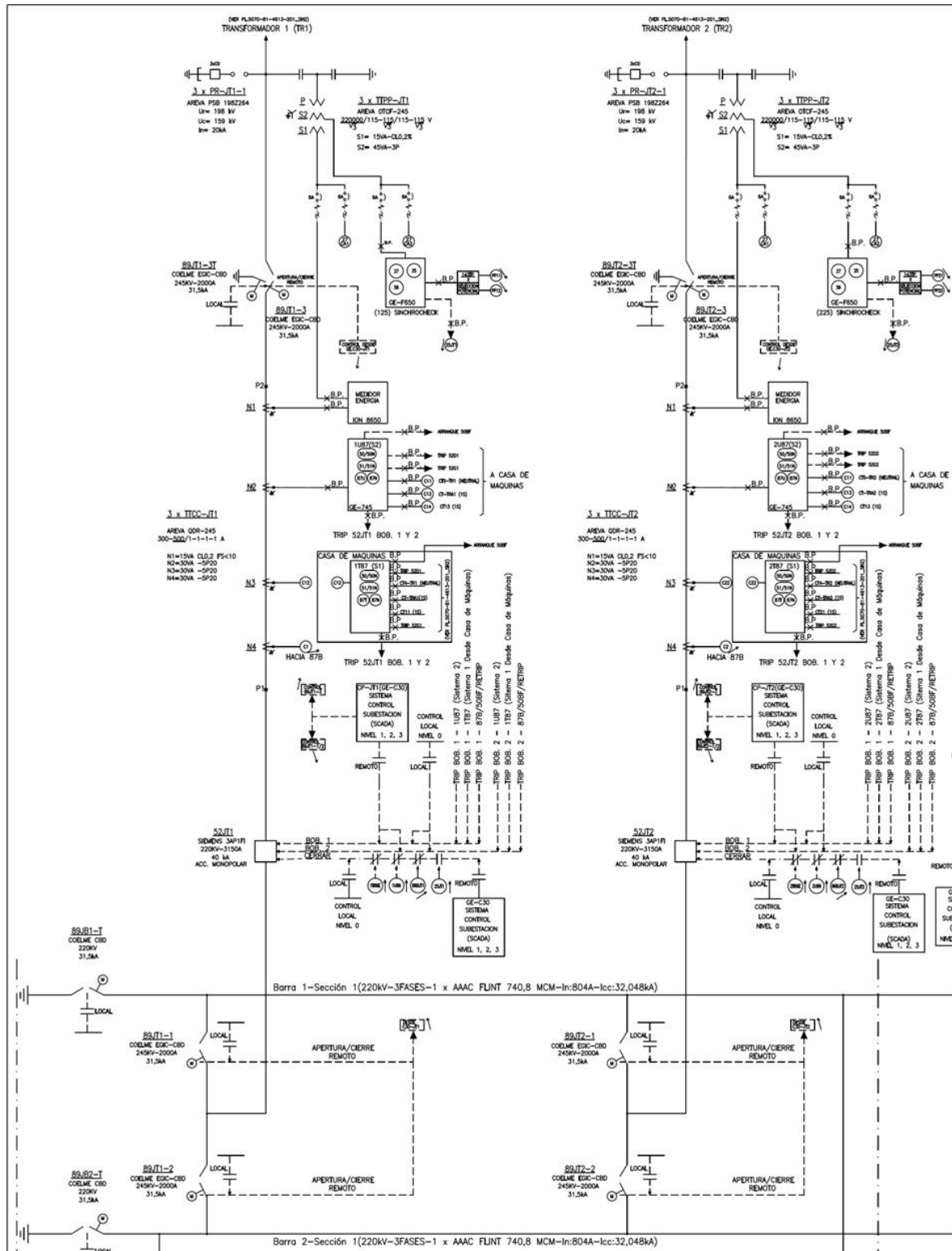


Figura 4-5 – Diagrama unilineal funcional 220 kV (S/E La Higuera)



Se presenta a continuación el diagrama unilineal de cada unidad generadora. Notar que ambas unidades son idénticas en sus características técnicas y en la disposición de sus equipos primarios.

En **azul** se enmarcan los transformadores elevadores, en **verde** los generadores sincrónicos y en **naranja** los transformadores de servicios auxiliares.

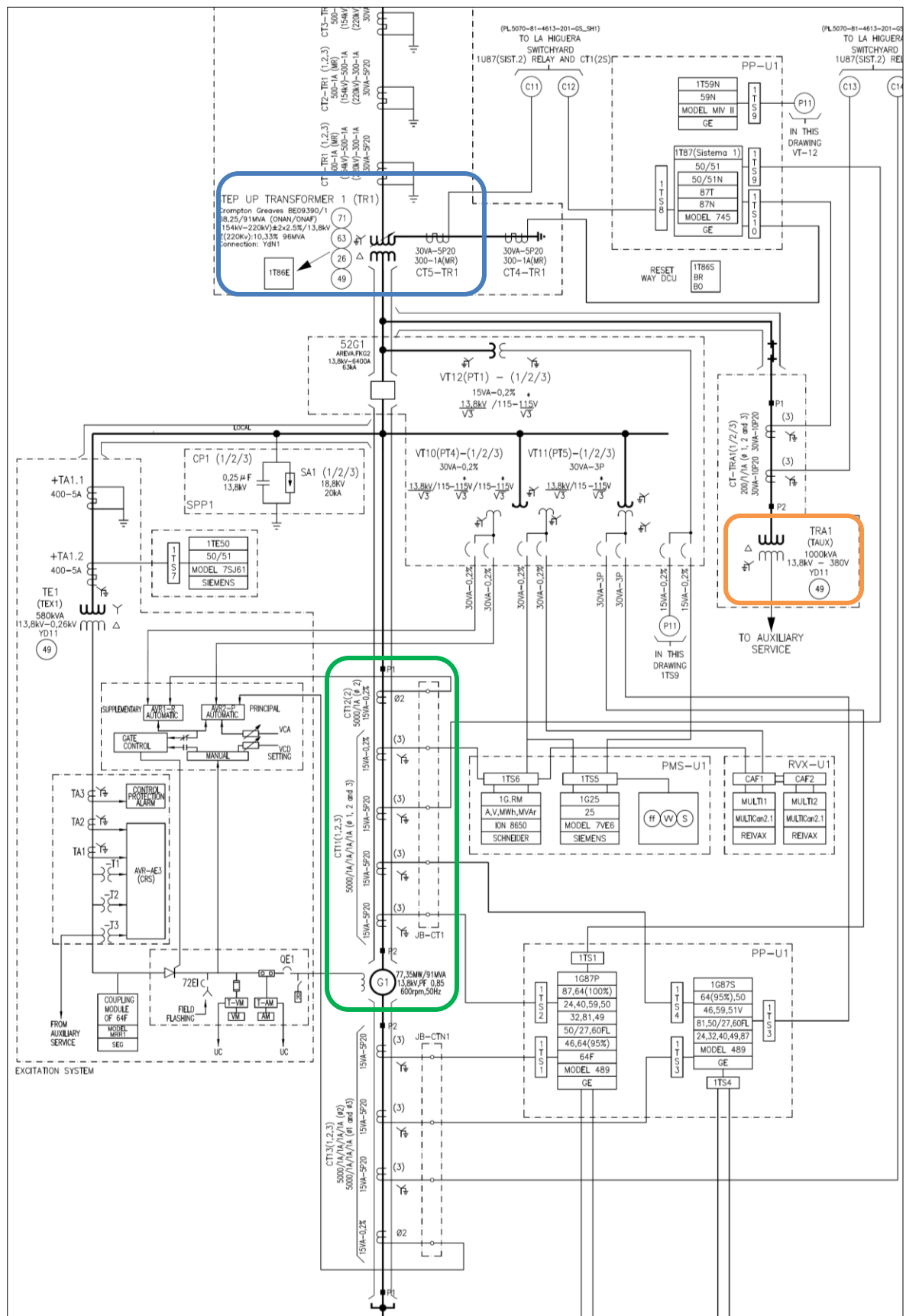


Figura 4-6 – Diagrama unilineal – Unidad 1

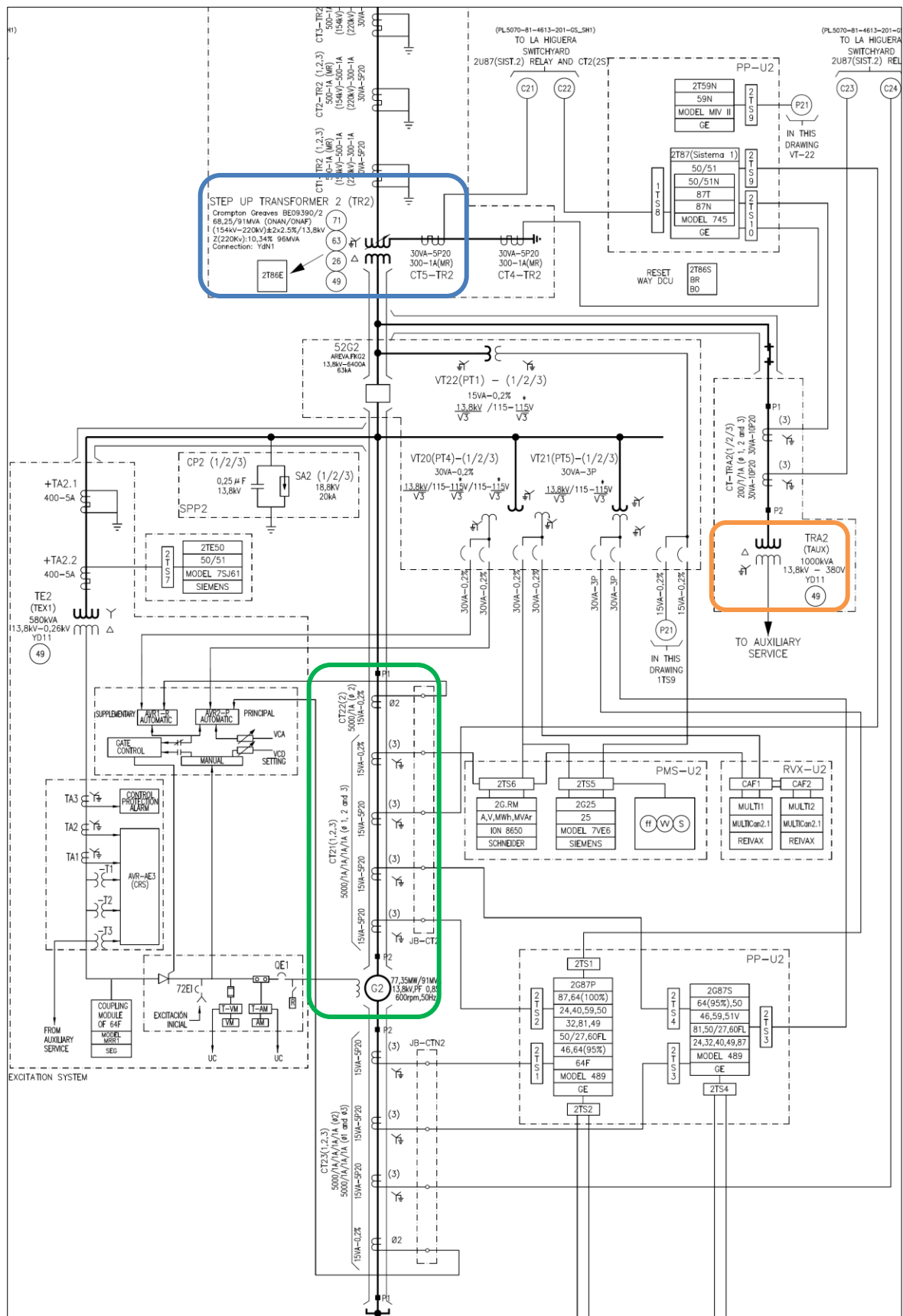


Figura 4-7 – Diagrama unilineal – Unidad 2



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

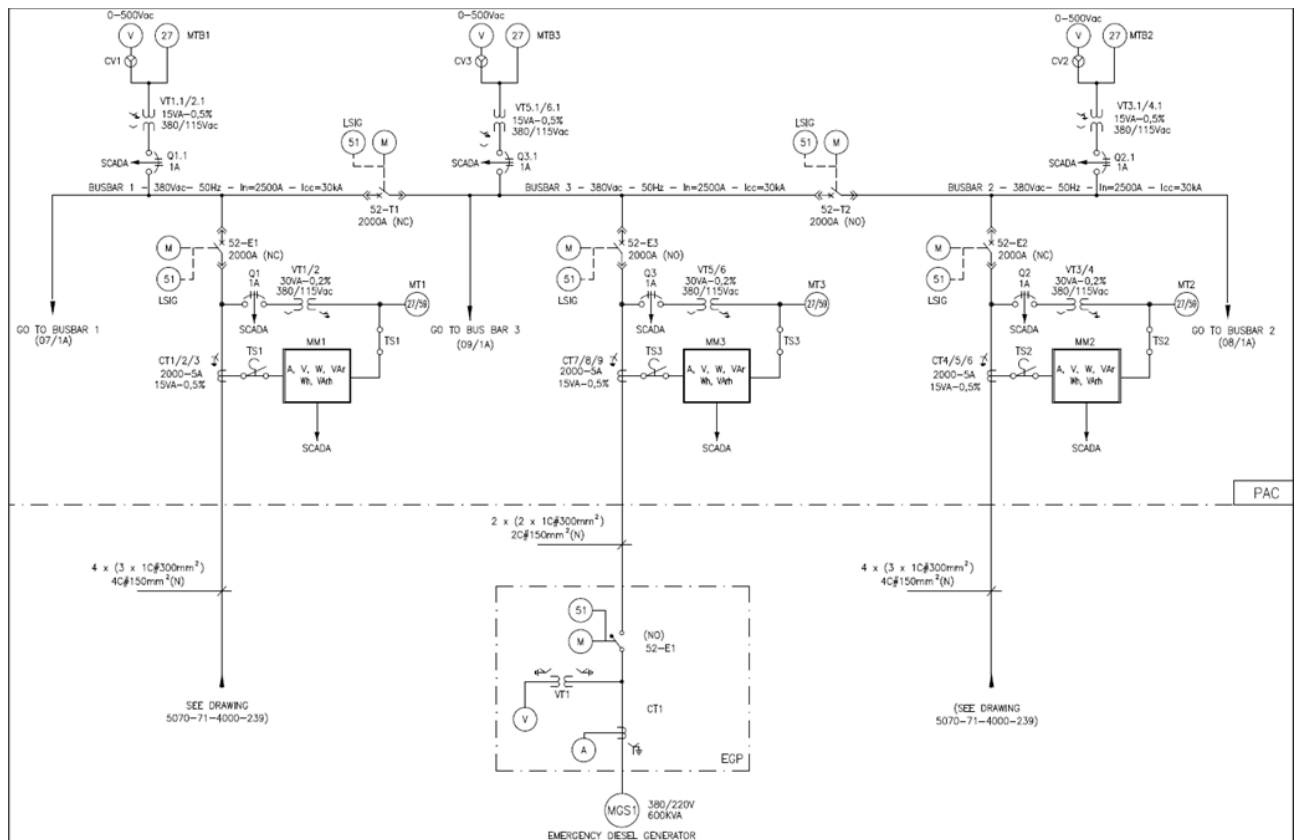


Figura 4-8 – Diagrama unilineal – Servicios auxiliares

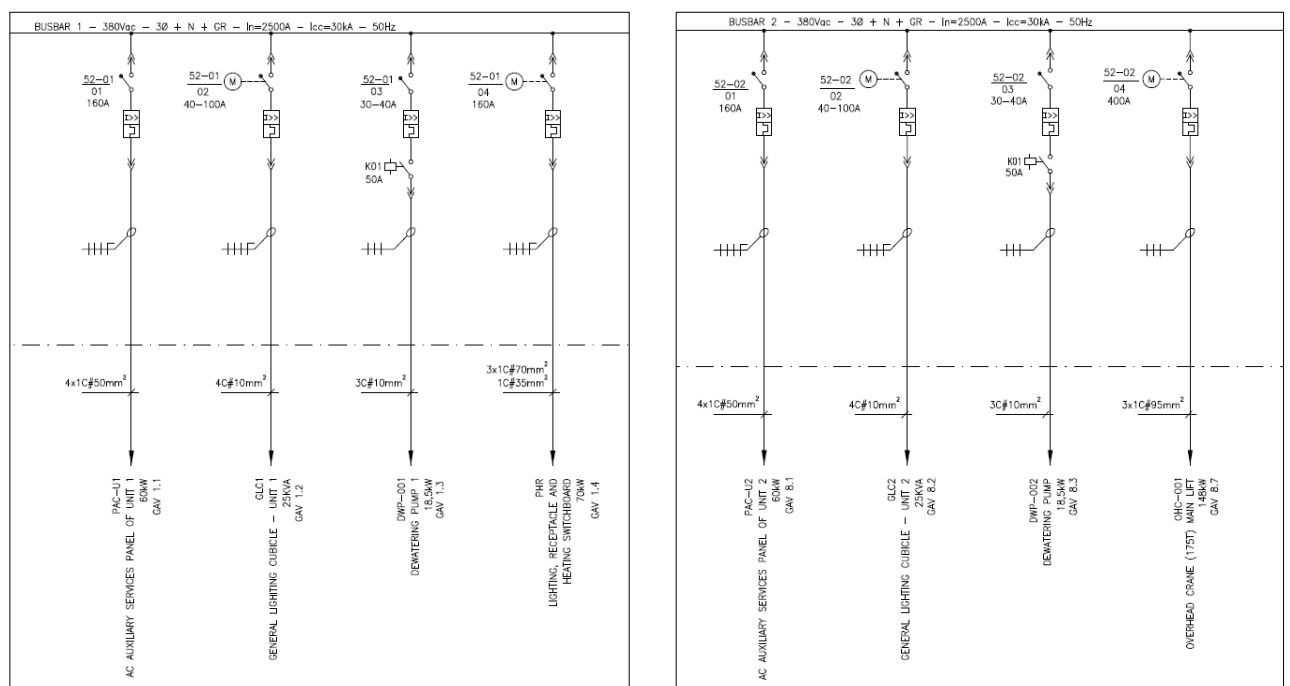


Figura 4-9 – Diagrama unilineal – Servicios auxiliares (Busbar 1 y 2)

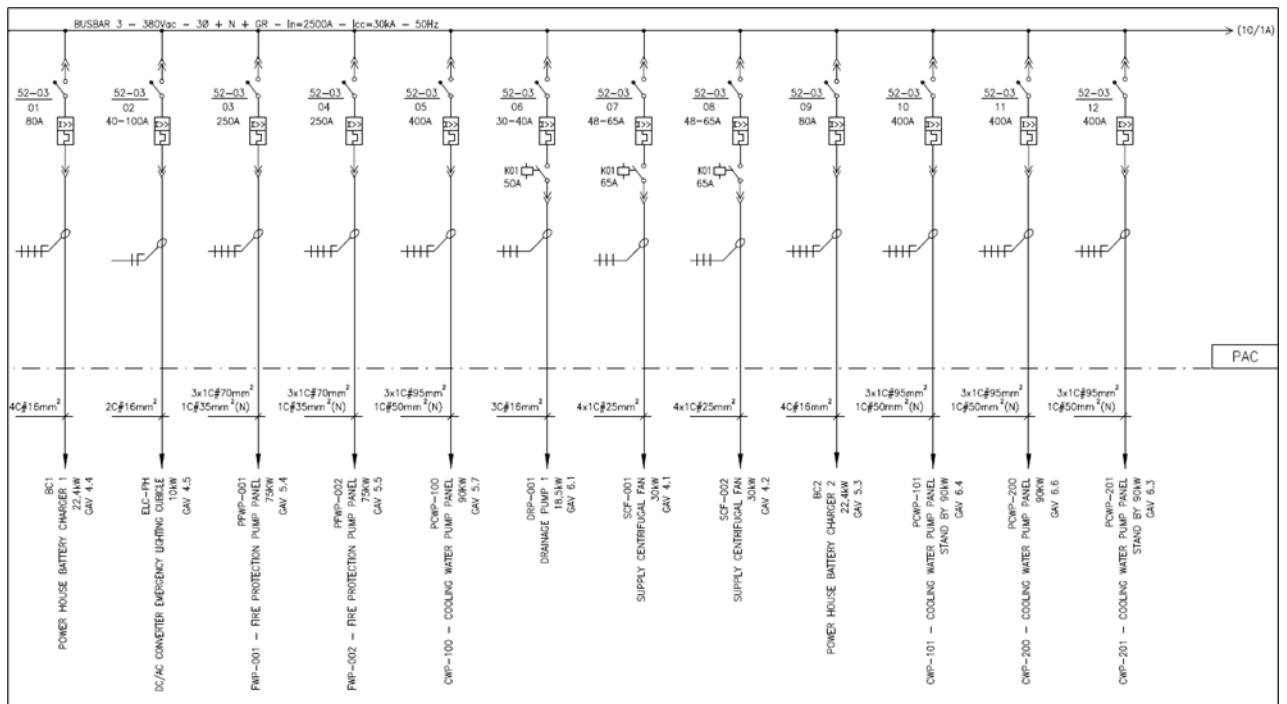


Figura 4-10 – Diagrama unilineal – Servicios auxiliares (Busbar 3)

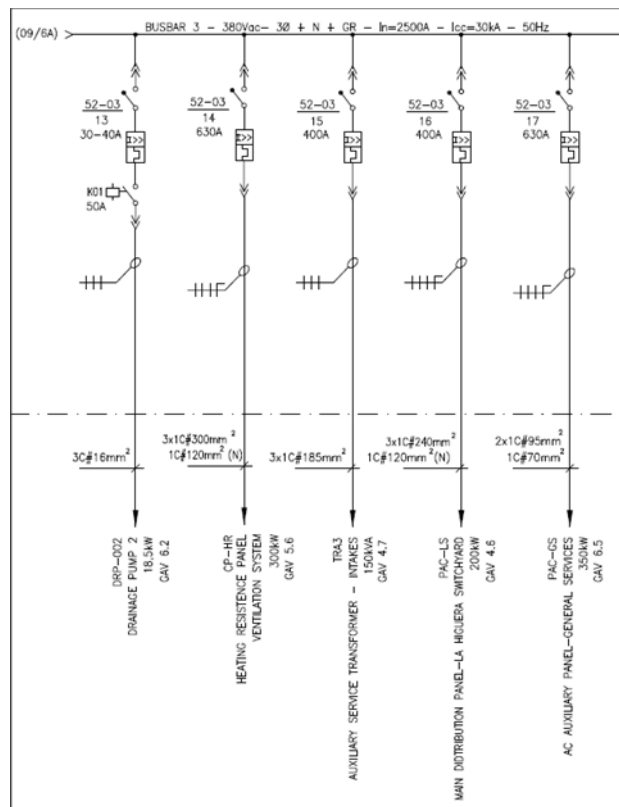


Figura 4-11 – Diagrama unilineal – Servicios auxiliares (Busbar 3)



Ambas unidades son idénticas y presentan los mismos los datos característicos de generador y turbina. Las principales características técnicas y placas características se presentan a continuación.

