ESTUDIOS ELECTRICOS

Empresa: Coordinador Eléctrico Nacional

País: Chile

Proyecto: Central Térmica Horcones

Descripción: Informe de Pruebas de Consumo Específico (CEN)

Código de Proyecto: EE-2022-204

Código de Informe: EE-EN-2023-0108

Revisión: A

Development and Simulation of Mathematical Models of Control System of Electricity Generation Plants
ISO9001:2015 Certified

COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL

01 de febrero de 2023

www.estudios-electricos.com

Este documento EE-EN-2023-0108-RA fue preparado para Coordinador Eléctrico Nacional por Estudios Eléctricos. Para consultas técnicas respecto del contenido del presente comunicarse con:

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

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

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

www.estudios-electricos.com

Este documento contiene 65 páginas y ha sido guardado por última vez el 01/02/2023 por Nicolás Silva, sus versiones y firmantes digitales se indican a continuación:

Rev.	Fecha	Comentarios	Realizó	Revisó	Aprobó
A	01/feb/2023	Para presentar.	NS/FG	AC	PR

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

No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

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 9

4.3 Condiciones de referencia y curvas de corrección 13

4.3.1 Curvas de corrección 15

4.3.2 Metodología de corrección 17

4.4 Instrumentación y mediciones 17

4.4.1 Metodología 19

4.4.2 Instrumentación principal 20

4.4.3 Mediciones complementarias 21

4.5 Toma de muestras del combustible 21

5 REALIZACIÓN DE LA PRUEBA 22

5.1 Chequeos preliminares 22

5.2 Desarrollo de las pruebas 22

5.2.1 Verificaciones previas 22

5.3 Incremento de potencia, estabilización e inicio de la prueba 22

5.4 Período de prueba 24

6 CALCULOS REALIZADOS Y RESULTADOS 25

6.1 Reducción de datos y estabilidad 25

6.2 Determinación de la potencia de pérdidas totales (SSAA) 25

6.3 Determinación de datos de combustible 26

6.4 Determinación del Consumo Específico Neto Medido 27

No se autorizan copias del presente documento sin
autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

6.5 Correcciones aplicables al Consumo Específico Neto 28
6.5.1 Corrección a la Potencia Bruta 28
6.5.2 Cálculo de la Potencia Neta Corregida 29
6.5.3 Determinación del Consumo Específico Neto Corregido 30
6.6 Tabla Resumen general 31
6.7 Incertidumbre 34
7 CONCLUSIONES 36
8 NORMATIVA 37
9 ANEXOS 38
9.1 Hoja de datos del generador 38
9.2 Puntos de medición 40
9.2.1 Potencia bruta 40
9.2.2 Potencia neta 44
9.2.3 Humedad relativa y Temperatura ambiente 45
9.2.4 Consumo de combustible 46
9.3 Certificados de calibración de instrumentos de medición 47
9.3.1 Potencia bruta/FP 47
9.3.2 Potencia neta 51
9.3.3 Humedad relativa y Temperatura ambiente 55
9.3.4 Consumo de combustible 58
9.4 Acta de ensayos 60
9.5 Análisis de combustibles 64

No se autorizan copias del presente documento sin
autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

1 INTRODUCCIÓN

El presente documento describe las tareas, ensayos y cálculos realizados para obtener el valor de **Consumo Específico Neto de la unidad 1 de la Central Térmica Horcones operando en combustible diésel** en los términos establecidos en el "*ANEXO TÉCNICO: Determinación de Consumos Específicos de unidades generadoras*".

Para la ejecución de las pruebas se siguió el protocolo:

EE-EN-2022-2046-RB