No.	Item	Data	Denomination
1.	Manufacturer	PM	
2.	Type	CB 433/190-10 УХЛ4	
3.	Rated power	91/77,35	MVA / MW
4.	Maximum power	94,1/80	MVA / MW
5.	Rated power factor	0,85	
6.	Rated voltage	13,8	kV
7.	Rated stator current	3807	A
8.	Maximum stator current	3937	A
9.	Rated frequency	50	Hz
10.	Rated speed	600	r/m
11.	Run away speed	996	r/m
12.	Stator inner diameter	3300	mm
13.	Stator core length	1900	mm
14.	No of slots	180	pcs.
15.	No of stator sectors	1	pc
16.	Number of rotor poles	10	pcs
17.	No of coolers	8	pcs.
18.	Cooling air temperature max	40	°C
19.	Stator winding D.C. phase resistance at 15°C	0,0031	Ω
20.	Rotor winding D.C. resistance 15°C	0,074	Ω
21.	Field current at rated load	1290	A
22.	Rated field voltage	130	V
23.	Load losses	368	kW
24.	No load losses	1037	kW
25.	Efficiency at rated load and power factor of 0,85 (G)	98,21	%

Figura 4-12 – Hoja de datos de los generadores



Cliente	Tinguiririca energía	
Planta	La Higuera	
Número proyecto	C320.01264	
Tipo de máquina	Francis vertical	
Unidad N°.	1	2
Número de serie	2227	2228
Año de construcción	2015	2015

Potencia nominal	P	=	85,43	MW
Salto neto nominal	H _n	=	370.00	m
Caudal nominal	Q _n	=	25.0	m³/s
Velocidad de rotación	n	=	600	rpm
Velocidad de fuga máxima garantizada	n _{Tmax}	=	1060	rpm
Altura de instalación (línea central del distribuidor)			704.00	m.s.n.m.
Diámetro del rodete	D ₂	=	1623	mm
Número de álabes del rodete	z ₂	=	15	
Número de álabes del distribuidor	z ₀	=	20	
Altura del distribuidor	B ₀	=	220	mm
Sentido de rotación (vista desde el generador)	horario			
Gama nominal de la posición de los álabes del distribuidor	Da 0° a 30.4°			

Figura 4-13 – Datos de las turbinas

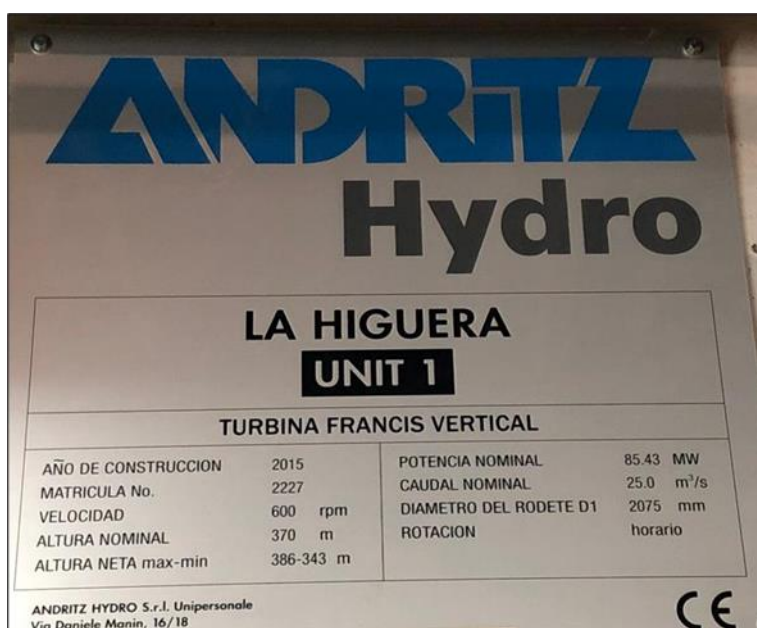


Figura 4-14 – Foto de placa de las turbinas



4.3 Condiciones de referencia y curvas de corrección

A partir de los resultados de la información suministrada por el fabricante y datos característicos de la central se considera el siguiente valor de potencia máxima esperables para las unidades generadoras de la Central Hidroeléctrica La Higuera.

Unidad	Potencia [MW]
U1	85.43
U2	85.43

Tabla 4-1 – Valores base de potencia para las unidades

De acuerdo con los parámetros declarados, la potencia máxima bruta esperable de la Central Hidroeléctrica La Higuera es de 170.86 MW.

En la 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
FP	0.95 (lagging)

Tabla 4-2 – 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.

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 $\cos \phi$

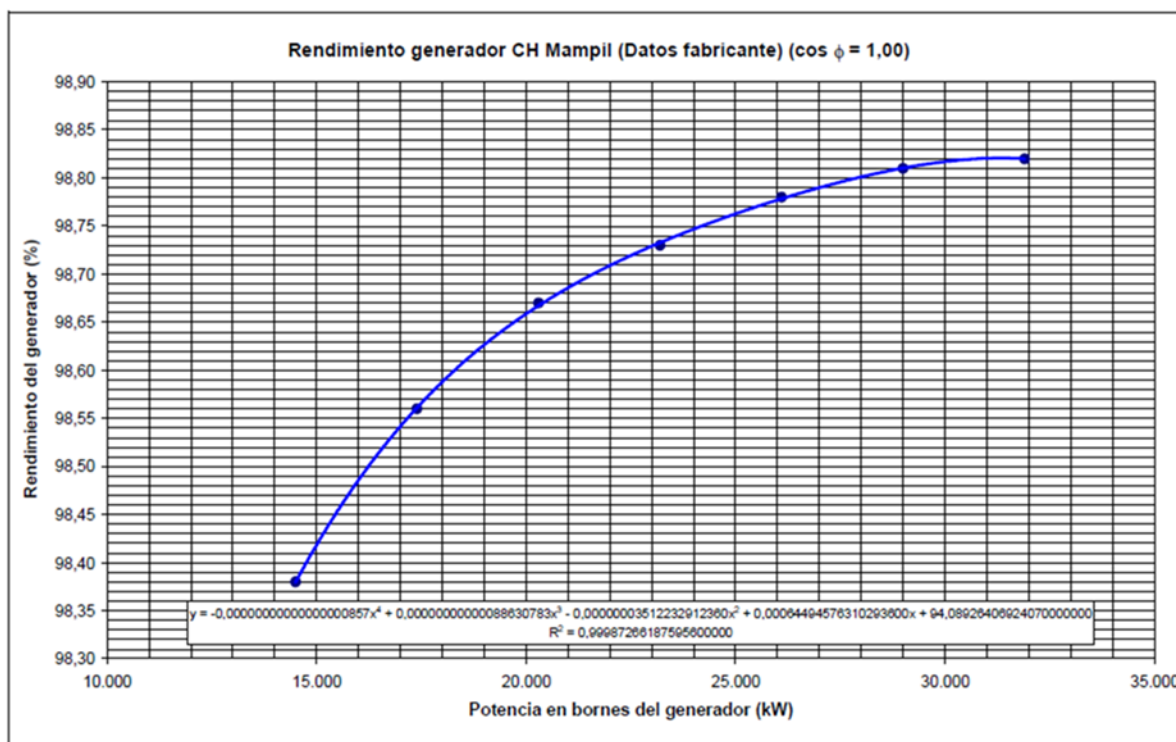


Figura 4-15 – Curva de corrección por factor de potencia

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

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- 16 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.

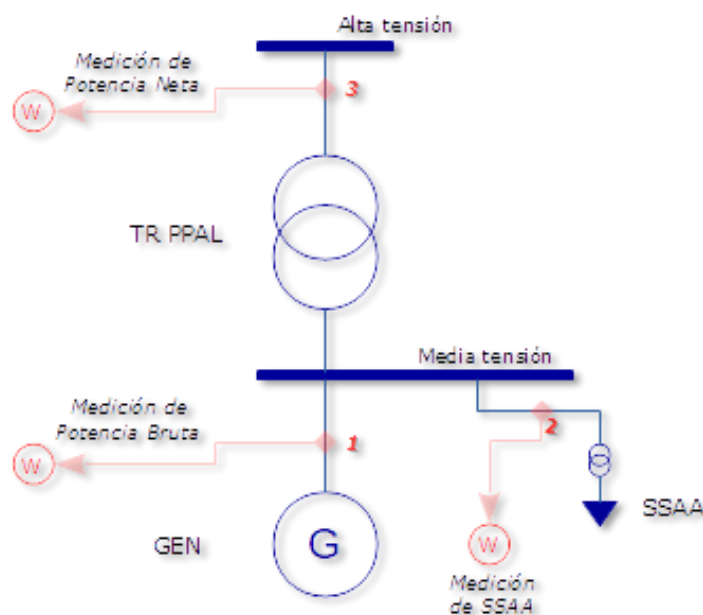


Figura 4-16 – Unilineal de planta esquemático



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 fue registrada a partir de medidores ubicados en la SE La Higuera. La potencia de las pérdidas y consumos internos se calcula indirectamente a partir de la medición de la potencia neta.

Para las mediciones de potencia bruta de cada unidad, se han utilizados los transformadores de instrumentación (PTs, CTs) que son clase 0.2 (puntos "1" en la Figura 4-16). Para la medición de voltaje se utilizaron transformadores de tensión cuyas relaciones de transformación son 13.8/0.115 kV. Para la medición de corriente se utilizaron transformadores de corriente cuyas relaciones de transformación son 5000/1 A.

Para las mediciones de potencia neta, los transformadores de instrumentación (PTs, CTs) son clase 0.2 (puntos "3" en la Figura 4-16). Para la medición de voltaje se utilizaron transformadores de tensión cuyas relaciones de transformación son 220.0/0.115 kV. Para la medición de corriente se utilizaron transformadores de corriente cuyas relaciones de transformación son 500/1 A.

Para la medición de potencia bruta de cada unidad se utilizaron los medidores ION 8650 que el Coordinado posee en sus instalaciones. Los mismos son clase 0.2 y cumplen con las exigencias de precisión requeridas.

Para la medición de potencia neta se utilizaron medidores ION 8650 que el Coordinado posee instalados en la SE La Higuera. Los mismos son clase 0.2 y cumplen con las exigencias de precisión requeridas.

Para la medición de potencia de servicios auxiliares (SS.AA.) se utilizaron medidores ION 8600 que el Coordinado posee en sus instalaciones. Los mismos son clase 0.2 y cumplen con las exigencias de precisión requeridas.

En la sección de Anexo 9.5 se detallan los puntos desde donde se realizan las mediciones de cada variable, en tanto en la sección de Anexo 9.6 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 Unidad 1	ION 8650 Serie: MW-1606A219-02	A, 0,2, 1 min.	Tinguiririca Energía (certificado Figura 9-23)	Conectado PTs y CTs clase 0.2, en punto 1 del unilineal de la Figura 4-16	Digital
2	Factor de potencia Unidad 1	ION 8650 Serie: MW-1606A219-02	A, 0,2, 1 min.	Tinguiririca Energía (certificado Figura 9-23)	Conectado PTs y CTs clase 0.2, en punto 1 del unilineal de la Figura 4-16	Digital
3	Potencia activa bruta Unidad 2	ION 8650 Serie: MW-1606A218-02	A, 0,2, 1 min.	Tinguiririca Energía (certificado Figura 9-24)	Conectado PTs y CTs clase 0.2, en punto 1 del unilineal de la Figura 4-16	Digital
4	Factor de potencia Unidad 2	ION 8650 Serie: MW-1606A218-02	A, 0,2, 1 min.	Tinguiririca Energía (certificado Figura 9-24)	Conectado PTs y CTs clase 0.2, en punto 1 del unilineal de la Figura 4-16	Digital
5	Potencia activa neta Unidad 1	ION 8650 Serie: MW-1209A388-01	A, 0,2, 1 min.	Tinguiririca Energía (certificado Figura 9-25)	Conectado PTs y CTs clase 0.2, en punto 3 del unilineal de la Figura 4-16	Digital
6	Potencia activa neta Unidad 2	ION 8650 Serie: MW-1209A387-01	A, 0,2, 1 min.	Tinguiririca Energía (certificado Figura 9-26)	Conectado PTs y CTs clase 0.2, en punto 3 del unilineal de la Figura 4-16	Digital
7	Potencia SS.AA. Unidad 1	ION 8600 Serie: PT-1108A918-01	A, 0,2, 1 min.	Tinguiririca Energía (certificado Figura 9-27)	Conectado PTs y CTs clase 0.2, en punto 2 del unilineal de la Figura 4-16	Digital
8	Potencia SS.AA. Unidad 1	ION 8600 Serie: PT-1104A373-01	A, 0,2, 1 min.	Tinguiririca Energía (certificado Figura 9-28)	Conectado PTs y CTs clase 0.2, en punto 2 del unilineal de la Figura 4-16	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 9.6.

Los equipos medidores de potencia bruta, de potencia neta y de SS.AA. son parte de la instalación y 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	Tag
1	Potencia activa UG1	HLH_CM_U1_PACT_GEN1_AN
2	Potencia reactiva UG1	HLH_CM_U1_PREACT_GEN1_AN
3	Potencia Aparente UG1	HLH_CM_U1_PAPARENT_GEN1_AN
4	Factor de potencia UG1	HLH_CM_U1_FP_GEN1_AN
5	Frecuencia UG1	HLH_CM_U1_FREQ_GEN1_AN
6	Caudal turbinado UG1	HLH_CM_U1_CAUD_AGUA.TURB_AN
7	Altura bruta UG1	HLH_CM_U1_ALTURA.BRUTA_AN
8	Tensión UG1	HLH_CM_U1_VOLT_3F.GEN1_AN HLH_CM_U1_VOLT_FA.GEN1_AN HLH_CM_U1_VOLT_FB.GEN1_AN HLH_CM_U1_VOLT_FC.GEN1_AN
9	Corriente UG1	HLH_CM_U1_AMP_3F.GEN1_AN HLH_CM_U1_AMP_FA.GEN1_AN HLH_CM_U1_AMP_FB.GEN1_AN HLH_CM_U1_AMP_FC.GEN1_AN
10	Potencia activa UG2	HLH_CM_U2_PACT_GEN2_AN
11	Potencia reactiva UG2	HLH_CM_U2_PREACT_GEN2_AN
12	Potencia Aparente UG2	HLH_CM_U2_PAPARENT_GEN2_AN
13	Factor de potencia UG2	HLH_CM_U2_FP_GEN2_AN
14	Frecuencia UG2	HLH_CM_U2_FREQ_GEN2_AN
15	Caudal turbinado UG2	HLH_CM_U2_CAUD_AGUA.TURB_AN
16	Altura bruta UG2	HLH_CM_U2_ALTURA.BRUTA_AN



17	Tensión UG2	HLH_CM_U2_VOLT_3F.GEN2_AN HLH_CM_U2_VOLT_FA.GEN2_AN HLH_CM_U2_VOLT_FB.GEN2_AN HLH_CM_U2_VOLT_FC.GEN2_AN
18	Corriente UG2	HLH_CM_U2_AMP_3F.GEN1_AN HLH_CM_U2_AMP_FA.GEN2_AN HLH_CM_U2_AMP_FB.GEN2_AN HLH_CM_U2_AMP_FC.GEN2_AN
19	Temperatura devanados UG1	HLH_CM_U1_TEMP_WINDING.BT01_AN HLH_CM_U1_TEMP_WINDING.BT02_AN HLH_CM_U1_TEMP_WINDING.BT03_AN HLH_CM_U1_TEMP_WINDING.BT04_AN HLH_CM_U1_TEMP_WINDING.BT05_AN HLH_CM_U1_TEMP_WINDING.BT06_AN HLH_CM_U1_TEMP_WINDING.BT07_AN HLH_CM_U1_TEMP_WINDING.BT08_AN HLH_CM_U1_TEMP_WINDING.BT09_AN HLH_CM_U1_TEMP_WINDING.BT010_AN HLH_CM_U1_TEMP_WINDING.BT011_AN HLH_CM_U1_TEMP_WINDING.BT012_AN
20	Temperatura devanados UG2	HLH_CM_U2_TEMP_WINDING.BT01_AN HLH_CM_U2_TEMP_WINDING.BT02_AN HLH_CM_U2_TEMP_WINDING.BT03_AN HLH_CM_U2_TEMP_WINDING.BT04_AN HLH_CM_U2_TEMP_WINDING.BT05_AN HLH_CM_U2_TEMP_WINDING.BT06_AN HLH_CM_U2_TEMP_WINDING.BT07_AN HLH_CM_U2_TEMP_WINDING.BT08_AN HLH_CM_U2_TEMP_WINDING.BT09_AN HLH_CM_U2_TEMP_WINDING.BT010_AN HLH_CM_U2_TEMP_WINDING.BT011_AN HLH_CM_U2_TEMP_WINDING.BT012_AN
21	Potencia activa TRAF0 1	HLH_CM_TR1_PACT_AN
22	Potencia reactiva TRAF0 1	HLH_CM_TR1_PREACT_AN
23	Potencia Aparente TRAF0 1	HLH_CM_TR1_PAPARENT_AN
24	Factor de potencia TRAF0 1	HLH_CM_TR1_FP_AN
25	Tensión TRAF0 1	HLH_CM_TR1_VOLT_3F_AN HLH_CM_TR1_VOLT_FA_AN HLH_CM_TR1_VOLT_FB_AN HLH_CM_TR1_VOLT_FC_AN
26	Corriente TRAF0 1	HLH_CM_TR1_AMP_3F_AN HLH_CM_TR1_AMP_FA_AN HLH_CM_TR1_AMP_FB_AN HLH_CM_TR1_AMP_FC_AN
27	Potencia activa TRAF0 2	HLH_CM_TR2_PACT_AN
28	Potencia reactiva TRAF0 2	HLH_CM_TR2_PREACT_AN



29	Potencia Aparente TRAFO 2	HLH_CM_TR2_PAPARENT_AN
30	Factor de potencia TRAFO 2	HLH_CM_TR2_FP_AN
31	Tensión TRAFO 2	HLH_CM_TR2_VOLT_3F_AN HLH_CM_TR2_VOLT_FA_AN HLH_CM_TR2_VOLT_FB_AN HLH_CM_TR2_VOLT_FC_AN
32	Corriente TRAFO 2	HLH_CM_TR2_AMP_3F_AN HLH_CM_TR2_AMP_FA_AN HLH_CM_TR2_AMP_FB_AN HLH_CM_TR2_AMP_FC_AN

Tabla 4-5 – Variables SCADA

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



4.5 Estimación 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 sean consistentes con estos valores. A continuación, se muestra 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	18.41 kW	
Pérdidas en el transformador principal	Vacío	Totales
	60.71 kW	327.45 kW
Pérdidas en el transformador de SSAA	Vacío	Totales
	2.2 kW	15.2 kW

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

Consumos	Potencia estimada	
Consumos de SSAA	16.64 kW	
Pérdidas en el transformador principal	Vacío	Totales
	60.08 kW	325.15 kW
Pérdidas en el transformador de SSAA	Vacío	Totales
	2.2 kW	15.2 kW

Tabla 4-7 – Valores teóricos obtenidos de pérdidas y consumos propios – Unidad 2

Consumos	Potencia estimada	
Consumos de SSAA	366.31 kW	
	Vacío	Totales
Pérdidas en los transformadores principales	120.79 kW	652.6 kW
	Vacío	Totales
Pérdidas en los transformadores de SSAA	4.4 kW	30.4 kW

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



4.5.1 Consumos propios de los servicios auxiliares

Se presenta en la Tabla 4-9 las mediciones de consumos de Servicios Auxiliares registradas durante los ensayos para la Unidad 1.

Períodos								
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	
Hora		16:45	17:15	17:45	18:15	18:45	19:15	
Consumos SSAA								
P _{SSAA}	Potencia total consumida por los servicios auxiliares	[kW]	18,027	18,067	17,947	19,173	18,381	18,840
	Promedio P _{SSAA}	[kW]	18,41					

Tabla 4-9 – Mediciones de consumos de SS.AA. para la Unidad 1

Se presenta en la Tabla 4-10 las mediciones de consumos de Servicios Auxiliares registradas durante los ensayos para la Unidad 2.

Períodos								
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	
Hora		12:45	13:15	13:45	14:15	14:45	15:15	
Consumos SSAA								
P _{SSAA}	Potencia total consumida por los servicios auxiliares	[kW]	17,397	16,506	16,496	16,510	16,496	16,455
	Promedio P _{SSAA}	[kW]	16,64					

Tabla 4-10 – Mediciones de consumos de SS.AA. para la Unidad 2

Se presenta en la Tabla 4-11 las mediciones de consumos de Servicios Auxiliares registradas durante los ensayos para la central completa.

Períodos								
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	
Hora		12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	
Consumos SSAA								
P _{SSAA,U1}	Potencia total consumida por los servicios auxiliares U1	[kW]	347,285	345,320	346,051	342,972	355,939	362,598
P _{SSAA,U2}	Potencia total consumida por los servicios auxiliares U2	[kW]	16,179	16,214	16,203	16,770	16,156	16,151
P _{SSAA}	Potencia total consumida por los servicios auxiliares	[kW]	363,464	361,534	362,254	359,742	372,095	378,749
	Promedio P _{SSAA}	[kW]	366,31					

Tabla 4-11 – Mediciones de consumos de SS.AA. para la central completa



4.5.2 Pérdidas en los transformadores principales

De acuerdo con el reporte de pruebas FAT de los transformadores, las pérdidas totales en cada transformador principal (pérdidas en vacío más las pérdidas en carga) son de 327.45 kW para el TR1 y 325.15 kW para el TR2.

SUMMARY OF TEST RESULTS				 Crompton Greaves	
CUSTOMER		M/S ENERGO POWER LTDA		W.O.NO.	BE9390
VOLTAGE (kV)		220-154/13.8		SL.NO.	BE9390-1
CURRENT (A)		238.8-341.2/3807.2		MVA	68.25/91
		VECTOR GROUP		YNd1	
5070-71-4000-306	Test No.	Test Parameter		Guaranteed / Specified Values	Measured Values
	1	No-Load Loss @ 100%	kW	62 kW(Max.)	60.71
	2	No-Load Loss @ 105%	kW	70 (Max.)	69.31
	3	No-Load % Current 100% rated Voltage	%	0.3% of rated (Approx.)	0.14
	4	No-Load % Current 105% rated Voltage	%	0.3% of rated (Approx.)	0.20
	5	Load Loss @ 91 MVA 220kV base at Tap No. 3	kW	285 kW (Max.)	266.74
	6	% Impedance@ 91.0 MVA 220kV base	Tap 1	---	10.65
	7	% Impedance@ 91.0MVA 220kV base	Tap 3	10.0 % (±7.5% Tol.)	10.33
	8	% Impedance@ 91.0MVA 220kV base	Tap 5	---	10.11
	9	Load Loss @ 91 MVA 154 kV base at Tap No. 3	kW	285 kW (Max.)	283.62
	10	% Impedance@ 91.0 MVA 154 kV base	Tap 1	---	9.42
	11	% Impedance@ 91.0MVA 154 kV base	Tap 3	9.5 % (±7.5% Tol.)	9.02
	12	% Impedance@ 91.0MVA 154 kV base	Tap 5	---	8.88

Figura 4-17 – Valores medidos de pérdidas en el transformador principal TR1



5070-2
4000-306

95/628

SUMMARY OF TEST RESULTS					 Crompton Greaves	
CUSTOMER		M/s ENERG POWER LTDA			W.O.NO.	BE9390
VOLTAGE (kV)		220-154/13.8			VECTOR GROUP	SL NO. BE9390-2
CURRENT (A)		238.8-341.2/3807.2			YNd1	MVA 68.25/91
Sr. No.	Test Parameter			Guaranteed / Specified Values	Measured Values	
1	No-Load Loss @ 100%	kW	62 kW(Max.)		60.08	
2	No-Load Loss @ 105%	kW	70 (Max.)		68.99	
3	No-Load % Current 100% rated Voltage	%	0.3% of rated (Approx.)		0.15	
4	No-Load % Current 105% rated Voltage	%	0.3% of rated (Approx.)		0.21	
5	Load Loss @ 91 MVA 220kV base at Tap No. 3	kW	285 kW (Max.)		265.07	
6	% Impedance@ 91.0 MVA 220kV base	Tap 1	---		10.66	
7	% Impedance@ 91.0MVA 220kV base	Tap 3	10.0 % ($\pm 7.5\%$ Tol.)		10.34	
8	% Impedance@ 91.0MVA 220kV base	Tap 5	---		10.04	
9	Load Loss @ 91 MVA 154 kV base at Tap No. 3	kW	285 kW (Max.)		283.03	
10	% Impedance@ 91.0 MVA 154 kV base	Tap 1	---		9.40	
11	% Impedance@ 91.0MVA 154 kV base	Tap 3	9.5 % ($\pm 7.5\%$ Tol.)		9.08	
12	% Impedance@ 91.0MVA 154 kV base	Tap 5	---		8.88	

95/628

Figura 4-18 – Valores medidos de pérdidas en el transformador principal TR2



4.5.3 Pérdidas en los transformadores auxiliares

De acuerdo con las hojas de datos del fabricante las pérdidas totales en cada transformador de SS.AA. (pérdidas en vacío más las pérdidas en carga) son de 15.2 kW.

GENERAL DATA				ELECTRIC CHARACTERISTICS			
Type		Resiglas		Frequency (Hz)		50	
Specification/Norm		IEC 60076-11		Phases Number		3	
Protection Degree		IP-21		Vector Group (Phase Angle)		Dyn1	
Installation		Indoor		Dielectric test		HV	LV
Max Installation Height (m)		1000		Voltage Class (kV)		17.5	1.1
Atmosphere		Not Aggressive		NBI (kV)		95	0
Max Temperature Ambient (°C)		40		Withstand Voltage test (kV)		38	3
Potency (kVA)		Windings		Tension (V)		Connection	
AN	AF						
1000	-	High Voltage	14490/14145/13800/13455/13110			Delta	
		Low Voltage	380/220			Star	
						HV	LV
Temperature rise of windings (°C)				Medium		100	100
				Hottest Place		110	110
Temperature class of Material Windings Isolated						F - 155°C	F - 155°C
Load		EFFICIENCY (%)		REGULATION (%)			
Factor (%)	Cos ϕ = 0,8	Cos ϕ = 0,9	Cos ϕ = 1,0	Cos ϕ = 0,8	Cos ϕ = 0,9	Cos ϕ = 1,0	
25	98.52	98.68	98.81	1.16	0.96	0.37	
50	98.66	98.8	98.92	2.32	1.92	0.74	
75	98.44	98.61	98.75	3.47	2.88	1.1	
100	98.14	98.34	98.5	4.63	3.84	1.47	
-	-	-	-	-	-	-	
WARRANTED VALUES (13800V - 100°C)				Tests (Accordant Norm IEC 60076-11)			
No load loss (W)		2200		Routine + Partial Discharge		Yes	
Load loss (W)		13000		Type / Special (Accordant Inspection and Test Plan)		Yes	
Total loss (W)		15200		OBSERVATIONS			
No load current(Excitation) (%)		0.65		- Material Windings: Copper - Increase 40% in Potency (1400kVA) with the installation of Ventilation circuit			
Impedance (%)		6					
Sound Pressure Level (dB)		64					
Partial Discharge (pC)		10					
Factor K		1					
Inrush Current (x In)		13					
ACCESSORIES							
Jack Support							
Skid Base Transformer Support							
Steel Cable to Transformer's Lift							
Box to Auxiliary Service							
Temperature Monitor (Type: T-154, Feeding: 24...240 Vca/Vcc)							
Ventilators (Prevision for Future Instalation)							
TC of HV (Relation: 200-1-1A, 10P20, 30VA)							
Ground Terminal (Gauge: 95mm2)							
R-04	ALTERAÇÕES CONFORME E-MAIL DO DIA 13/11/08					14/11/08	LEANDRO
R-03	AS BUILT					10/11/08	LEANDRO
R-02	ADDED OBSERVATIONS					05/08/08	DIOGO
R-01	ACCORDING SOLICITATION CLIENT (E-MAIL 02/07/08)					04/07/08	DIOGO
Number	REVISION'S DESCRIPTIONS					DATE	RESP.
WALTEC Waltec Equipamentos Elétricos Ltda.				ENERG POWER WALTEC'S REF.: 4423.017 CLIENT'S REF.: TRA1/TRA2			
DESIGN BY:	UDO	SIGN:		DATE:	04/06/08	DATA SHEET	
DRAWN BY:	DIOGO	SIGN:		DATE:	04/06/08	RESIN EPOXY ENCAPSULATED DRY TYPE TRANSFORMER	
CHECKED BY:	UDO	SIGN:		DATE:	04/06/08	DRAWN NUMBER:	4423017F
						SHEET:	1/1

Figura 4-19 – Valores teóricos de pérdidas del transformador de SSAA



5 REALIZACIÓN DE LA PRUEBA

5.1 Chequeos previos

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:

- Lectura de los equipos de medición principales.
- Sincronización horaria entre los distintos equipos de medición.
- 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 unidades, así como también para la central completa.

5.2.1 Verificaciones previas

Se verificó el cumplimiento de las condiciones de prueba establecidas:

- Todas las protecciones estaban operativas y sin falla.
- No existían alarmas relevantes.
- Las unidades estaban disponibles para operar a máxima potencia.
- 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 tuvo consignado un valor de estatismo del 5%.
- No fue posible operar con un factor de potencia cercano a 0.95 debido a que las condiciones del Sistema no permitieron aumentar la inyección de reactivos para lograr dicho valor. Por esta razón, se operó en toda la prueba en un factor de potencia cercano a 0.99.
- 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 las unidades. Para las pruebas a nivel unidad, los servicios auxiliares propios de la unidad quedaron alimentados exclusivamente desde su propio transformador de SS.AA. Para la prueba de central completa todos los servicios auxiliares quedaron alimentados desde ambas unidades a través de los correspondientes transformadores de SS.AA. pero con el acoplamiento de barras 52-T2 abierto.

En la siguiente figura se presentan las condiciones operativas del central:

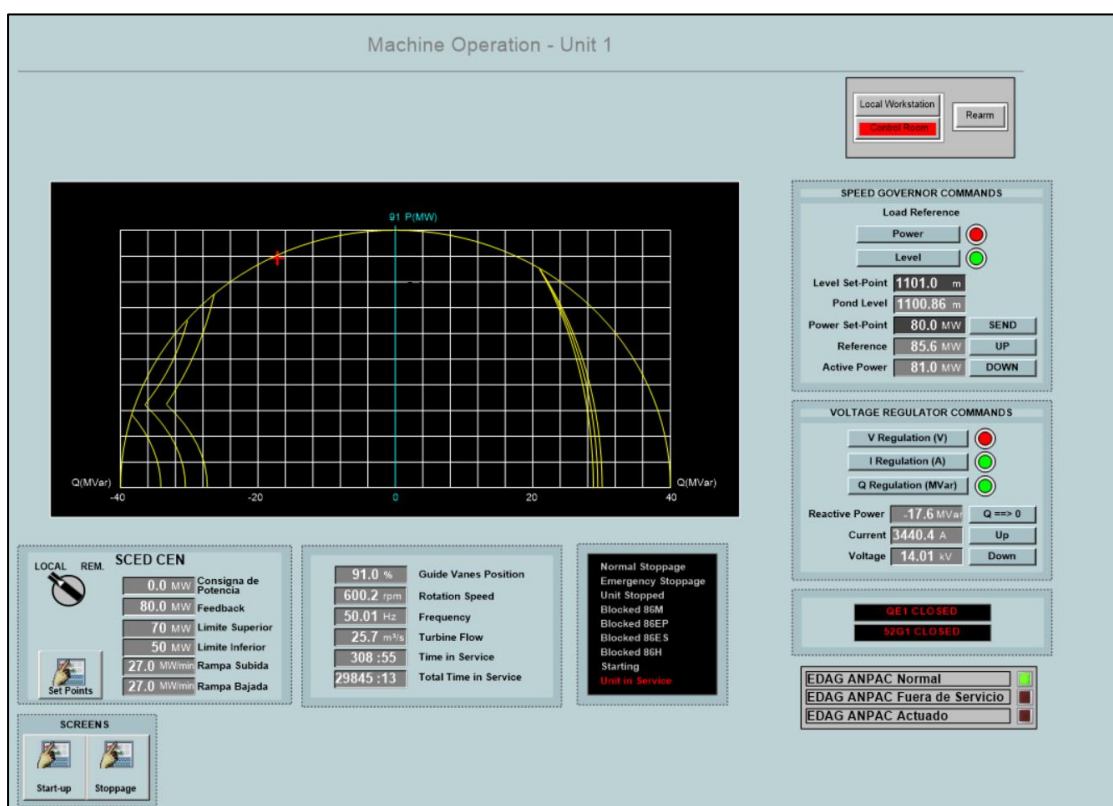


Figura 5-1 – Condiciones operativas durante los ensayos de la Unidad 1



5.4 Incremento de potencia, estabilización e inicio de la prueba

Previo al inicio de las pruebas las unidades se encontraban en servicio. El operador incrementó paulatinamente la carga de cada una de las unidades hasta alcanzar el valor correspondiente a potencia máxima.

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

Finalizados estos ajustes se dio inicio al período de estabilización para las unidades. 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	16:15 Hs (09/12/2024)
Fin del período de estabilización	16:45 Hs
Inicio del período de prueba	16:45 Hs
Fin del período de prueba	19:45 Hs

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

La Tabla 5-2 resume los períodos resultantes del desarrollo de las pruebas para la Unidad 2:

Arranque de la unidad	Despachada
Inicio del período de estabilización	12:15 Hs (09/12/2024)
Fin del período de estabilización	12:45 Hs
Inicio del período de prueba	12:45 Hs
Fin del período de prueba	15:45 Hs

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



La Tabla 5-3 resume los períodos resultantes del desarrollo de las pruebas para la central completa:

Arranque de las unidades	Despachadas
Inicio del período de estabilización	12:00 Hs (10/12/2024)
Fin del período de estabilización	12:30 Hs
Inicio del período de prueba	12:30 Hs
Fin del período de prueba	15:30 Hs

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								
Test Run n°		ref	1	2	3	4	5	6
Hora			16:45	17:15	17:45	18:15	18:45	19:15
Verificación de condiciones de estabilidad								
P _{Neta}	Potencia Neta medido en Alta	1,50%	0,155%	0,225%	0,145%	0,130%	0,154%	0,093%
P _{BRUTA}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	1,50%	0,140%	0,105%	0,133%	0,140%	0,141%	0,104%
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	2,00%	0,029%	0,043%	0,031%	0,026%	0,030%	0,117%
Frec	Velocidad de Rotación	0,50%	0,075%	0,079%	0,073%	0,133%	0,109%	0,054%
Estabilidad	¿Se cumplen los criterios para todas las variables?	SI	SI	SI	SI	SI	SI	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								
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	
Hora		12:45	13:15	13:45	14:15	14:45	15:15	
Verificación de condiciones de estabilidad								
P _{Neta}	Potencia Neta medido en Alta	1,50%	0,091%	0,174%	0,191%	0,200%	0,117%	0,119%
P _{BRUTA}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	1,50%	0,101%	0,170%	0,173%	0,171%	0,094%	0,061%
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	2,00%	0,070%	0,048%	0,077%	0,040%	0,022%	0,042%
Frec	Velocidad de Rotación	0,50%	0,073%	0,121%	0,101%	0,227%	0,069%	0,148%
Estabilidad	¿Se cumplen los criterios para todas las variables?	SI	SI	SI	SI	SI	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	
Hora		12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	
Verificación de condiciones de estabilidad								
P _{neta,U1}	Potencia Neta medido en Alta U1	1,50%	0,102%	0,106%	0,109%	0,113%	0,109%	0,057%
P _{BRUTA,U1}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina U1	1,50%	0,090%	0,130%	0,053%	0,062%	0,120%	0,091%
FP _{U1}	Factor de potencia en bornes de máquina U1	2,00%	0,074%	0,031%	0,029%	0,119%	0,094%	0,081%
P _{neta,U2}	Potencia Neta medido en Alta U2	1,50%	0,117%	0,147%	0,122%	0,121%	0,084%	0,075%
P _{BRUTA,U2}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina U2	1,50%	0,121%	0,094%	0,143%	0,135%	0,147%	0,098%
FP _{U2}	Factor de potencia en bornes de máquina U2	2,00%	0,074%	0,037%	0,064%	0,178%	0,097%	0,107%
Frec	Velocidad de Rotación	0,50%	0,117%	0,078%	0,098%	0,214%	0,102%	0,044%
Estabilidad	¿Se cumplen los criterios para todas las variables?	SI	SI	SI	SI	SI	SI	

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

Para todas las pruebas todos los test-run registrados verificaron las condiciones de estabilidad y se han utilizado 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 9.7.



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

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

Dónde:

- $P_{Neta, No Corr(Ui)}$: Potencia Neta No Corregida (medición directa) - Unidad "i" (i=1, 2).
- $P_{Bruta, No Corr(Ui)}$: Potencia Bruta No Corregida - Unidad "i" (i=1, 2).
- $L_{Totales(Ui)}$: Pérdidas y consumos internos/externos de la planta en todo concepto - Unidad "i" (i=1, 2)

La Tabla 6-1 detalla los cálculos realizados para la Unidad 1.

Períodos								
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	
Hora		16:45	17:15	17:45	18:15	18:45	19:15	
Variables Primarias								
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	-	0,994	0,992	0,994	0,994	0,994	0,997
P _{BRUTA}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	[MW]	84,83	84,21	85,00	84,97	84,95	84,78
P _{Neta}	Potencia Neta medido en Alta	[MW]	84,53	83,79	84,66	84,66	84,64	84,43
Determinación pérdidas totales								
P _{Bruta, No Corr}	Potencia Bruta medida - Total	[MW]	84,825	84,205	84,997	84,972	84,946	84,778
P _{Neta, No Corr}	Potencia Neta medida - Total	[MW]	84,526	83,787	84,658	84,661	84,636	84,427
L _{TOTALES}	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos	[MW]	0,299	0,418	0,339	0,311	0,310	0,351
	L _{TOTALES}	[kW]	338,06					

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								
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	
Hora		12:45	13:15	13:45	14:15	14:45	15:15	
Variables Primarias								
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	-	0,995	0,995	0,996	0,997	0,999	0,997
P _{BRUTA}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	[MW]	84,86	84,97	84,82	84,83	84,82	84,73
P _{Neta}	Potencia Neta medido en Alta	[MW]	84,48	84,57	84,44	84,45	84,46	84,37
Determinación pérdidas totales								
P _{Bruta, No Corr}	Potencia Bruta medida - Total	[MW]	84,861	84,972	84,816	84,835	84,818	84,732
P _{Neta, No Corr}	Potencia Neta medida - Total	[MW]	84,476	84,568	84,437	84,453	84,456	84,375
L _{TOTALES}	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos	[MW]	0,385	0,404	0,379	0,382	0,362	0,357
	L _{TOTALES}	[kW]	378,07					

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								
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	
Hora		12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	
Variables Primarias								
FP _{U1}	Factor de potencia en bornes de máquina U1	-	0,983	0,977	0,977	0,981	0,985	0,986
P _{BRUTA, U1}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina U1	[MW]	81,26	81,26	81,31	81,29	81,18	81,22
P _{neta, U1}	Potencia Neta medido en Alta U1	[MW]	80,68	80,66	80,66	80,66	80,58	80,54
FP _{U2}	Factor de potencia en bornes de máquina U2	-	0,979	0,973	0,973	0,976	0,981	0,982
P _{BRUTA, U2}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina U2	[MW]	80,61	80,66	80,67	80,67	80,58	80,54
P _{neta, U2}	Potencia Neta medido en Alta U2	[MW]	80,25	80,26	80,28	80,29	80,21	80,15
Determinación pérdidas totales								
P _{Bruta, No Corr}	Potencia Bruta medida - Total	[MW]	161,875	161,921	161,979	161,968	161,765	161,759
P _{Neta, No Corr}	Potencia Neta medida - Total	[MW]	160,924	160,928	160,936	160,952	160,794	160,696
L _{TOTALES}	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos	[MW]	0,952	0,993	1,043	1,016	0,971	1,063
	L _{TOTALES}	[kW]	1006,38					

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



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 auxiliares.

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

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

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

Este valor de pérdidas considera las pérdidas en condición de vacío en el transformador principal y de SS.AA. 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 unidad bajo prueba debe ser desglosado en los siguientes elementos:

- Pérdidas en el transformador principal ($P_{Perd,tr(Ui)}$)
- Pérdidas en el transformador de SS.AA. ($P_{Perd,trSSAA(Ui)}$)
- Pérdidas en la red interna ($P_{Perd,red(Ui)}$)

$$P_{Perd,central,med(Ui)} = P_{Perd,tr(Ui)} + P_{Perd,trSSAA(Ui)} + P_{Perd,red(Ui)}$$

Pérdidas en los transformadores principales

En la Tabla 4-6 y Tabla 4-7 se presentan los valores de pérdida en vacío y carga de los transformadores principales. 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 para cada transformador ($P_{Perd,carga,tr(Ui)}$) se calculan según la siguiente expresión:

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

La expresión de pérdidas de cada transformador principal es la siguiente:

$$P_{Perd,tr(Ui)} = P_{Perd,carga,tr(Ui)} + P_{Perd,vacio,tr(Ui)}$$



Pérdidas en los transformadores de SS.AA.

En las Tabla 4-6 y Tabla 4-7 se presentan los valores de pérdida en vacío y carga de los transformadores de SS.AA. 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 para cada transformador ($P_{Perd,carga,trSSAA(Ui)}$) se calculan según la siguiente expresión:

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

La expresión de pérdidas de cada transformador principal es la siguiente:

$$P_{Perd,trSSAA(Ui)} = P_{Perd,carga,trSSAA(Ui)} + P_{Perd,vacio,trSSAA(Ui)}$$

Pérdidas en la red interna

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

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



La Tabla 6-4 detalla los cálculos realizados para la Unidad 1.

Períodos								
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	
Hora		16:45	17:15	17:45	18:15	18:45	19:15	
Variables Primarias								
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	-	0,994	0,992	0,994	0,994	0,994	0,997
P _{BRUTA}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	[MW]	84,83	84,21	85,00	84,97	84,95	84,78
P _{Neta}	Potencia Neta medido en Alta	[MW]	84,53	83,79	84,66	84,66	84,64	84,43
Determinación pérdidas totales								
P _{Bruta, No Corr}	Potencia Bruta medida - Total	[MW]	84,825	84,205	84,997	84,972	84,946	84,778
P _{Neta, No Corr}	Potencia Neta medida - Total	[MW]	84,526	83,787	84,658	84,661	84,636	84,427
L _{TOTALES}	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos	[MW]	0,299	0,418	0,339	0,311	0,310	0,351
	L _{TOTALES}	[kW]	338,06					
P _{PERD,TR}	Pérdidas en el transformador principal	[MW]	0,267	0,264	0,268	0,268	0,268	0,267
	P _{PERD,TR}	[kW]	267,12					
P _{SSAA}	Potencia total consumida por los servicios auxiliares	[MW]	0,018	0,018	0,018	0,019	0,018	0,019
	P _{SSAA}	[kW]	18,41					
P _{PERD,TR SS.AA.}	Pérdidas en el transformador de SS.AA.	[MW]	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
	P _{PERD,TR SS.AA.}	[kW]	2,20					
P _{PERD,RED}	Pérdidas en la red interna	[MW]	0,012	0,134	0,050	0,022	0,022	0,063
	P _{PERD,RED}	[kW]	50,33					

Tabla 6-4 – Desglose de potencia de pérdidas y consumos para la Unidad 1



La Tabla 6-5 detalla los cálculos realizados para la Unidad 2.

Períodos								
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	
Hora		12:45	13:15	13:45	14:15	14:45	15:15	
Variables Primarias								
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	-	0,995	0,995	0,996	0,997	0,999	0,997
P _{BRUTA}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	[MW]	84,86	84,97	84,82	84,83	84,82	84,73
P _{Neta}	Potencia Neta medido en Alta	[MW]	84,48	84,57	84,44	84,45	84,46	84,37
Determinación pérdidas totales								
P _{Bruta, No Corr}	Potencia Bruta medida - Total	[MW]	84,861	84,972	84,816	84,835	84,818	84,732
P _{Neta, No Corr}	Potencia Neta medida - Total	[MW]	84,476	84,568	84,437	84,453	84,456	84,375
L _{TOTALES}	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos	[MW]	0,385	0,404	0,379	0,382	0,362	0,357
	L _{TOTALES}	[kW]	378,07					
P _{PERD,TR}	Pérdidas en el transformador principal	[MW]	0,289	0,289	0,288	0,288	0,288	0,288
	P _{PERD,TR}	[kW]	288,42					
P _{SSAA}	Potencia total consumida por los servicios auxiliares	[MW]	0,017	0,017	0,016	0,017	0,016	0,016
	P _{SSAA}	[kW]	16,64					
P _{PERD,TR SSAA}	Pérdidas en el transformador de SS.AA.	[MW]	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
	P _{PERD,TR SSAA}	[kW]	2,20					
P _{PERD,RED}	Pérdidas en la red interna	[MW]	0,077	0,096	0,072	0,074	0,055	0,050
	P _{PERD,RED}	[kW]	70,81					

Tabla 6-5 – Desglose de potencia de pérdidas y consumos para la Unidad 2



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

Períodos								
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	
Hora		12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	
Variables Primarias								
FP _{U1}	Factor de potencia en bornes de máquina U1	-	0,983	0,977	0,977	0,981	0,985	0,986
P _{BRUTA,U1}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina U1	[MW]	81,26	81,26	81,31	81,29	81,18	81,22
P _{neta,U1}	Potencia Neta medido en Alta U1	[MW]	80,68	80,66	80,66	80,66	80,58	80,54
FP _{U2}	Factor de potencia en bornes de máquina U2	-	0,979	0,973	0,973	0,976	0,981	0,982
P _{BRUTA,U2}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina U2	[MW]	80,61	80,66	80,67	80,67	80,58	80,54
P _{neta,U2}	Potencia Neta medido en Alta U2	[MW]	80,25	80,26	80,28	80,29	80,21	80,15
Determinación pérdidas totales								
P _{Bruta, No Corr}	Potencia Bruta medida - Total	[MW]	161,875	161,921	161,979	161,968	161,765	161,759
P _{Neta, No Corr}	Potencia Neta medida - Total	[MW]	160,924	160,928	160,936	160,952	160,794	160,696
L _{TOTALES}	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos	[MW]	0,952	0,993	1,043	1,016	0,971	1,063
	L _{TOTALES}	[kW]	1006,38					
P _{PERD,TRU1}	Pérdidas en el transformador principal	[MW]	0,270	0,270	0,270	0,270	0,270	0,270
P _{PERD,TRU2}	Pérdidas en el transformador principal	[MW]	0,266	0,266	0,266	0,266	0,266	0,266
	P _{PERD,TR}	[kW]	536,30					
P _{SSAA}	Potencia total consumida por los servicios auxiliares	[MW]	0,363	0,362	0,362	0,360	0,372	0,379
	P _{SSAA}	[kW]	366,31					
P _{PERD,TR SS.AA.U1}	Pérdidas en el transformador de SS.AA.	[MW]	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
P _{PERD,TR SS.AA.U2}	Pérdidas en el transformador de SS.AA.	[MW]	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
	P _{PERD,TR SS.AA.}	[kW]	6,00					
P _{PERD,RED}	Pérdidas en la red interna	[MW]	0,046	0,089	0,138	0,113	0,057	0,143
	P _{PERD,RED}	[kW]	97,77					

Tabla 6-6 - Desglose de potencia de pérdidas y consumos para la central completa

6.2.2 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, se realiza un desglose de cada una de ellas a partir de los datos estimados en el capítulo 4.5.



En la Tabla 6-7 se resumen los resultados del desglose de pérdidas y consumos (promedio) de la Unidad 1.

<i>Consumos</i>	<i>Potencia estimada</i>
Consumos de SSAA	18.41 kW
Pérdidas en los transformadores principales	267.12 kW
Pérdidas en el transformador de SSAA	2.20 kW
Pérdidas en la red interna	50.33 kW
Total	338.06 kW

Tabla 6-7 – Valores de pérdidas y consumos para la Unidad 1

En la Tabla 6-8 se resumen los resultados del desglose de pérdidas y consumos (promedio) de la Unidad 2.

<i>Consumos</i>	<i>Potencia estimada</i>
Consumos de SSAA	16.64 kW
Pérdidas en los transformadores principales	288.42 kW
Pérdidas en el transformador de SSAA	2.20 kW
Pérdidas en la red interna	70.81 kW
Total	378.07 kW

Tabla 6-8 – Valores de pérdidas y consumos para la Unidad 2

En la Tabla 6-9 se resumen los resultados del desglose de pérdidas y consumos (promedio) de la central completa.

<i>Consumos</i>	<i>Potencia estimada</i>
Consumos de SSAA	366.31 kW
Pérdidas en los transformadores principales	536.30 kW
Pérdidas en el transformador de SSAA	6.00 kW
Pérdidas en la red interna	97.77 kW
Total	1006.38 kW

Tabla 6-9 – Valores de pérdidas y consumos para la central completa



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 (10 períodos) y el resultado final resultó del promedio de todos ellos.

Según lo establece el anexo técnico pueden aplicarse correcciones por:

- 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:

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

Dónde:

- $P_{Bruta,Corr(Ui)}$: Potencia Bruta Corregida Unidad "i" (i=1, 2)
- $P_{Bruta(Ui)}$: Potencia Bruta Medida Unidad "i" (i=1, 2)
- 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. Para cada unidad (U1 y U2) el factor de potencia que se utilizará como referencia es el indicado por el medidor #2 y 5, respectivamente (Tabla 4-4).



La Tabla 6-10 detalla las correcciones realizadas para la Unidad 1.

Períodos								
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	
Hora		16:45	17:15	17:45	18:15	18:45	19:15	
Variables Primarias								
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	-	0,994	0,992	0,994	0,994	0,994	0,997
P _{BRUTA}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	[MW]	84,83	84,21	85,00	84,97	84,95	84,78
P _{Neta}	Potencia Neta medido en Alta	[MW]	84,53	83,79	84,66	84,66	84,64	84,43
Correcciones a la Potencia bruta								
L _{FP}	Diferencia en pérdidas por FP	[kW]	77,383	73,748	77,791	77,787	77,555	83,827
P _{Bruta, Corr}	Potencia Bruta corregida por los factores permitidos en el Anexo Técnico	[MW]	84,75	84,13	84,92	84,89	84,87	84,69

Tabla 6-10 – Correcciones a la Potencia Bruta para la Unidad 1

La Tabla 6-11 detalla las correcciones realizadas para la Unidad 2.

Períodos								
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	
Hora		12:45	13:15	13:45	14:15	14:45	15:15	
Variables Primarias								
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	-	0,995	0,995	0,996	0,997	0,999	0,997
P _{BRUTA}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	[MW]	84,86	84,97	84,82	84,83	84,82	84,73
P _{Neta}	Potencia Neta medido en Alta	[MW]	84,48	84,57	84,44	84,45	84,46	84,37
Correcciones a la Potencia bruta								
L _{FP}	Diferencia en pérdidas por FP	[kW]	79,944	79,243	81,979	83,870	85,940	82,814
P _{Bruta, Corr}	Potencia Bruta corregida por los factores permitidos en el Anexo Técnico	[MW]	84,78	84,89	84,73	84,75	84,73	84,65

Tabla 6-11 – Correcciones a la Potencia Bruta para la Unidad 2



La Tabla 6-12 detalla las correcciones realizadas para la central completa.

Períodos								
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	
Hora		12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	
Variables Primarias								
FP _{U1}	Factor de potencia en bornes de máquina U1	-	0,983	0,977	0,977	0,981	0,985	0,986
P _{BRUTA,U1}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina U1	[MW]	81,26	81,26	81,31	81,29	81,18	81,22
P _{neta,U1}	Potencia Neta medido en Alta U1	[MW]	80,68	80,66	80,66	80,66	80,58	80,54
FP _{U2}	Factor de potencia en bornes de máquina U2	-	0,979	0,973	0,973	0,976	0,981	0,982
P _{BRUTA,U2}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina U2	[MW]	80,61	80,66	80,67	80,67	80,58	80,54
P _{neta,U2}	Potencia Neta medido en Alta U2	[MW]	80,25	80,26	80,28	80,29	80,21	80,15
Correcciones a la Potencia bruta								
L _{FP,U1}	Diferencia en pérdidas por FP - U1	[kW]	57,330	46,900	46,875	54,270	61,162	61,961
L _{FP,U2}	Diferencia en pérdidas por FP - U2	[kW]	49,695	39,353	39,820	45,501	53,952	54,469
P _{Bruta, Corr, U1}	Potencia Bruta corregida por los factores permitidos en el Anexo Técnico	[MW]	81,20	81,21	81,26	81,24	81,12	81,16
P _{Bruta, Corr, U2}		[MW]	80,56	80,62	80,63	80,63	80,53	80,49

Tabla 6-12 – Correcciones a la Potencia Bruta para la central completa



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- 13 detalla los cálculos realizados para la Unidad 1.

Períodos								
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	
Hora		16:45	17:15	17:45	18:15	18:45	19:15	
Determinación pérdidas totales								
$L_{TOTALES}$	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos	[MW]	0,299	0,418	0,339	0,311	0,310	0,351
	$L_{TOTALES}$	[kW]	338,06					
Cálculo promedio final								
$P_{Bruta, Corr}$	Valores utilizados para	[MW]	84,75	84,13	84,92	84,89	84,87	84,69
$P_{Neta, Corr}$	cálculo de promedio final	[MW]	84,45	83,71	84,58	84,58	84,56	84,34

Tabla 6-13 – Cálculos de Potencia Neta corregida para la Unidad 1



La Tabla 6- 14 detalla los cálculos realizados para la Unidad 2.

Períodos								
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	
Hora		12:45	13:15	13:45	14:15	14:45	15:15	
Determinación pérdidas totales								
L _{TOTALES}	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos	[MW]	0,385	0,404	0,379	0,382	0,362	0,357
	L _{TOTALES}	[kW]	378,07					
Cálculo promedio final								
P _{Bruta, Corr}	Valores utilizados para	[MW]	84,78	84,89	84,73	84,75	84,73	84,65
P _{Neta, Corr}	cálculo de promedio final	[MW]	84,40	84,49	84,36	84,37	84,37	84,29

Tabla 6-14 – Cálculos de Potencia Neta corregida para la Unidad 2

La Tabla 6- 15 detalla los cálculos realizados para la central completa.

Períodos								
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	
Hora		12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	
Determinación pérdidas totales								
L _{TOTALES}	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos	[MW]	0,952	0,993	1,043	1,016	0,971	1,063
	L _{TOTALES}	[kW]	1006,38					
Cálculo promedio final								
P _{Bruta, Corr}	Valores utilizados para	[MW]	161,77	161,84	161,89	161,87	161,65	161,64
P _{Neta, Corr}	cálculo de promedio final	[MW]	160,82	160,84	160,85	160,85	160,68	160,58

Tabla 6-15 – Cálculos de Potencia Neta corregida para la central completa



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: **84.71 MW**
- Unidad 2: **84.76 MW**
- Central completa: **161.78 MW**

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

- Unidad 1: **84.37 MW**
- Unidad 2: **84.38 MW**
- Central completa: **160.77 MW**

La Tabla 6-16 detalla los valores utilizados para el cálculo del promedio de la Unidad 1.

Períodos								
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	
Hora		16:45	17:15	17:45	18:15	18:45	19:15	
Cálculo promedio final								
P _{Bruta, Corr}	Valores utilizados para	[MW]	84,75	84,13	84,92	84,89	84,87	84,69
P _{Neta, Corr}	cálculo de promedio final	[MW]	84,45	83,71	84,58	84,58	84,56	84,34
P _{MAX, Bruta}	Potencia Máxima Bruta	[MW]	84,71					
P _{MAX, Neta}	Potencia Máxima Neta	[MW]	84,37					

Tabla 6-16 – Promedio Final para la Unidad 1



La Tabla 6-17 detalla los valores utilizados para el cálculo del promedio de la Unidad 2.

Períodos								
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	
Hora		12:45	13:15	13:45	14:15	14:45	15:15	
Cálculo promedio final								
P _{Bruta, Corr}	Valores utilizados para	[MW]	84,78	84,89	84,73	84,75	84,73	84,65
P _{Neta, Corr}	cálculo de promedio final	[MW]	84,40	84,49	84,36	84,37	84,37	84,29
P _{MAX, Bruta}	Potencia Máxima Bruta	[MW]	84,76					
P _{MAX, Neta}	Potencia Máxima Neta	[MW]	84,38					

Tabla 6-17 – Promedio Final para la Unidad 2

La Tabla 6-18 detalla los valores utilizados para el cálculo del promedio de la central completa:

Períodos								
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	
Hora		12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	
Cálculo promedio final								
P _{Bruta, Corr}	Valores utilizados para	[MW]	161,77	161,84	161,89	161,87	161,65	161,64
P _{Neta, Corr}	cálculo de promedio final	[MW]	160,82	160,84	160,85	160,85	160,68	160,58
P _{MAX, Bruta}	Potencia Máxima Bruta	[MW]	161,78					
P _{MAX, Neta}	Potencia Máxima Neta	[MW]	160,77					

Tabla 6-18 – Promedio Final para la central completa



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	
Hora			16:45	17:15	17:45	18:15	18:45	19:15	
Variables Primarias									
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	-	0,994	0,992	0,994	0,994	0,994	0,997	Mediciones
P _{BRUTA}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	[MW]	84,83	84,21	85,00	84,97	84,95	84,78	
P _{Neta}	Potencia Neta medido en Alta	[MW]	84,53	83,79	84,66	84,66	84,64	84,43	
Variables Secundarias									
Frec	Velocidad de Rotación - Para estabilidad	[Hz]	49,97	50,09	50,05	50,04	50,07	49,91	
Verificación de condiciones de estabilidad									
P _{Neta}	Potencia Neta medido en Alta	1,50%	0,155%	0,225%	0,145%	0,130%	0,154%	0,093%	Cálculos de Desvío Estándar y comparación con el límite establecido por norma
P _{BRUTA}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	1,50%	0,140%	0,105%	0,133%	0,140%	0,141%	0,104%	
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	2,00%	0,029%	0,043%	0,031%	0,026%	0,030%	0,117%	
Frec	Velocidad de Rotación	0,50%	0,075%	0,079%	0,073%	0,133%	0,109%	0,054%	
Estabilidad	¿Se cumplen los criterios para todas las variables?	SI	SI	SI	SI	SI	SI		
Consumos SSAA									
P _{SSAA}	Potencia total consumida por los servicios auxiliares	[kW]	18,027	18,067	17,947	19,173	18,381	18,840	
	Promedio P _{SSAA}	[kW]	18,41						
Determinación pérdidas totales									
P _{Bruta, No Corr}	Potencia Bruta medida - Total	[MW]	84,825	84,205	84,997	84,972	84,946	84,778	L _{Totales} = P _{bruta, No Corr} - P _{Neta, No Corr}
P _{Neta, No Corr}	Potencia Neta medida - Total	[MW]	84,526	83,787	84,658	84,661	84,636	84,427	
L _{TOTALES}	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos	[MW]	0,299	0,418	0,339	0,311	0,310	0,351	
	L _{TOTALES}	[kW]	338,06						
P _{PERD,TR}	Pérdidas en el transformador principal	[MW]	0,267	0,264	0,268	0,268	0,268	0,267	
	P _{PERD,TR}	[kW]	267,12						P _{PERD,RED} = L _{TOTALES} - P _{SS.AA.} - P _{PERD,TR} - P _{PERD,TR SS.AA.}
P _{SSAA}	Potencia total consumida por los servicios auxiliares	[MW]	0,018	0,018	0,018	0,019	0,018	0,019	
	P _{SSAA}	[kW]	18,41						
P _{PERD,TR SS.AA.}	Pérdidas en el transformador de SS.AA.	[MW]	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	
	P _{PERD,TR SS.AA.}	[kW]	2,20						
P _{PERD,RED}	Pérdidas en la red interna	[MW]	0,012	0,134	0,050	0,022	0,022	0,063	
	P _{PERD,RED}	[kW]	50,33						
Correcciones a la Potencia bruta									
L _{FP}	Diferencia en pérdidas por FP	[kW]	77,383	73,748	77,791	77,787	77,555	83,827	Diferencia de kW en la curva de FP (FP _{ens} vs 0.95)
P _{Bruta, Corr}	Potencia Bruta corregida por los factores permitidos en el Anexo Técnico	[MW]	84,75	84,13	84,92	84,89	84,87	84,69	P _{Bruta, Corr} = (P _{Bruta} - L _{FP})
Cálculo promedio final									
P _{Bruta, Corr}	Valores utilizados para	[MW]	84,75	84,13	84,92	84,89	84,87	84,69	Selección de los test-run promediables
P _{Neta, Corr}	cálculo de promedio final	[MW]	84,45	83,71	84,58	84,58	84,56	84,34	
P _{MAX, Bruta}	Potencia Máxima Bruta	[MW]	84,71						
P _{MAX, Neta}	Potencia Máxima Neta	[MW]	84,37						

Tabla 6-19 – Resumen general para la Unidad 1



Períodos								
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	
Hora		12:45	13:15	13:45	14:15	14:45	15:15	
Variables Primarias								
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	-	0,995	0,995	0,996	0,997	0,999	0,997
P _{BRUTA}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	[MW]	84,86	84,97	84,82	84,83	84,82	84,73
P _{Neta}	Potencia Neta medido en Alta	[MW]	84,48	84,57	84,44	84,45	84,46	84,37
Mediciones								
Variables Secundarias								
Frec	Velocidad de Rotación - Para estabilidad	[Hz]	50,00	50,00	49,92	50,02	50,02	50,03
Verificación de condiciones de estabilidad								
P _{Neta}	Potencia Neta medido en Alta	1,50%	0,091%	0,174%	0,191%	0,200%	0,117%	0,119%
P _{BRUTA}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	1,50%	0,101%	0,170%	0,173%	0,171%	0,094%	0,061%
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	2,00%	0,070%	0,048%	0,077%	0,040%	0,022%	0,042%
Frec	Velocidad de Rotación	0,50%	0,073%	0,121%	0,101%	0,227%	0,069%	0,148%
Estabilidad	¿Se cumplen los criterios para todas las variables?	SI	SI	SI	SI	SI	SI	
Cálculos de Desvío Estándar y comparación con el límite establecido por norma								
Consumos SSAA								
P _{SSAA}	Potencia total consumida por los servicios auxiliares	[kW]	17,397	16,506	16,496	16,510	16,496	16,455
	Promedio P _{SSAA}	[kW]	16,64					
Determinación pérdidas totales								
P _{Bruta, No Corr}	Potencia Bruta medida - Total	[MW]	84,861	84,972	84,816	84,835	84,818	84,732
P _{Neta, No Corr}	Potencia Neta medida - Total	[MW]	84,476	84,568	84,437	84,453	84,456	84,375
L _{TOTALES}	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos	[MW]	0,385	0,404	0,379	0,382	0,362	0,357
	L _{TOTALES}	[kW]	378,07					
P _{PERD,TR}	Pérdidas en el transformador principal	[MW]	0,289	0,289	0,288	0,288	0,288	0,288
	P _{PERD,TR}	[kW]	288,42					
P _{SSAA}	Potencia total consumida por los servicios auxiliares	[MW]	0,017	0,017	0,016	0,017	0,016	0,016
	P _{SSAA}	[kW]	16,64					
P _{PERD,TR SSAA}	Pérdidas en el transformador de SS.AA.	[MW]	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
	P _{PERD,TR SSAA}	[kW]	2,20					
P _{PERD,RED}	Pérdidas en la red interna	[MW]	0,077	0,096	0,072	0,074	0,055	0,050
	P _{PERD,RED}	[kW]	70,81					
P _{PERD,RED} = L _{TOTALES} - P _{SS.AA.} - P _{PERD,TR} - P _{PERD,TR SS.AA.}								
Correcciones a la Potencia bruta								
L _{FP}	Diferencia en pérdidas por FP	[kW]	79,944	79,243	81,979	83,870	85,940	82,814
Diferencia de kW en la curva de FP (FP _{ens} vs 0.95)								
P _{Bruta, Corr}	Potencia Bruta corregida por los factores permitidos en el Anexo Técnico	[MW]	84,78	84,89	84,73	84,75	84,73	84,65
P _{Bruta, Corr} = (P _{Bruta} - L _{FP})								
Cálculo promedio final								
P _{Bruta, Corr}	Valores utilizados para	[MW]	84,78	84,89	84,73	84,75	84,73	84,65
P _{Neta, Corr}	cálculo de promedio final	[MW]	84,40	84,49	84,36	84,37	84,37	84,29
Selección de los test-run promediables								
P _{Neta, Corr} = P _{Bruta, Corr} - L _{TOTALES}								
P _{MAX, Bruta}	Potencia Máxima Bruta	[MW]	84,76					
P _{MAX, Neta}	Potencia Máxima Neta	[MW]	84,38					

Tabla 6-20 – Resumen general para la Unidad 2



Períodos								
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	
Hora		12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	
Variables Primarias								
FP _{U1}	Factor de potencia en bornes de máquina U1	-	0,983	0,977	0,977	0,981	0,985	0,986
P _{BRUTA,U1}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina U1	[MW]	81,26	81,26	81,31	81,29	81,18	81,22
P _{net,U1}	Potencia Neta medido en Alta U1	[MW]	80,68	80,66	80,66	80,66	80,58	80,54
FP _{U2}	Factor de potencia en bornes de máquina U2	-	0,979	0,973	0,973	0,976	0,981	0,982
P _{BRUTA,U2}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina U2	[MW]	80,61	80,66	80,67	80,67	80,58	80,54
P _{net,U2}	Potencia Neta medido en Alta U2	[MW]	80,25	80,26	80,28	80,29	80,21	80,15
Mediciones								
Variables Secundarias								
Frec	Velocidad de Rotación - Para estabilidad	[Hz]	50,00	50,01	49,97	49,97	50,05	50,06
Verificación de condiciones de estabilidad								
P _{net,U1}	Potencia Neta medido en Alta U1	1,50%	0,102%	0,106%	0,109%	0,113%	0,109%	0,057%
P _{BRUTA,U1}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina U1	1,50%	0,090%	0,130%	0,053%	0,062%	0,120%	0,091%
FP _{U1}	Factor de potencia en bornes de máquina U1	2,00%	0,074%	0,031%	0,029%	0,119%	0,094%	0,081%
P _{net,U2}	Potencia Neta medido en Alta U2	1,50%	0,117%	0,147%	0,122%	0,121%	0,084%	0,075%
P _{BRUTA,U2}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina U2	1,50%	0,121%	0,094%	0,143%	0,135%	0,147%	0,098%
FP _{U2}	Factor de potencia en bornes de máquina U2	2,00%	0,074%	0,037%	0,064%	0,178%	0,097%	0,107%
Frec	Velocidad de Rotación	0,50%	0,117%	0,078%	0,098%	0,214%	0,102%	0,044%
Estabilidad	¿Se cumplen los criterios para todas las variables?	SI	SI	SI	SI	SI	SI	
Cálculos de Desvío Estándar y comparación con el límite establecido por norma								
Consumos SSAA								
P _{SSAA,U1}	Potencia total consumida por los servicios auxiliares U1	[kW]	347,285	345,320	346,051	342,972	355,939	362,598
P _{SSAA,U2}	Potencia total consumida por los servicios auxiliares U2	[kW]	16,179	16,214	16,203	16,770	16,156	16,151
P _{SSAA}	Potencia total consumida por los servicios auxiliares	[kW]	363,464	361,534	362,254	359,742	372,095	378,749
	Promedio P _{SSAA}	[kW]	366,31					
Determinación pérdidas totales								
P _{Bruta, No Corr}	Potencia Bruta medida - Total	[MW]	161,875	161,921	161,979	161,968	161,765	161,759
P _{Neta, No Corr}	Potencia Neta medida - Total	[MW]	160,924	160,928	160,936	160,952	160,794	160,696
L _{TOTALES}	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos	[MW]	0,952	0,993	1,043	1,016	0,971	1,063
	L _{TOTALES}	[kW]	1006,38					
P _{PERD,TRU1}	Pérdidas en el transformador principal	[MW]	0,270	0,270	0,270	0,270	0,270	0,270
P _{PERD,TRU2}	Pérdidas en el transformador principal	[MW]	0,266	0,266	0,266	0,266	0,266	0,266
	P _{PERD,TR}	[kW]	536,30					
P _{SSAA}	Potencia total consumida por los servicios auxiliares	[MW]	0,363	0,362	0,362	0,360	0,372	0,379
	P _{SSAA}	[kW]	366,31					
P _{PERD,TR SS.AA.U1}	Pérdidas en el transformador de SS.AA.	[MW]	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
P _{PERD,TR SS.AA.U2}	Pérdidas en el transformador de SS.AA.	[MW]	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
	P _{PERD,TR SS.AA.}	[kW]	6,00					
P _{PERD,RED}	Pérdidas en la red interna	[MW]	0,046	0,089	0,138	0,113	0,057	0,143
	P _{PERD,RED}	[kW]	97,77					
P _{PERD,RED} = L _{TOTALES} - P _{SSAA} - P _{PERD,TR}								
Correcciones a la Potencia bruta								
L _{FP,U1}	Diferencia en pérdidas por FP - U1	[kW]	57,330	46,900	46,875	54,270	61,162	61,961
L _{FP,U2}	Diferencia en pérdidas por FP - U2	[kW]	49,695	39,353	39,820	45,501	53,952	54,469
P _{Bruta, Corr, U1}	Potencia Bruta corregida por los factores permitidos en el Anexo Técnico	[MW]	81,20	81,21	81,26	81,24	81,12	81,16
P _{Bruta, Corr, U2}		[MW]	80,56	80,62	80,63	80,63	80,53	80,49
Diferencia de kW en la curva de FP (FP _{ens} vs 0.95)								
P _{Bruta, Corr, U1} = (P _{bruta, U1} - L _{FP})								
P _{Bruta, Corr, U2} = (P _{bruta, U2} - L _{FP})								
Cálculo promedio final								
P _{Bruta, Corr}	Valores utilizados para cálculo de promedio final	[MW]	161,77	161,84	161,89	161,87	161,65	161,64
P _{Neta, Corr}		[MW]	160,82	160,84	160,85	160,85	160,68	160,58
Selección de los test-run promediables								
P _{Neta, Corr} = P _{Bruta, Corr} - L _{TOTALES}								
P _{MAX, Bruta}	Potencia Máxima Bruta	[MW]	161,78					
P _{MAX, Neta}	Potencia Máxima Neta	[MW]	160,77					

Tabla 6-21 – Resumen general para la central completa



6.7 Incertidumbre

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

En la Tabla 6-22 y en la Tabla 6-23 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 ($Bx \cdot \theta \cdot ts,v$)	Incertidumbre aleatoria ($Sx \cdot \theta \cdot ts,v$)
P _{BRUTA}	[kW]	84787,13	107,834	30	2,042	293,711	19,6876	1,05	632,3347	42,3858
FP	[-]	0,994	0,000	30	2,042	0,003	0,0001	-1536,99	-10,8073	-0,2620
U _R									633,85	[kW]

Tabla 6-22 – 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 ($Bx \cdot \theta \cdot ts,v$)	Incertidumbre aleatoria ($Sx \cdot \theta \cdot ts,v$)
P _{BRUTA}	[kW]	84787,13	107,834	30	2,042	293,711	19,6876	0,05	32,58	2,18
FP	[-]	0,994	0,000	30	2,042	0,003	0,0001	-1536,99	-10,8073	-0,2620
P _{Neta}	[kW]	84449,07	126,960	30	2,042	292,540	23,1797	1,00	597,3670	47,3329
U _R									600,23	[kW]

Tabla 6-23 – Cálculo de incertidumbre para la Potencia Neta corregida de la Unidad 1



En la Tabla 6-24 y en la Tabla 6-25 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 ($Bx \cdot \theta \cdot ts,v$)	Incertidumbre aleatoria ($Sx \cdot \theta \cdot ts,v$)
P _{BRUTA}	[kW]	84838,90	108,832	30	2,042	293,891	19,8699	1,06	635,2536	42,9493
FP	[-]	0,996	0,000	30	2,042	0,003	0,0001	-1540,95	-10,8620	-0,2855
U _R									636,80	[kW]

Tabla 6-24 – 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 ($Bx \cdot \theta \cdot ts,v$)	Incertidumbre aleatoria ($Sx \cdot \theta \cdot ts,v$)
P _{BRUTA}	[kW]	84838,90	108,832	30	2,042	293,891	19,8699	0,06	35,13	2,38
FP	[-]	0,996	0,000	30	2,042	0,003	0,0001	-1540,95	-10,8620	-0,2855
P _{Neta}	[kW]	84460,83	125,539	30	2,042	292,581	22,9202	1,00	597,4502	46,8031
U _R									600,41	[kW]

Tabla 6-25 – Cálculo de incertidumbre para la Potencia Neta corregida de la Unidad 2



En la Tabla 6-26 y en la Tabla 6-27 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 ($Bx \cdot \theta \cdot ts,v$)	Incertidumbre aleatoria ($Sx \cdot \theta \cdot ts,v$)
P _{BRUTA-U1}	[kW]	81254,00	73,814	30	2,042	281,472	13,4766	1,01	580,7989	27,8081
FP _{U1}	[-]	0,982	0,001	30	2,042	0,003	0,0001	-1425,17	-9,8961	-0,3725
P _{BRUTA-U2}	[kW]	80624,02	99,089	30	2,042	279,290	18,0911	1,02	580,0297	37,5716
FP _{U2}	[-]	0,977	0,001	30	2,042	0,003	0,0002	-1405,11	-9,7149	-0,4763
								U _R	822,28	[kW]

Tabla 6-26 – 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 ($Bx \cdot \theta \cdot ts,v$)	Incertidumbre aleatoria ($Sx \cdot \theta \cdot ts,v$)
P _{BRUTA-U1}	[kW]	81254,00	73,814	30	2,042	281,472	13,4766	0,01	6,03	0,29
FP _{U1}	[-]	0,982	0,001	30	2,042	0,003	0,0001	-1425,17	-9,8961	-0,3725
P _{neto-U1}	[kW]	80632,28	80,139	30	2,042	279,318	14,6313	1,00	570,3682	29,8771
P _{BRUTA-U2}	[kW]	80624,02	99,089	30	2,042	279,290	18,0911	0,02	9,72	0,63
FP _{U2}	[-]	0,977	0,001	30	2,042	0,003	0,0002	-1405,11	-9,7149	-0,4763
P _{neto-U2}	[kW]	80239,36	88,940	30	2,042	277,957	16,2382	1,00	567,5888	33,1585
								U _R	806,10	[kW]

Tabla 6-27 – Cálculo de incertidumbre para la Potencia Neta corregida de la central completa



7 CONCLUSIONES

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

Cada unidad fue capaz de sostener en forma estable la potencia en sus bornes de salida por un período de tiempo superior a las 3 horas.

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

Resumen de resultados C.H. La Higuera – Unidad 1		
Potencia Máxima	Bruta Medida [MW]	84.7871
	Bruta Corregida [MW]	84.7091
	Neta Calculada [MW]	84.4491
	Neta Corregida [MW]	84.3711
Pérdidas y consumos internos	Consumos de SSAA [kW]	18.41
	Pérdidas en los transformadores principales [kW]	267.12
	Pérdidas en el transformador de SS.AA. [kW]	2.20
	Pérdidas en la red interna [kW]	50.33
	Pérdidas totales [kW]	338.06

Tabla 7-1 – Resumen resultados – Unidad 1

Resumen de resultados C.H. La Higuera – Unidad 2		
Potencia Máxima	Bruta Medida [MW]	84.8389
	Bruta Corregida [MW]	84.7566
	Neta Calculada [MW]	84.4608
	Neta Corregida [MW]	84.3785
Pérdidas y consumos internos	Consumos de SSAA [kW]	16.64
	Pérdidas en los transformadores principales [kW]	288.42
	Pérdidas en el transformador de SS.AA. [kW]	2.20
	Pérdidas en la red interna [kW]	70.81
	Pérdidas totales [kW]	378.07

Tabla 7-2 – Resumen resultados – Unidad 2



Resumen de resultados C.H. La Higuera – Central completa		
Potencia Máxima	Bruta Medida [MW]	161.8780
	Bruta Corregida [MW]	161.7761
	Neta Calculada [MW]	160.8716
	Neta Corregida [MW]	160.7698
Pérdidas y consumos internos	Consumos de SSAA [kW]	366.31
	Pérdidas en los transformadores principales [kW]	536.30
	Pérdidas en el transformador de SS.AA. [kW]	6.00
	Pérdidas en la red interna [kW]	97.77
	Pérdidas totales [kW]	1006.38

Tabla 7-3 – Resumen resultados – Central completa



8 NORMATIVA

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



9 ANEXOS

9.1 Datos característicos del generador y turbina

No.	Item	Data	Denomination
1.	Manufacturer	PM	
2.	Type	CB 433/190-10 УХЛ4	
3.	Rated power	91/77,35	MVA / MW
4.	Maximum power	94,1/80	MVA / MW
5.	Rated power factor	0,85	
6.	Rated voltage	13,8	kV
7.	Rated stator current	3807	A
8.	Maximum stator current	3937	A
9.	Rated frequency	50	Hz
10.	Rated speed	600	r/m
11.	Run away speed	996	r/m
12.	Stator inner diameter	3300	mm
13.	Stator core length	1900	mm
14.	No of slots	180	pcs.
15.	No of stator sectors	1	pc
16.	Number of rotor poles	10	pcs
17.	No of coolers	8	pcs.
18.	Cooling air temperature max	40	°C
19.	Stator winding D.C. phase resistance at 15°C	0,0031	Ω
20.	Rotor winding D.C. resistance 15°C	0,074	Ω
21.	Field current at rated load	1290	A
22.	Rated field voltage	130	V
23.	Load losses	368	kW
24.	No load losses	1037	kW
25.	Efficiency at rated load and power factor of 0,85 (G)	98,21	%

Figura 9-1 – Datos de los generadores



Ciente	Tinguiririca energía	
Planta	La Higuera	
Número proyecto	C320.01264	
Tipo de máquina	Francis vertical	
Unidad N°.	1	2
Número de serie	2227	2228
Año de construcción	2015	2015

Potencia nominal	P	=	85,43	MW
Salto neto nominal	H_n	=	370.00	m
Caudal nominal	Q_n	=	25.0	m ³ /s
Velocidad de rotación	n	=	600	rpm
Velocidad de fuga máxima garantizada	n_{Tmax}	=	1060	rpm
Altura de instalación (línea central del distribuidor)			704.00	m.s.n.m.
Diámetro del rodete	D_2	=	1623	mm
Número de álabes del rodete	z_2	=	15	
Número de álabes del distribuidor	z_0	=	20	
Altura del distribuidor	B_0	=	220	mm
Sentido de rotación (vista desde el generador)	horario			
Gama nominal de la posición de los álabes del distribuidor	Da 0° a 30.4°			

Figura 9-2 – Datos de las turbinas

9.2 Curvas características de los generadores

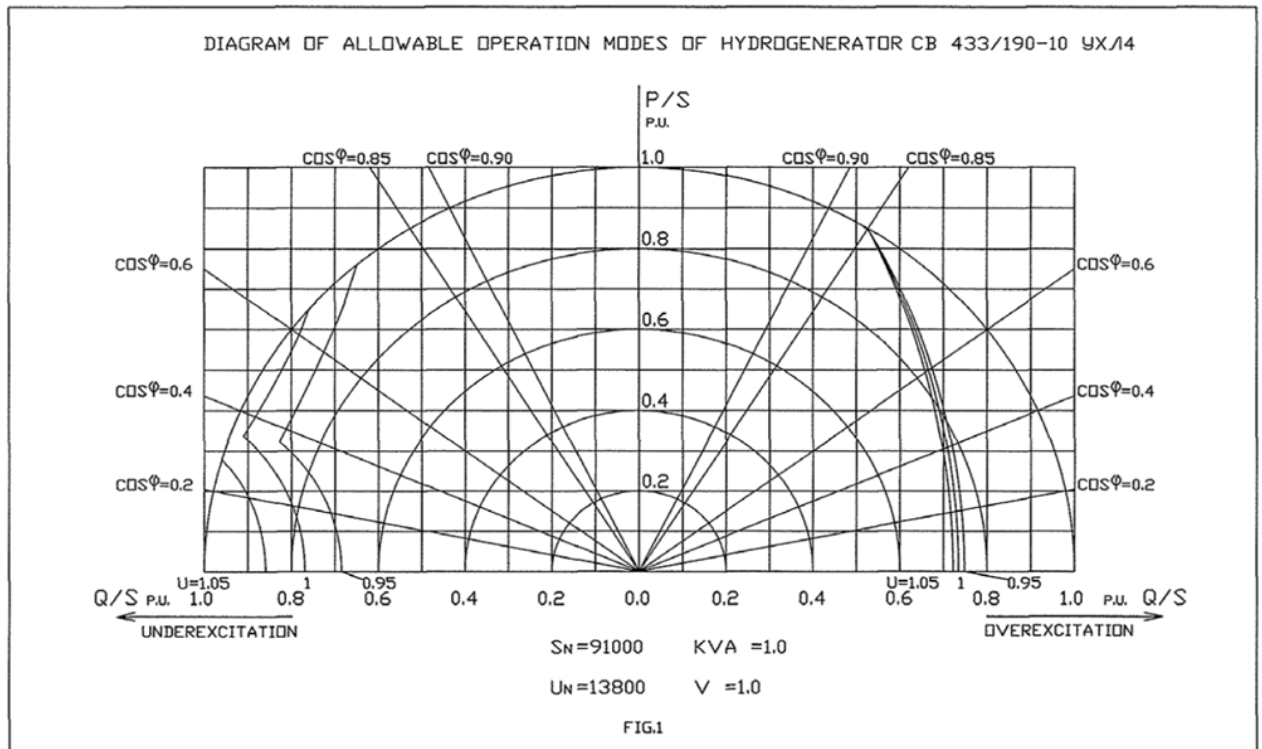


Figura 9-3 – Curva de capacidad

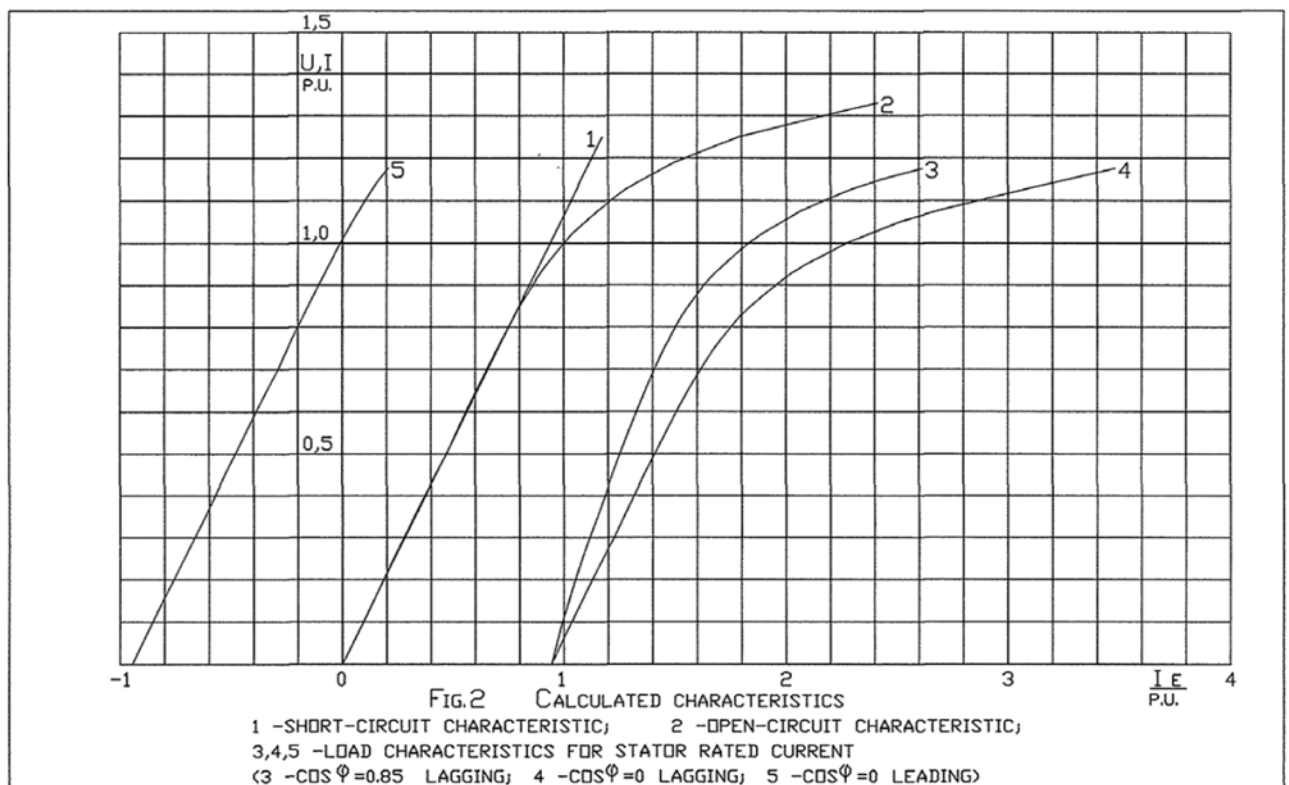


Figura 9-4 – Curva de saturación y cortocircuito

9.3 Datos característicos de los transformadores principales

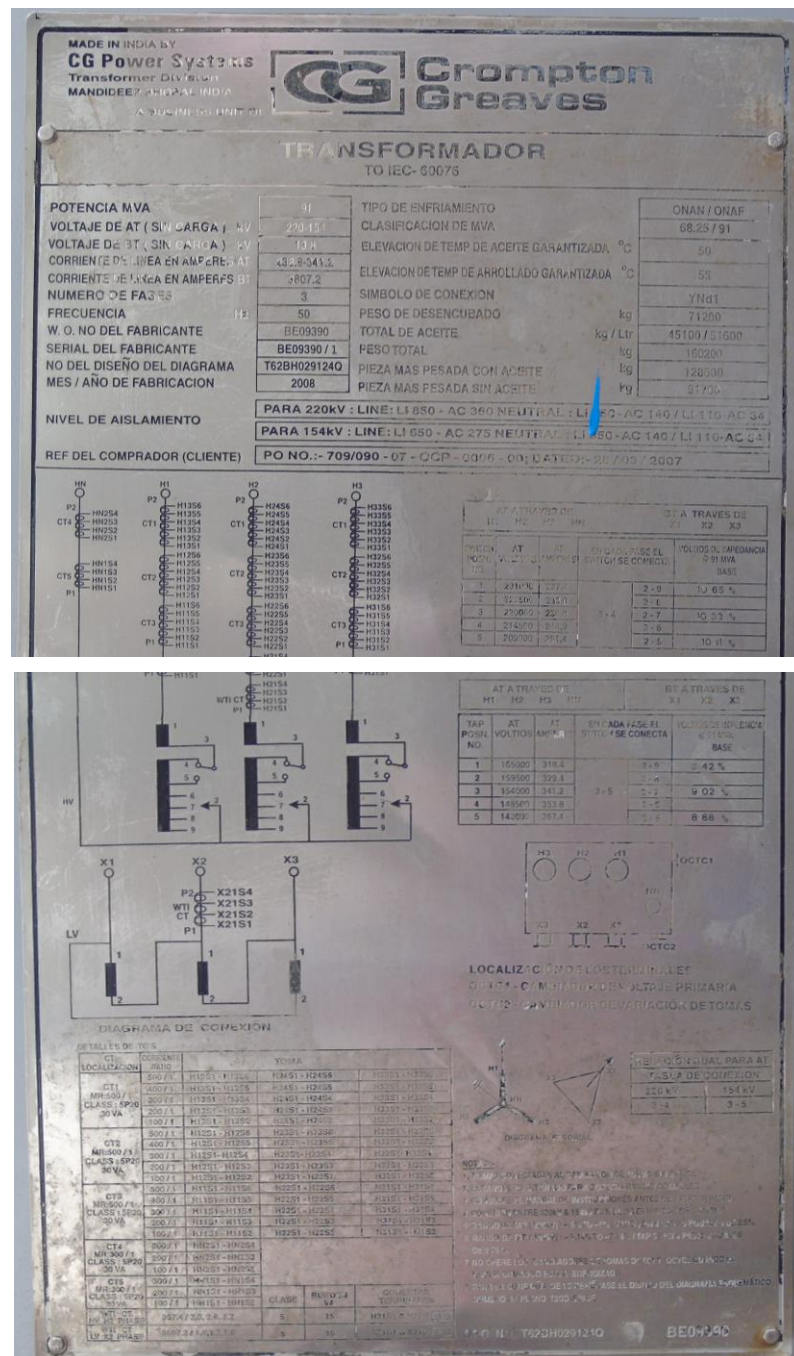


Figura 9-5 – Fotos de placa transformador principal T1

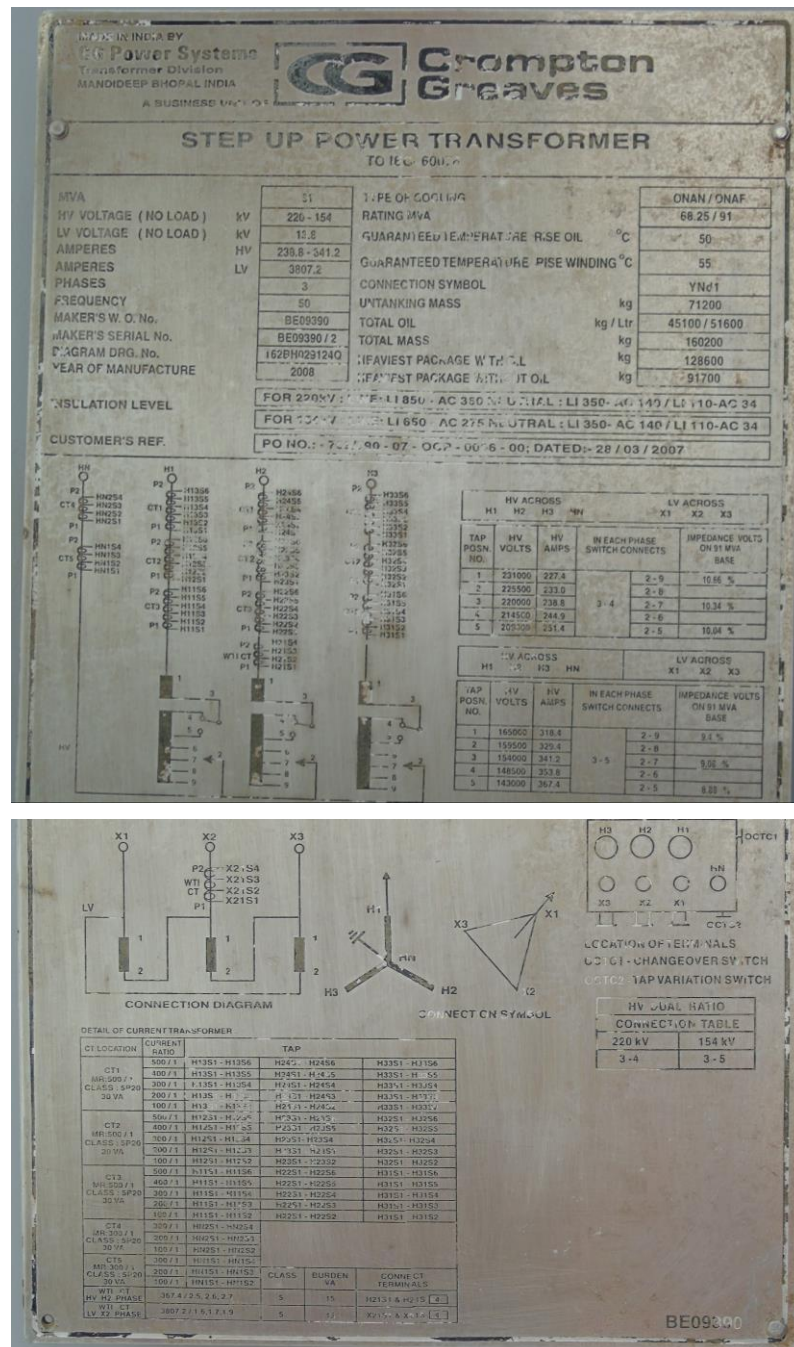


Figura 9-6 – Fotos de placa transformador principal T2



9.4 Datos transformadores de servicios auxiliares

GENERAL DATA				ELECTRIC CHARACTERISTICS			
Type	Resiglas			Frequency (Hz)	50		
Specification/Norm	IEC 60076-11			Phases Number	3		
Protection Degree	IP-21			Vector Group (Phase Angle)	Dyn1		
Installation	Indoor			Dielectric test	HV	LV	
Max Installation Height (m)	1000			Voltage Class (kV)	17.5	1.1	
Atmosphere	Not Aggressive			NBI (kV)	95	0	
Max Temperature Ambient (°C)	40			Withstand Voltage test (kV)	38	3	
Potency (kVA)	AN	AF	Windings	Tension (V)		Connection	
1000	—	—	High Voltage	14490/14145/13800/13455/13110		Delta	
			Low Voltage	380/220		Star	
					HV	LV	
Temperature rise of windings (°C)				Medium	100	100	
				Hottest Place	110	110	
Temperature class of Material Windings Isolated				F - 155°C		F - 155°C	
Load	EFFICIENCY (%)			REGULATION (%)			
Factor (%)	Cos φ = 0,8	Cos φ = 0,9	Cos φ = 1,0	Cos φ = 0,8	Cos φ = 0,9	Cos φ = 1,0	
25	98.52	98.68	98.81	1.16	0.96	0.37	
50	98.66	98.8	98.92	2.32	1.92	0.74	
75	98.44	98.61	98.75	3.47	2.88	1.1	
100	98.14	98.34	98.5	4.63	3.84	1.47	
—	—	—	—	—	—	—	
WARRANTED VALUES (13800V - 100°C)				Tests (Accordant Norm IEC 60076-11)			
No load loss (W)	2200			Routine + Partial Discharge	Yes		
Load loss (W)	13000			Type / Special (Accordant Inspection and Test Plan)	Yes		
Total loss (W)	15200			OBSERVATIONS			
No load current(Excitation) (%)	0.65			— Material Windings: Copper			
Impedance (%)	6			— Increase 40% in Potency (1400kVA) with the installation of Ventilation circuit			
Sound Pressure Level (dB)	64						
Partial Discharge (pC)	10						
Factor K	1						
Inrush Current (x In)	13						
ACCESSORIES							
Jack Support							
Skid Base Transformer Support							
Steel Cable to Transformer's Lift							
Box to Auxiliary Service							
Temperature Monitor (Type: T-154, Feeding: 24...240 Vca/Vcc)							
Ventilators (Prevision for Future Instalation)							
TC of HV (Relation: 200-1-1A, 10P20, 30VA)							
Ground Terminal (Gauge: 95mm2)							
R-04	ALTERAÇÕES CONFORME E-MAIL DO DIA 13/11/08				14/11/08	LEANDRO	
R-03	AS BUILT				10/11/08	LEANDRO	
R-02	ADDED OBSERVATIONS				05/08/08	DIOGO	
R-01	ACCORDING SOLICITATION CLIENT (E-MAIL 02/07/08)				04/07/08	DIOGO	
Number	REVISION'S DESCRIPTIONS				DATE	RESP.	
WALTEC Waltec Equipamentos Elétricos Ltda.				ENERG POWER WALTEC'S REF.: 4423.017 CLIENT'S REF.: TRA1/TRA2			
DESIGN BY: UDO	SIGN:	DATE: 04/06/08	DATA SHEET				
DRAWN BY: DIOGO	SIGN:	DATE: 04/06/08	RESIN EPOXY ENCAPSULATED DRY TYPE TRANSFORMER				
CHECKED BY: UDO	SIGN:	DATE: 04/06/08	DRAWN NUMBER: 4423017F	SHEET: 1/1			

Figura 9-7 – Datos transformadores de SSAA

9.5 Puntos de medición

9.5.1 Potencia bruta

En los siguientes unilineales se pueden identificar los puntos de medición de la potencia bruta para cada unidad. Se muestran los núcleos de los transformadores de corriente y tensión de clase 0.2. Se presentan también los datos de placa de los transformadores de corriente y potencial de las unidades.

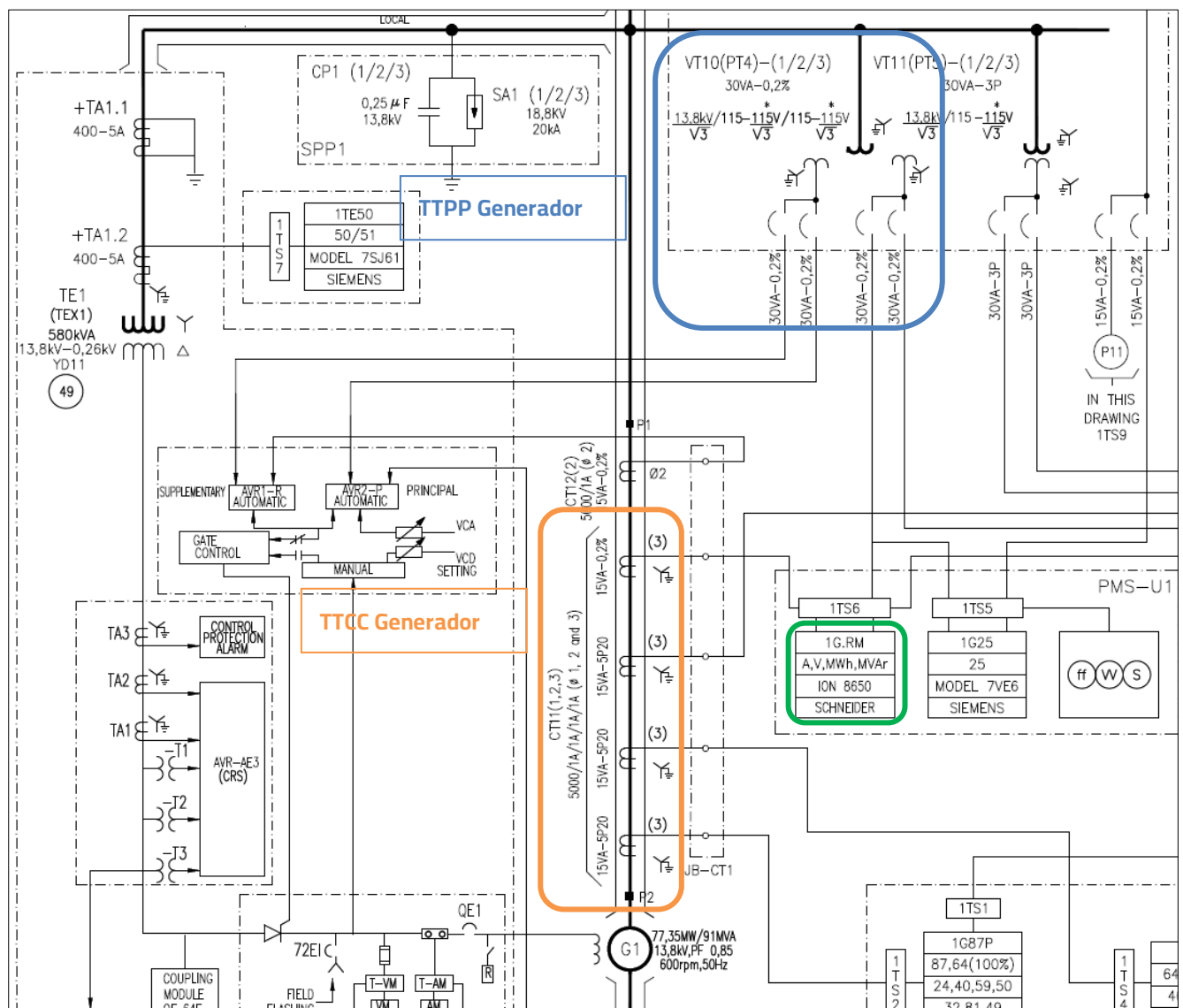


Figura 9-8 – Punto de medición – Potencia bruta – Unidad 1

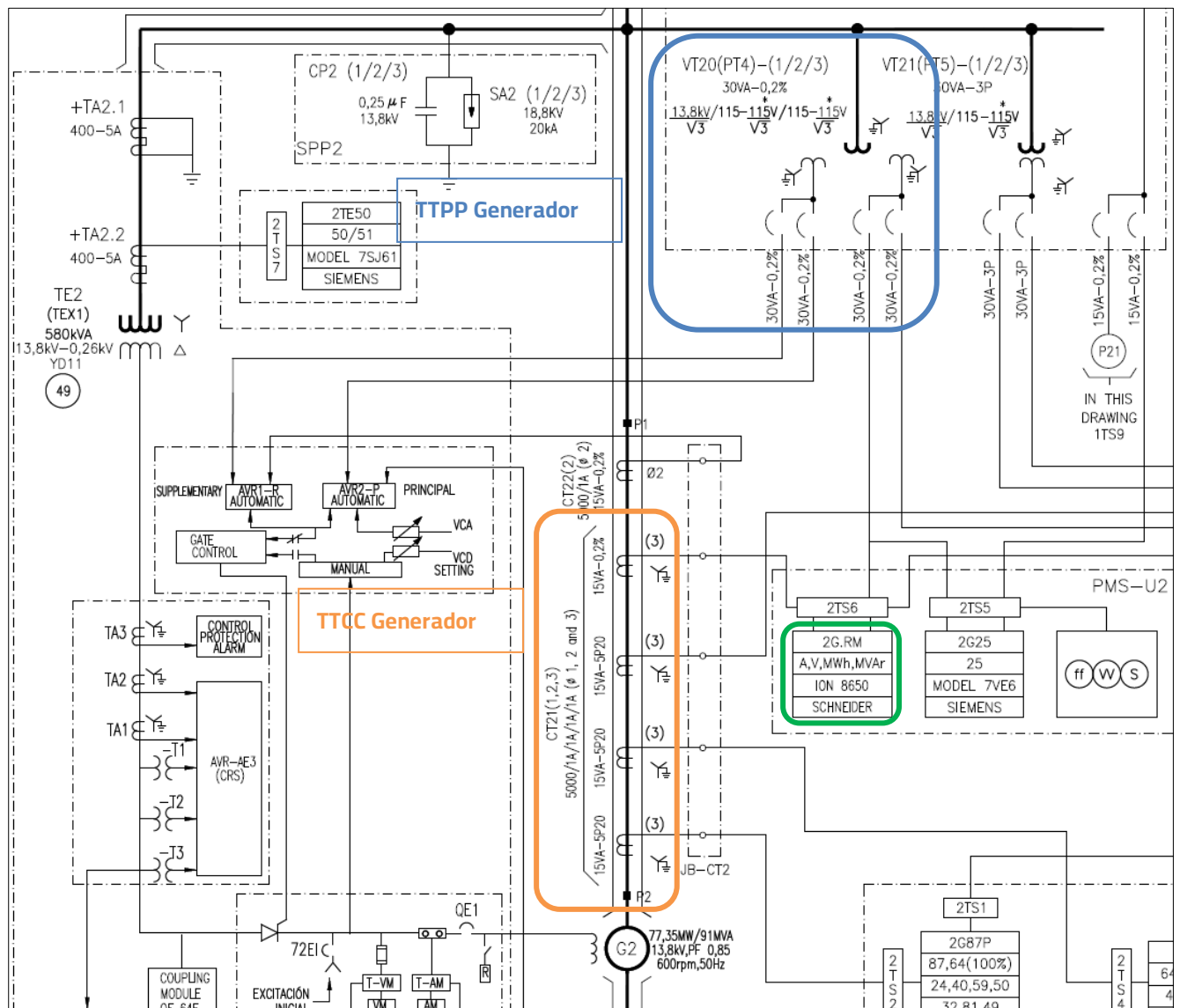


Figura 9-9 – Punto de medición – Potencia bruta – Unidad 2



En los siguientes trifilares se pueden identificar los puntos de medición de la potencia bruta:

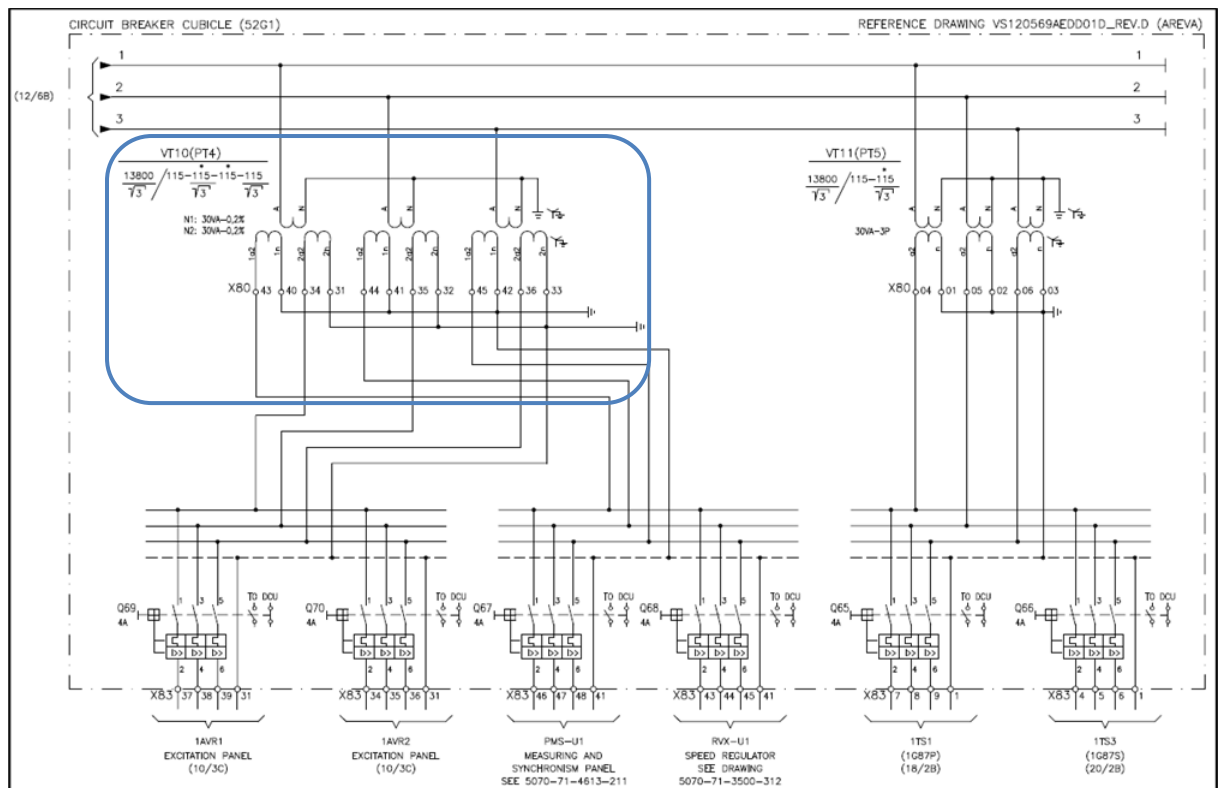


Figura 9-10 – Puntos de medición de tensión - Medidor de potencia bruta y factor de potencia

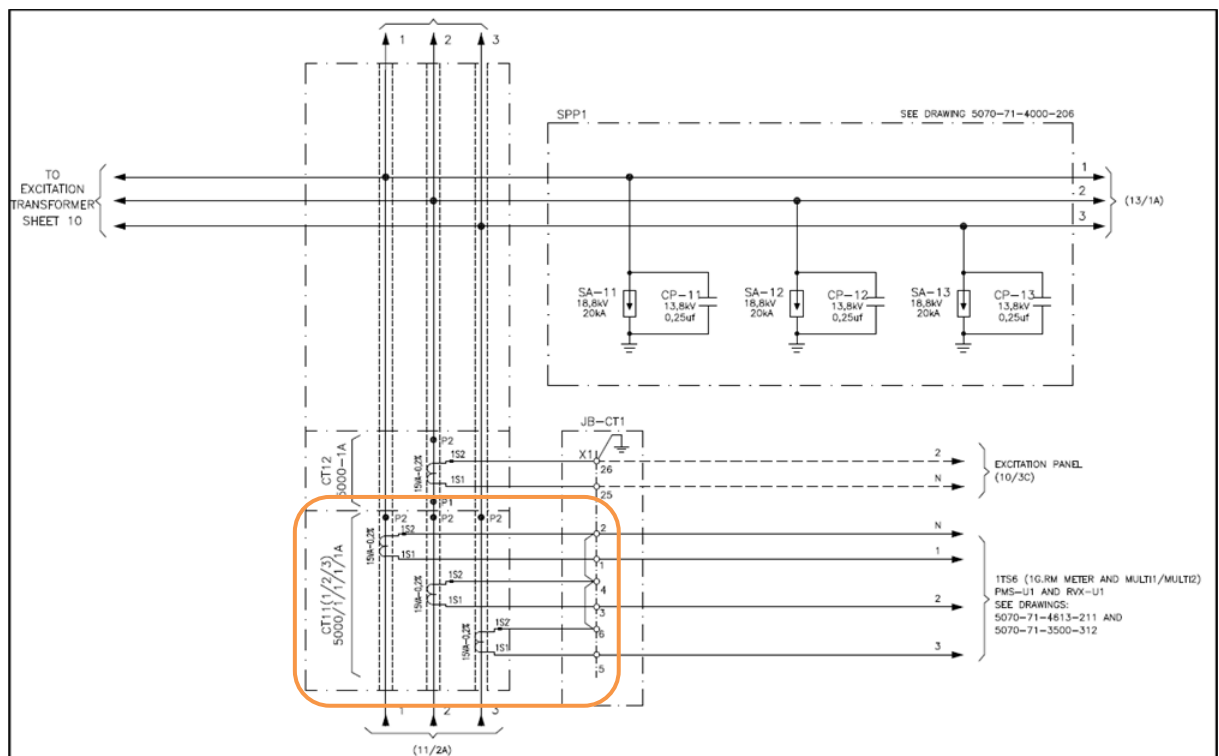


Figura 9-11 – Puntos de medición de corriente - Medidor de potencia bruta y factor de potencia

En las siguientes imágenes se presentan las fotos de placa de los transformadores:



Figura 9-12 – Datos de placa de TTCC de generadores (Fases A-B-C)

CGS		UKM 36		
Instrument Transformers Italy		IEC 60044-2		
VOLTAGE TRANSFORMER		Nr. 08/ 446320105		
kV 17,5/38/95	Volt Factor		1,9Un/30s	50 Hz
RATIO	VA	CLASS	Therm VA	TERMINALS
13800:√3/115	30/0,2			1a1-1n
13800:√3/115:√3	30/0,2			1a2-1n
13800:√/115	30/0,2			2a1-2n
13800:√3/115:√3	30/0,2			2a2-2n
Temp -25 +90				
1a1 1a2 1n 2a1 2n				

Figura 9-13 – Datos de placa de TTPP de generadores (Fase C)



En las siguientes imágenes se presentan la foto de placa de los medidores de potencia bruta:



Figura 9-14 – Equipo medidor ION 8650 – Potencia bruta U1



Figura 9-15 – Equipo medidor ION 8650 – Potencia bruta U2

9.5.2 Potencia neta

En el siguiente unilineal 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 0.2. Se presentan también los datos de placa de los transformadores de corriente y potencial de las unidades.

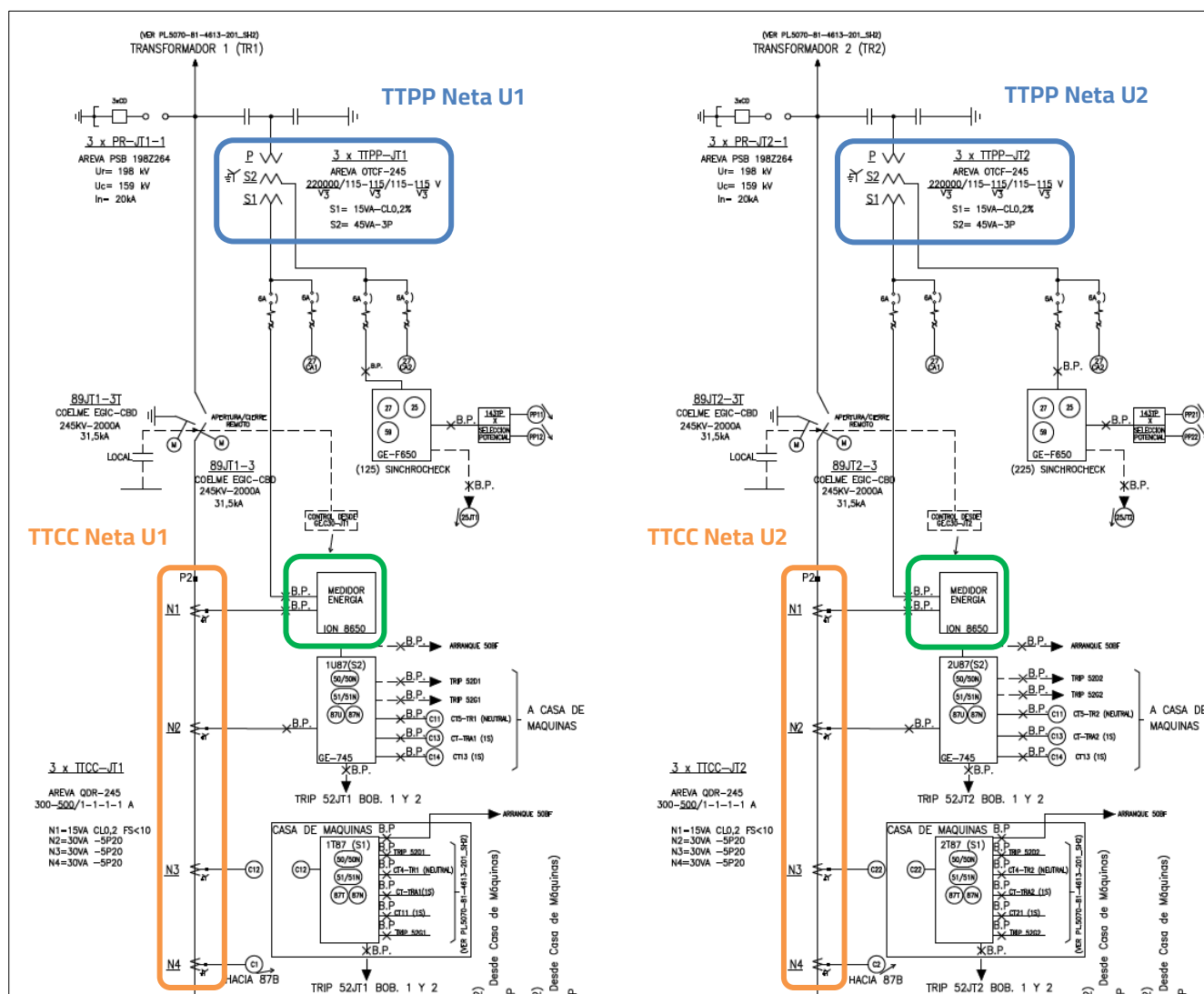


Figura 9-16 – Punto de medición – Potencia neta (Ambas unidades)



En los siguientes trifilares se pueden identificar los puntos de medición de la potencia neta:

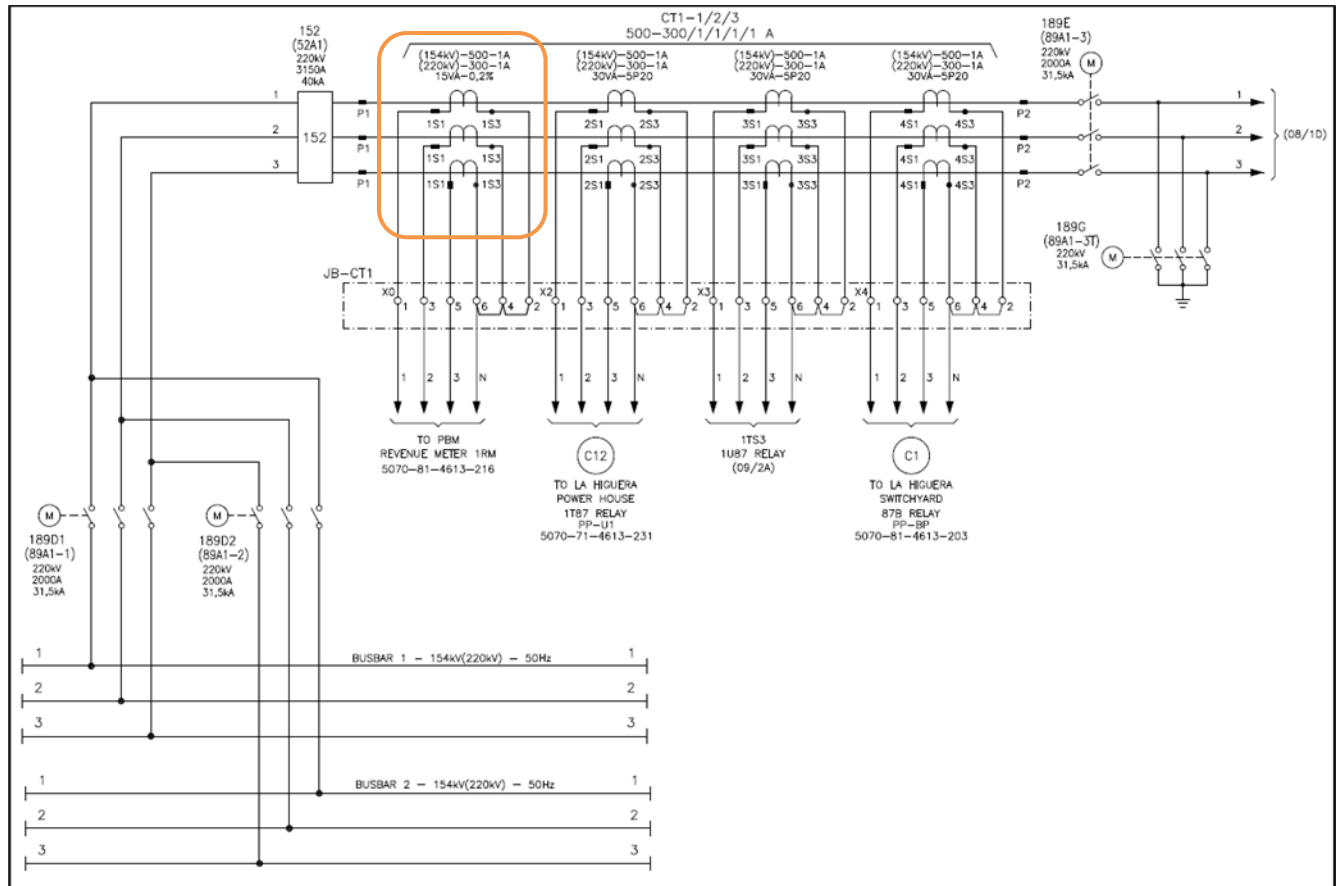


Figura 9-17 – Puntos de medición de corriente – Medidor de potencia neta

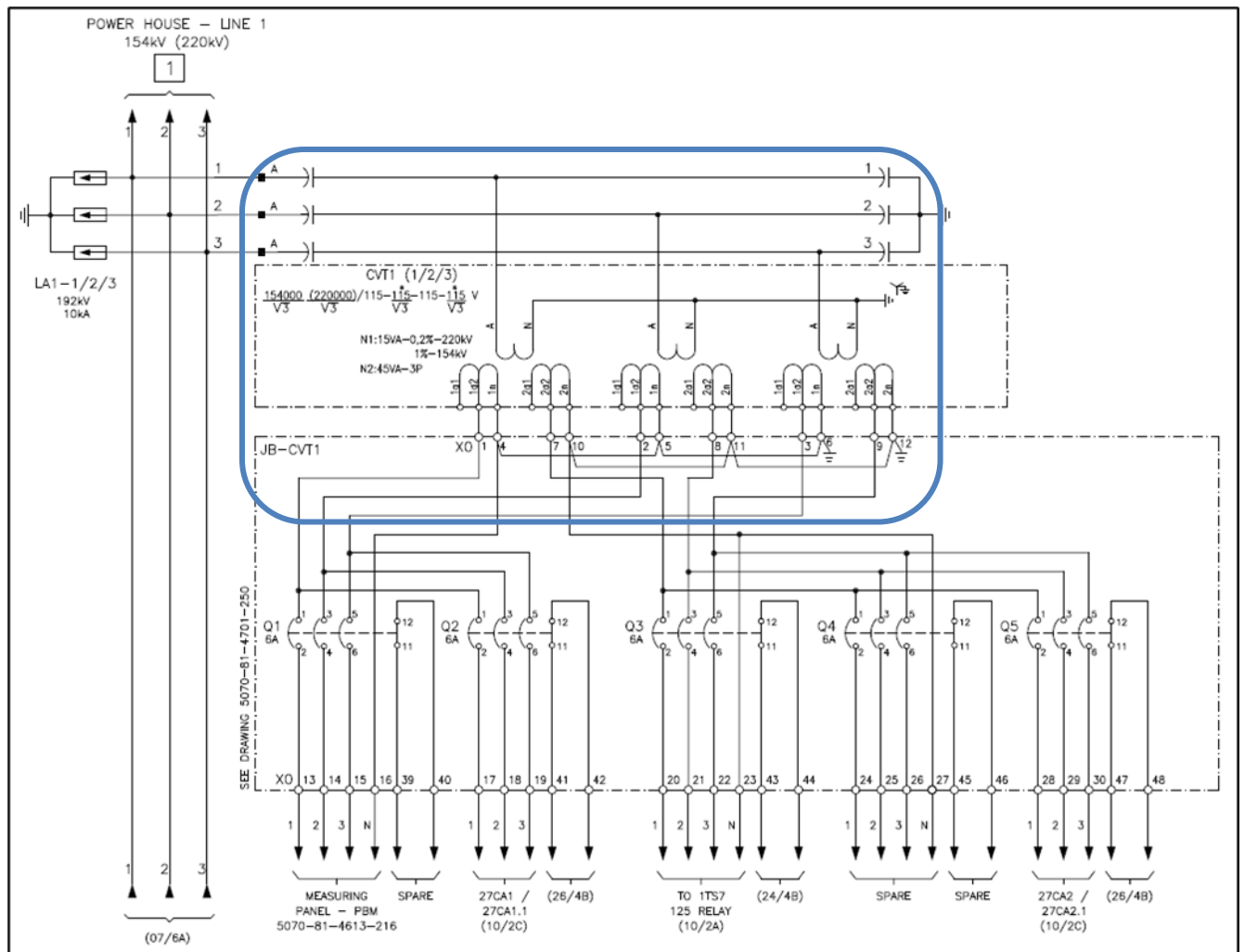


Figura 9-18 – Puntos de medición de tensión – Medidor de potencia neta

En las siguientes imágenes se presentan las fotos de placa de los transformadores:

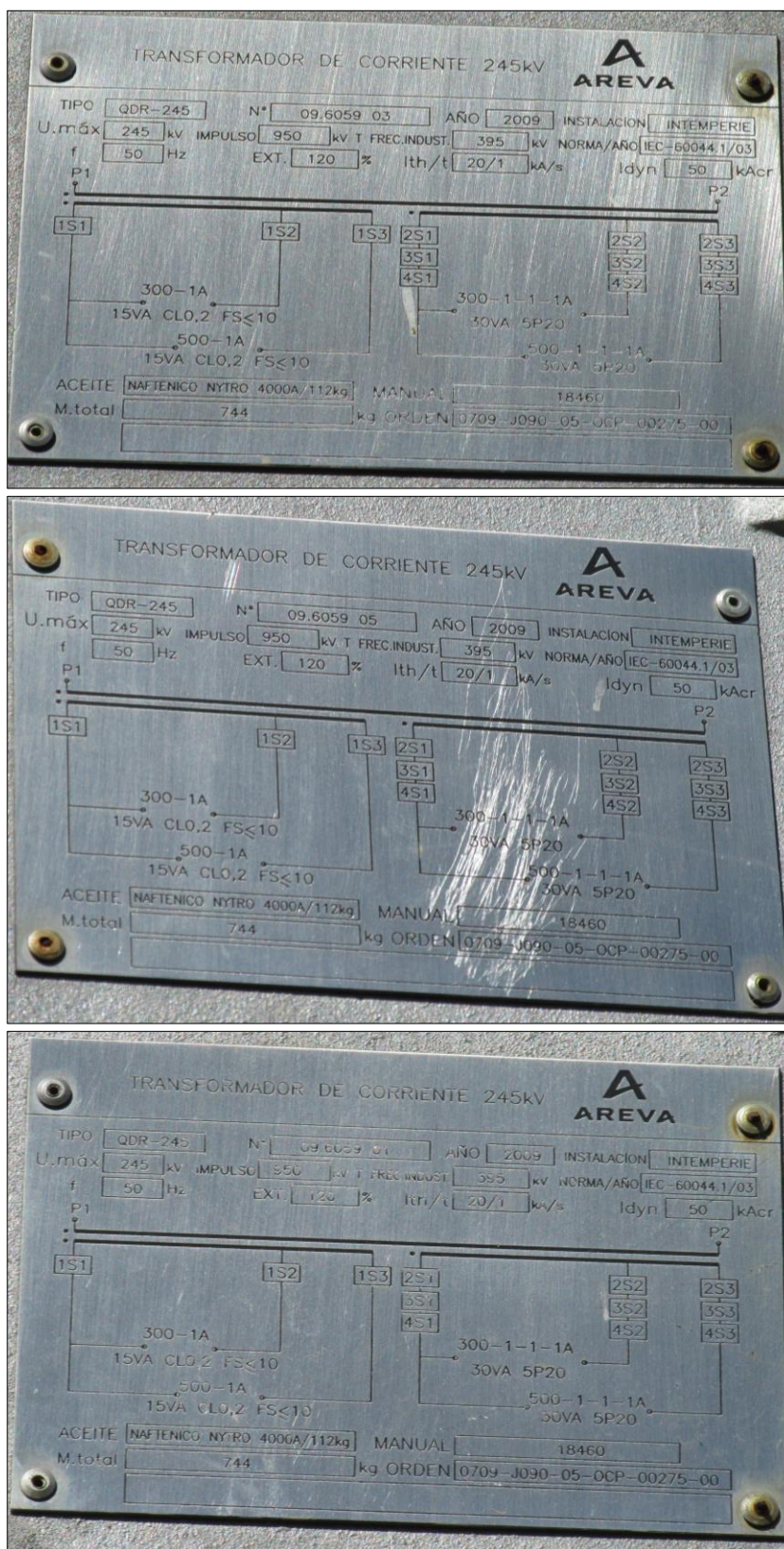


Figura 9-19 – Datos de placa de TTCC (Fases A-B-C)



TIPO	OTCF_245.IM			N/S	6940170.01			AÑO	2009		
MAZA TOTAL	402 KG			VOLUMEN ACEITE	59.0 L			LIBRO DE INSTRUCC. NO.	IS-CVT-01		
TENSION MAXIMA DEL SISTEMA		TENSION SOPORTADA FRECUENCIA INDUSTRIAL		NIVEL BASICO DE AISLAMIENTO AL IMPULSO		RAYO					
NIVEL DE AISLAMIENTO		245		395		-		1050		KV	
FACTOR DE VOLT./TIEMPO		1.5/30 SEC		INDICE FREQ.		50		Hz			
INDICE DEL VOLT. PRIM.				220000/ $\sqrt{3}$		V					
TERMINALES SEC.		1a1-1n		1a2-1n		2a1-2n		2a2-2n			
VOLTAJE SEC. (V)		115		115/ $\sqrt{3}$		115		115/ $\sqrt{3}$			
RELACION		1104		1913		1104		1913			
PRECISION-CARGA		0.2/15 VA		3P/45 VA							
INDICE TERMICO		400 VA		400 VA							
		800 VA TOTAL									
REMOVER BARRA CORTO CIRCUITO											
UNIDADES DEL CAPACITOR N/S		0917098		0917056							
C _N		5000 pF		C ₁		5750 pF		C ₂		62000 pF	
		TRANSFORMADOR DE TENSION CAPACITIVO									
⚡ ATENCION ⚡											
CIERRE LAS CUCHILLAS DE PUESTA A TIERRA DEL VOLTAJE Y DEL SISTEMA DE ONDA PORTADORA (SI APLICA) ANTES DE ABRIR LA PUERTA.											
(ESTA UNIDAD NO CONTIENE P.C.B.)											
HECHO EN USA											
301345.0001											

Figura 9-20 – Datos de placa de TTPP (Fase A)



En las siguientes imágenes se presentan la foto de placa de los medidores de potencia neta:



Figura 9-21 – Equipo medidor ION 8650 – Potencia neta U1



Figura 9-22 – Equipo medidor ION 8650 – Potencia neta U2



9.6 Instrumental de medición

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

9.6.1 Potencia bruta/FP

Se han utilizado los medidores que el Coordinado tiene dentro de sus instalaciones. Estos medidores son clase 0.2 y cumplen con los requerimientos establecidos en el Anexo Técnico.

El Coordinado ha realizado pruebas de certificación de estos equipos 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 incluyen los certificados de calibración.



FT-LAB-7.8c



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

FOLIO: 38091

ANTECEDENTES DEL CLIENTE

Nº / Fecha de Solicitud : OC 4800005354
Fecha Calibración : 06.01.2021
Medidor : IQN 8650
Cliente : Tinguiririca Energia
Instalación : HLH_G1
Subestación : Central la Higuera

ANTECEDENTES DEL MEDIDOR

Marca : Schneider Electric
Modelo : M8650A4C0H5E1B0A
Nº de Serie : MW-1606A219-02
Estado : En Servicio
Año Fabricación : 2016
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 la Higuera
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°) : 28,4
Humedad (%) : 37,9
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	0,018	± 0,2	0,017	± 0,2
2	123	100	0,5	0,048	± 0,3	0,046	± 0,3
3	123	10	1	0,011	± 0,2	0,011	± 0,2
4	123	10	0,5	0,049	± 0,3	0,046	± 0,3
5	1	100	1	0,014	± 0,3	0,012	± 0,3
6	2	100	1	0,010	± 0,3	0,002	± 0,3
7	3	100	1	0,034	± 0,3	0,027	± 0,3
8	1	100	0,5	0,055	± 0,4	0,055	± 0,4
9	2	100	0,5	0,032	± 0,4	0,044	± 0,4
10	3	100	0,5	0,047	± 0,4	0,061	± 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	0,009	± 2,0	0,011	± 2,0
2	123	100	0,5	0,040	± 2,0	0,036	± 2,0
3	123	10	1	0,004	± 2,0	0,006	± 2,0
4	123	10	0,5	0,045	± 2,0	0,040	± 2,0
5	1	100	1	0,028	± 3,0	0,023	± 3,0
6	2	100	1	-0,023	± 3,0	-0,008	± 3,0
7	3	100	1	0,018	± 3,0	0,012	± 3,0
8	1	100	0,5	0,083	± 3,0	0,080	± 3,0
9	2	100	0,5	0,055	± 3,0	0,048	± 3,0
10	3	100	0,5	0,007	± 3,0	0,009	± 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.

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


Jaime Eduardo García Collao
Jefe Área Laboratorio y Medidas

Figura 9-23 – Certificado de calibración de medidor de potencia bruta U1

P: EE-2023-096/I: EE-EN-2024-2049/R: A

82 / 100
estudios-electricos.com



FT-LAB-7.8c

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

FOLIO: 38092

ANTECEDENTES DEL CLIENTE

Nº / Fecha de Solicitud : OC 4800005354
Fecha Calibración : 06.01.2021
Medidor : ION 8650
Cliente : Tinguiririca Energia
Instalación : HLH_G2
Subestación : Central la Higuera

ANTECEDENTES DEL MEDIDOR

Marca : Schneider Electric
Modelo : M8650A4C0H5E1B0A
Nº de Serie : MW-1606A218-02
Estado : En Servicio
Año Fabricación : 2016
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 la Higuera
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°) : 27,4
Humedad (%) : 45,2
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	-0,002	± 0,2	0,007	± 0,2
2	123	100	0,5	0,041	± 0,3	0,039	± 0,3
3	123	10	1	0,008	± 0,2	0,008	± 0,2
4	123	10	0,5	0,027	± 0,3	0,029	± 0,3
5	1	100	1	-0,007	± 0,3	-0,002	± 0,3
6	2	100	1	-0,008	± 0,3	-0,001	± 0,3
7	3	100	1	0,009	± 0,3	0,021	± 0,3
8	1	100	0,5	0,030	± 0,4	0,027	± 0,4
9	2	100	0,5	0,006	± 0,4	0,006	± 0,4
10	3	100	0,5	0,074	± 0,4	0,082	± 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	-0,008	± 2,0	-0,006	± 2,0
2	123	100	0,5	0,026	± 2,0	0,032	± 2,0
3	123	10	1	-0,002	± 2,0	-0,006	± 2,0
4	123	10	0,5	0,019	± 2,0	0,016	± 2,0
5	1	100	1	0,007	± 3,0	0,006	± 3,0
6	2	100	1	-0,029	± 3,0	-0,039	± 3,0
7	3	100	1	0,010	± 3,0	0,003	± 3,0
8	1	100	0,5	0,044	± 3,0	0,067	± 3,0
9	2	100	0,5	0,012	± 3,0	0,026	± 3,0
10	3	100	0,5	0,008	± 3,0	0,012	± 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 9-24 – Certificado de calibración de medidor de potencia bruta U2



9.6.2 Potencia neta

Se han utilizado los medidores que el Coordinado tiene dentro de sus instalaciones. Estos medidores son clase 0.2 y cumplen con los requerimientos establecidos en el Anexo Técnico.

El Coordinado ha realizado pruebas de certificación de estos equipos 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 incluyen los certificados de calibración.



FT-LAB-7.8c

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

FOLIO: 38088

ANTECEDENTES DEL CLIENTE

Nº / Fecha de Solicitud : OC 4800005354
Fecha Calibración : 05.01.2021
Medidor : ION 8650
Cliente : Tinguirica Energía
Instalación : HLH_TRA1
Subestación : Central la Higuera

ANTECEDENTES DEL MEDIDOR

Marca : Schneider Electric
Modelo : MS650A4C0H5E1B0A
Nº de Serie : MW-1209A388-01
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 la Higuera
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°) : 17,5
Humedad (%) : 56,5
Calibrador : O. Vergara - I. Llano

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	0,031	± 0,2	0,033	± 0,2
2	123	100	0,5	0,035	± 0,3	0,037	± 0,3
3	123	10	1	0,033	± 0,2	0,028	± 0,2
4	123	10	0,5	0,022	± 0,3	0,026	± 0,3
5	1	100	1	0,006	± 0,3	0,005	± 0,3
6	2	100	1	0,037	± 0,3	0,037	± 0,3
7	3	100	1	0,045	± 0,3	0,057	± 0,3
8	1	100	0,5	0,004	± 0,4	-0,002	± 0,4
9	2	100	0,5	0,025	± 0,4	0,025	± 0,4
10	3	100	0,5	0,080	± 0,4	0,073	± 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	0,027	± 2,0	0,023	± 2,0
2	123	100	0,5	0,025	± 2,0	0,025	± 2,0
3	123	10	1	0,017	± 2,0	0,024	± 2,0
4	123	10	0,5	0,011	± 2,0	0,016	± 2,0
5	1	100	1	0,017	± 3,0	0,022	± 3,0
6	2	100	1	0,006	± 3,0	0,005	± 3,0
7	3	100	1	0,049	± 3,0	0,029	± 3,0
8	1	100	0,5	0,032	± 3,0	0,037	± 3,0
9	2	100	0,5	0,018	± 3,0	0,026	± 3,0
10	3	100	0,5	0,019	± 3,0	0,022	± 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 9-25 – Certificado de calibración de medidor de potencia neta U1

P: EE-2023-096/I: EE-EN-2024-2049/R: A

85 / 100
estudios-electricos.com



FT-LAB-7.8c



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

FOLIO: 38087

ANTECEDENTES DEL CLIENTE	
N° / Fecha de Solicitud	: OC 4800005354
Fecha Calibración	: 05.01.2021
Medidor	: ION 8650
Cliente	: Tinguirica Energía
Instalación	: HLH_TRA2
Subestación	: Central la Higuera

ANTECEDENTES DEL MEDIDOR	
Marca	: Schneider Electric
Modelo	: M8650A4C0H5E1B0A
N° de Serie	: MW-1209A387-01
Estado	: En Servicio
Año Fabricación	: 2012
Clase Exactitud (%)	: 0,2
Constante Med.	: 1

PATRON DE CALIBRACIÓN	
Marca	: MTE
Modelo	: PTS 3.3C
N° Serie	: 50458
Clase de Exactitud	: 0,05
Trazabilidad	: Laboratorio Tecnored

CONDICIONES DE MEDIDA	
Lugar de Calibración	: Central la Higuera
Tipo de Medida	: W, ESTRELLA/ACTIVO
Tensión Aplicada	: 63,5 (V)
Corriente Nominal	: 1 (A)
N° de Elementos	: 3
Método Calibración	: Comparación Directa
Frecuencia (Hz)	: 50 (HZ)
Temperatura (C°)	: 18,5
Humedad (%)	: 59,6
Calibrador	: O. Vergara - I.Llanos

RESULTADOS DE LA COMPONENTE ACTIVA							
				Componente Activa Directa		Componente Activa Reversa	
N	Fase	Cte.%	Factor	Error (%)	Límite Norma (%)	Error(%)	Límite Norma (%)
1	123	100	1	0,019	± 0,2	0,024	± 0,2
2	123	100	0,5	0,029	± 0,3	0,035	± 0,3
3	123	10	1	0,022	± 0,2	0,024	± 0,2
4	123	10	0,5	0,020	± 0,3	0,019	± 0,3
5	1	100	1	-0,015	± 0,3	-0,023	± 0,3
6	2	100	1	0,042	± 0,3	0,044	± 0,3
7	3	100	1	0,038	± 0,3	0,047	± 0,3
8	1	100	0,5	-0,030	± 0,4	-0,022	± 0,4
9	2	100	0,5	0,047	± 0,4	0,038	± 0,4
10	3	100	0,5	0,062	± 0,4	0,067	± 0,4

RESULTADOS DE LA COMPONENTE REACTIVA							
				Componente Reactiva Directa		Componente Reactiva Reversa	
N	Fase	Cte.%	Factor	Error (%)	Límite Norma (%)	Error(%)	Límite Norma (%)
1	123	100	1	0,016	± 2,0	0,010	± 2,0
2	123	100	0,5	0,022	± 2,0	0,020	± 2,0
3	123	10	1	0,011	± 2,0	0,010	± 2,0
4	123	10	0,5	0,006	± 2,0	0,012	± 2,0
5	1	100	1	-0,004	± 3,0	-0,006	± 3,0
6	2	100	1	0,014	± 3,0	0,010	± 3,0
7	3	100	1	0,015	± 3,0	0,027	± 3,0
8	1	100	0,5	0,010	± 3,0	0,016	± 3,0
9	2	100	0,5	0,050	± 3,0	0,047	± 3,0
10	3	100	0,5	0,006	± 3,0	0,004	± 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 9-26 – Certificado de calibración de medidor de potencia neta U2



9.6.3 Potencia de SS.AA.

Se han utilizado los medidores que el Coordinado tiene dentro de sus instalaciones. Estos medidores son clase 0.2 y cumplen con los requerimientos establecidos en el Anexo Técnico.

El Coordinado ha realizado pruebas de certificación de estos equipos 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 incluyen 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 :

06-12-2024

FOLIO: 41114

ANTECEDENTES DEL CLIENTE

Nº / Fecha de Solicitud : OC 6100001705 / 04.12.2024
Fecha Calibración : 06.12.2024
Medidor : ION 8600
Cliente : Tinguiririca Energia S.A.
Instalación : TSU1
Subestación : Central La Higuera

ANTECEDENTES DEL MEDIDOR

Marca : Schneider Electric
Modelo : P8600B4COH5E0B0B
Nº de Serie : PT-1108A918-01
Estado : En Servicio
Año Fabricación : 2011
Clase Exactitud (%) : 0.2
Constante Med. : 1

PATRON DE CALIBRACIÓN

Marca : Applied Precision
Modelo : PTE 2300
Nº Serie : 2617110222
Clase de Exactitud : 0,05
Trazabilidad : Laboratorio Tecnoled

CONDICIONES DE MEDIDA

Lugar de Calibración : Central La Higuera
Tipo de Medida : W. ESTRELLA/ACTIVO
Tensión Aplicada : 63,5 (V)
Corriente Nominal : 5 (A)
Nº de Elementos : 3
Método Calibración : Comparación Directa
Frecuencia (Hz) : 50 (HZ)
Temperatura (C°) : 21,4
Humedad (%) : 44%
Calibrador : D.Garrido - C. Colarte

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	-0,096	± 0,2	-0,112	± 0,2
2	123	100	0,5	-0,108	± 0,3	-0,113	± 0,3
3	123	10	1	-0,098	± 0,2	-0,116	± 0,2
4	123	10	0,5	-0,126	± 0,3	-0,150	± 0,3
5	1	100	1	-0,100	± 0,3	-0,114	± 0,3
6	2	100	1	-0,112	± 0,3	-0,115	± 0,3
7	3	100	1	-0,099	± 0,3	-0,115	± 0,3
8	1	100	0,5	-0,095	± 0,4	-0,098	± 0,4
9	2	100	0,5	-0,126	± 0,4	-0,136	± 0,4
10	3	100	0,5	-0,084	± 0,4	-0,135	± 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	-0,120	± 2,0	-0,121	± 2,0
2	123	100	0,5	-0,119	± 2,0	-0,132	± 2,0
3	123	10	1	-0,124	± 2,0	-0,121	± 2,0
4	123	10	0,5	-0,124	± 2,0	-0,160	± 2,0
5	1	100	1	-0,117	± 3,0	-0,123	± 3,0
6	2	100	1	-0,140	± 3,0	-0,121	± 3,0
7	3	100	1	-0,112	± 3,0	-0,119	± 3,0
8	1	100	0,5	-0,120	± 3,0	-0,111	± 3,0
9	2	100	0,5	-0,134	± 3,0	-0,115	± 3,0
10	3	100	0,5	-0,120	± 3,0	-0,125	± 3,0

OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

Los errores encontrados cumplen con la Normativa Vigente IEC 62053-22 (ITEM 8.1). Tecnoled 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 9-27 – Certificado de calibración de medidor de potencia SSAA TSU1



FT-LAB-7.8c



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

FECHA DE EMISIÓN DE INFORME :

06-12-2024

FOLIO: 41114

ANTECEDENTES DEL CLIENTE					RESULTADOS DE LA COMPONENTE							
N° / Fecha de Solicitud : OC 6100001705 / 04.12.2024					ACTIVA							
Fecha Calibración : 06.12.2024					Componente Activa Directa				Componente Activa Reversa			
Medidor : ION 8600					N	Fase	Cte. %	Factor	Error (%)	Limite Norma (%)	Error (%)	Limite Norma (%)
Cliente : Tinguiririca Energia S.A.					1	123	100	1	0,019	± 0,2	0,004	± 0,2
Instalación : TSU2					2	123	100	0,5	0,003	± 0,3	-0,008	± 0,3
Subestación : Central La Higuera					3	123	10	1	0,002	± 0,2	-0,022	± 0,2
					4	123	10	0,5	-0,032	± 0,3	-0,062	± 0,3
					5	1	100	1	0,015	± 0,3	0,002	± 0,3
					6	2	100	1	-0,007	± 0,3	-0,015	± 0,3
					7	3	100	1	0,009	± 0,3	-0,004	± 0,3
					8	1	100	0,5	0,002	± 0,4	-0,001	± 0,4
					9	2	100	0,5	-0,012	± 0,4	-0,013	± 0,4
					10	3	100	0,5	0,013	± 0,4	-0,028	± 0,4
ANTECEDENTES DEL MEDIDOR					RESULTADOS DE LA COMPONENTE							
Marca : Schneider Electric					REACTIVA							
Modelo : P8600B4C0H5E0B0B					Componente Reactiva Directa				Componente Reactiva Reversa			
N° de Serie : PT-1104A373-01					N	Fase	Cte. %	Factor	Error (%)	Limite Norma (%)	Error (%)	Limite Norma (%)
Estado : En Servicio					1	123	100	1	-0,007	± 2,0	-0,010	± 2,0
Año Fabricación : 2011					2	123	100	0,5	-0,018	± 2,0	-0,025	± 2,0
Clase Exactitud (%) : 0,2					3	123	10	1	-0,011	± 2,0	-0,013	± 2,0
Constante Med. : 1					4	123	10	0,5	-0,013	± 2,0	-0,065	± 2,0
					5	1	100	1	-0,007	± 3,0	-0,005	± 3,0
					6	2	100	1	-0,026	± 3,0	-0,024	± 3,0
					7	3	100	1	0,008	± 3,0	-0,023	± 3,0
					8	1	100	0,5	-0,025	± 3,0	-0,032	± 3,0
					9	2	100	0,5	-0,029	± 3,0	-0,016	± 3,0
					10	3	100	0,5	-0,006	± 3,0	-0,016	± 3,0
PATRON DE CALIBRACIÓN												
Marca : Applied Precision												
Modelo : PTE 2300												
N° Serie : 2617110222												
Clase de Exactitud : 0,05												
Trazabilidad : Laboratorio Tecnoled												
CONDICIONES DE MEDIDA												
Lugar de Calibración : Central La Higuera												
Tipo de Medida : W. ESTRELLA/ACTIVO												
Tensión Aplicada : 63,5 (V)												
Corriente Nominal : 5 (A)												
N° de Elementos : 3												
Método Calibración : Comparación Directa												
Frecuencia (Hz) : 50 (HZ)												
Temperatura (C°) : 24,4												
Humedad (%) : 42,4%												
Calibrador : D Garrido - C. Colarte												

OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

Los errores encontrados cumplen con la Normativa Vigente IEC 62053-22 (ITEM 8.1). Tecnoled 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 9-28 – Certificado de calibración de medidor de potencia SSAA TSU2



9.7 Actas de ensayos

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

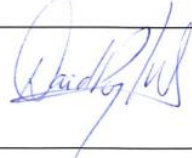


ESTUDIOS ELECTRICOS
ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

ACTA DE ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

Fecha	09/12/2024	Empresa	Tinguiririca Energía S.A.
ID Proyecto	EE-2023-096	Ubicación	Comuna San Fernando, Región de O'Higgins
Central	Central Hidroeléctrica La Higuera		
Denominación de la unidad	Unidad 1		

Responsables durante la prueba

Empresa	Nombre	Firmas
Tinguiririca Energía S.A. (Coordinado)	Jorge Farias – Operador Terreno	
	Claudio Rebolledo – Operador Sala	
	Hernán Herrera – Operador Sala	
	Christopher Lopez – Ingeniero Mantenimiento	
	Ignacio Morandé – Ingeniero senior instrumentación y control	
	David Pérez – Subgerente de Producción	
Coordinador Eléctrico Nacional	Sin participantes durante las pruebas	---

www.estudios-electricos.com

Figura 9-29 – Acta de ensayos Unidad 1 (1 de 3)



ESTUDIOS ELECTRICOS
ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

Estudios
Eléctricos

Federico Deledda – Experto Técnico

Datos de las unidades

Potencia aparente nominal [MVA]	91	Corriente de estator nominal [A]	3807
Tensión de estator nominal [kV]	13.8	Factor de potencia nominal	0.85
Potencia activa máxima [MW]	85.43 MW Declarado CEN	Corriente de excitación nominal [A]	1290
Mínimo Técnico [MW]	-	Tensión de excitación nominal [V]	130

Datos de la prueba

Estado previo de las unidades	Despachadas	Arranque de las unidades (fecha-hora)	09/12/2024 -
Inicio del período de estabilización	16:15 Hs	Fin del período de estabilización	16:45 Hs
Inicio del período de prueba Potencia Máxima	16:45 Hs	Fin del período de prueba Potencia Máxima	19:45 Hs
Protocolo aplicable	EE-EN-2024-1824 Rev C	Desvíos del protocolo	No

Instrumental

Magnitud	Descripción de equipos y punto de conexión
Potencia bruta y factor de potencia	ION 8650 – N° Serie: MW-1606A219-02
Potencia bruta	ION 8650 – N° Serie: MW-1209A388-01
Potencia SS.AA.	ION 8600 – N° Serie: PT-1108A918-01

www.estudios-electricos.com

Figura 9-30 – Acta de ensayos 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 las pruebas de potencia máxima:

Período	1	2	3
Potencia Bruta Unidad 1 [MW]	84.515	84.984	84.862

Observaciones

Desvíos del protocolo: Sin desvíos.

Modalidad de las pruebas: La prueba de potencia máxima se realiza en **modalidad presencial 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 3 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, limitada al 92% según el ajuste configurado al limitador de apertura, correspondiente a un setpoint de potencia activa de 85 MW. La regulación de frecuencia estuvo operativa con un estatismo configurado de 5%. Por otra parte, debido a las condiciones del sistema a la hora de realizar el ensayo se pudo alcanzar un factor de potencia de aproximadamente 0.99.

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 bruta, potencia neta y de SS.AA. de la unidad se encuentran sincronizados. Se verificó la tasa de muestreo de 1 minuto en todos los medidores.

Tinguirica Energía entregó la totalidad de los registros digitales para esta prueba. La entrega se compone de un solo archivo que integra distintas fuentes: registros de variables eléctricas (desde los medidores de potencia bruta, potencia neta y potencia de SS.AA.) y de variables provenientes del sistema SCADA de planta.

Los servicios auxiliares quedan alimentados únicamente desde la Unidad 1 a través del transformador de SS.AA. N°1 (interruptor de alimentación 52-E1 cerrado e interruptor de acople de barras de SSAS 52-T1 abierto).

Conclusiones: Se verificó con éxito que la Unidad 1 puede operar a máxima potencia por un período superior a las 3 horas requeridas en el Anexo Técnico dada la particularidad de ser una central sin capacidad de regulación. Se obtuvieron los datos necesarios para realizar el cálculo formal del valor de Potencia Máxima.

www.estudios-electricos.com

Figura 9-31 – Acta de ensayos Unidad 1 (3 de 3)

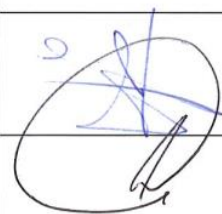
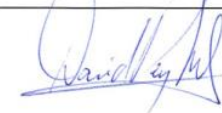


ESTUDIOS ELECTRICOS
ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

ACTA DE ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

Fecha	09/12/2024	Empresa	Tinguiririca Energía S.A.
ID Proyecto	EE-2023-096	Ubicación	Comuna San Fernando, Región de O'Higgins
Central	Central Hidroeléctrica La Higuera		
Denominación de la unidad	Unidad 2		

Responsables durante la prueba

Empresa	Nombre	Firmas
Tinguiririca Energía S.A. (Coordinado)	Jorge Farias – Operador Terreno	
	Claudio Rebolledo – Operador Sala	
	Hernán Herrera – Operador Sala	
	Christopher Lopez – Ingeniero Mantenimiento	
	Ignacio Morandé – Ingeniero senior instrumentación y control	
	David Pérez – Subgerente de Producción	
Coordinador Eléctrico Nacional	Sin participantes durante las pruebas	---

www.estudios-electricos.com

Figura 9-32 – Acta de ensayos Unidad 2 (1 de 3)



ESTUDIOS ELECTRICOS
ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

Estudios
Eléctricos

Federico Deledda – Experto Técnico

Datos de las unidades

Potencia aparente nominal [MVA]	91	Corriente de estator nominal [A]	3807
Tensión de estator nominal [kV]	13.8	Factor de potencia nominal	0.85
Potencia activa máxima [MW]	85.43 MW Declarado CEN	Corriente de excitación nominal [A]	1290
Mínimo Técnico [MW]	-	Tensión de excitación nominal [V]	130

Datos de la prueba

Estado previo de las unidades	Despachadas	Arranque de las unidades (fecha-hora)	09/12/2024 -
Inicio del período de estabilización	12:15 Hs	Fin del período de estabilización	12:45 Hs
Inicio del período de prueba Potencia Máxima	12:45 Hs	Fin del período de prueba Potencia Máxima	15:45 Hs
Protocolo aplicable	EE-EN-2024-1824 Rev C	Desvíos del protocolo	No

Instrumental

Magnitud	Descripción de equipos y punto de conexión
Potencia bruta y factor de potencia	ION 8650 – N° Serie: MW-1606A218-02
Potencia bruta	ION 8650 – N° Serie: MW-1209A387-01
Potencia SS.AA.	ION 8600 – N° Serie: PT-1104A373-01

www.estudios-electricos.com

Figura 9-33 – Acta de ensayos Unidad 2 (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 las pruebas de potencia máxima:

Período	1	2	3
Potencia Bruta Unidad 2 [MW]	84.916	84.825	84.775

Observaciones

Desvíos del protocolo: Sin desvíos.

Modalidad de las pruebas: La prueba de potencia máxima se realiza en **modalidad presencial 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 3 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, limitada al 92% según el ajuste configurado al limitador de apertura, correspondiente a un setpoint de potencia activa de 85 MW. La regulación de frecuencia estuvo operativa con un estatismo configurado de 5%. Por otra parte, debido a las condiciones del sistema a la hora de realizar el ensayo se pudo alcanzar un factor de potencia de aproximadamente 0.98.

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 bruta, potencia neta y de SS.AA. de la unidad se encuentran sincronizados. Se verificó la tasa de muestreo de 1 minuto en todos los medidores.

Tinguirica Energía entregó la totalidad de los registros digitales para esta prueba. La entrega se compone de un solo archivo que integra distintas fuentes: registros de variables eléctricas (desde los medidores de potencia bruta, potencia neta y potencia de SS.AA.) y de variables provenientes del sistema SCADA de planta.

Los servicios auxiliares quedan alimentados únicamente desde la Unidad 2 a través del transformador de SS.AA. N°2 (interruptor de alimentación 52-E2 cerrado e interruptor de acople de barras de SSAS 52-T2 abierto).

Conclusiones: Se verificó con éxito que la Unidad 2 puede operar a máxima potencia por un período superior a las 3 horas requeridas en el Anexo Técnico dada la particularidad de ser una central sin capacidad de regulación. Se obtuvieron los datos necesarios para realizar el cálculo formal del valor de Potencia Máxima.

www.estudios-electricos.com

Figura 9-34 – Acta de ensayos Unidad 2 (3 de 3)

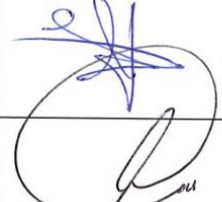


ESTUDIOS ELECTRICOS
ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

ACTA DE ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

Fecha	10/12/2024	Empresa	Tinguiririca Energía S.A.
ID Proyecto	EE-2023-096	Ubicación	Comuna San Fernando, Región de O'Higgins
Central	Central Hidroeléctrica La Higuera		
Denominación de la unidad	Unidad 1 y Unidad 2 - Central completa		

Responsables durante la prueba

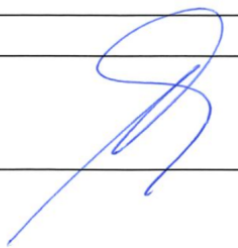
Empresa	Nombre	Firmas
Tinguiririca Energía S.A. (Coordinado)	Eduardo Aguilera - Operador	
	Claudio Rebolledo - Operador Sala	
	Hernán Herrera - Operador Sala	
	Christopher Lopez - Ingeniero Mantenimiento	
	Ignacio Morandé - Ingeniero senior instrumentación y control	
	David Pérez - Subgerente de Producción	
Coordinador Eléctrico Nacional	Sin participantes durante las pruebas	---

www.estudios-electricos.com

Figura 9-35 – Acta de ensayos central completa (1 de 3)



ESTUDIOS ELECTRICOS
ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

Estudios Eléctricos	Federico Deledda – Experto Técnico	
------------------------	------------------------------------	---

Datos de las unidades

Potencia aparente nominal [MVA]	91	Corriente de estator nominal [A]	3807
Tensión de estator nominal [kV]	13.8	Factor de potencia nominal	0.85
Potencia activa máxima [MW]	85.43 MW Declarado CEN	Corriente de excitación nominal [A]	1290
Mínimo Técnico [MW]	-	Tensión de excitación nominal [V]	130

Datos de la prueba

Estado previo de las unidades	Despachadas	Arranque de las unidades (fecha-hora)	10/12/2024
Inicio del período de estabilización	12:00 Hs	Fin del período de estabilización	12:30 Hs
Inicio del período de prueba Potencia Máxima	12:30 Hs	Fin del período de prueba Potencia Máxima	15:30 Hs
Protocolo aplicable	EE-EN-2024-1824 Rev C	Desvíos del protocolo	No

Instrumental

Magnitud	Descripción de equipos y punto de conexión
Potencia bruta y factor de potencia	Unidad N°1 – ION 8650 – N° Serie: MW-1606A219-02 Unidad N°2 – ION 8650 – N° Serie: MW-1606A218-02
Potencia bruta	Unidad N°1 – ION 8650 – N° Serie: MW-1209A388-01 Unidad N°2 – ION 8650 – N° Serie: MW-1209A387-01
Potencia SSAA	Unidad N°1 – ION 8600 – N° Serie: PT-1108A918-01 Unidad N°2 – ION 8600 – N° Serie: PT-1104A373-01

www.estudios-electricos.com

Figura 9-36 – Acta de ensayos central completa (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 las unidades bajo prueba, que corresponde también a la de la central completa, obtenidos durante el desarrollo de las pruebas de potencia máxima:

Período	1	2	3
Potencia Bruta Unidad 1 [MW]	81.261	81.300	81.202
Potencia Bruta Unidad 2 [MW]	80.638	80.674	80.561
Potencia Bruta Central Completa [MW]	161.899	161.974	161.763

Observaciones

Desvíos del protocolo: Sin desvíos.

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

Desarrollo de la prueba: La central completa logra controlar de manera estable su potencia en bornes desde la sincronización hasta el fin de la prueba. En total se registraron 3 horas en condiciones de potencia máxima luego de finalizado el periodo de estabilización.

Durante el desarrollo de las pruebas, la central completa operó cada una de sus unidades a máxima potencia, limitada al 92% para la Unidad 1 y 88% para la Unidad 2 según el ajuste configurado en los limitadores de apertura, correspondiente a un setpoint de potencia activa de 85 MW. La regulación de frecuencia estuvo operativa con un estatismo configurado de 5%. Por otra parte, debido a las condiciones del sistema a la hora de realizar el ensayo se pudo alcanzar un factor de potencia de aproximadamente 0.97.

Estabilidad durante las pruebas: Se observó operación estable de cada una de las unidades de la central completa. 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 bruta, potencia neta y de SS.AA. de cada unidad se encuentran sincronizados. Se verificó la tasa de muestreo de 1 minuto en todos los medidores.

Tinguiririca Energía entregó la totalidad de los registros digitales para esta prueba. La entrega se compone de dos archivos (uno por cada unidad) que integra distintas fuentes: registros de variables eléctricas (desde los medidores de potencia bruta, potencia neta y potencia de SS.AA.) y de variables provenientes del sistema SCADA de planta.

Los servicios auxiliares quedan alimentados desde la Unidad 1 a través del transformador de SS.AA. N°1 (interruptor de alimentación 52-E1 cerrado e interruptor de acople de barras de SS.AA. 52-T1 cerrado) y desde la Unidad 2 a través del transformador de SS.AA. N°2 (interruptor de alimentación 52-E2 cerrado e interruptor de acople de barras de SS.AA. 52-T2 abierto).

Conclusiones: Se verificó con éxito que la Unidad 1 y la Unidad 2, es decir la central completa, pueden operar a máxima potencia por un periodo superior a las 3 horas requeridas en el Anexo Técnico dada la particularidad de ser una central sin capacidad de regulación. Se obtuvieron los datos necesarios para realizar el cálculo formal del valor de Potencia Máxima.

www.estudios-electricos.com

Figura 9-37 – Acta de ensayos central completa (3 de 3)



Esta página ha sido dejada en blanco intencionalmente.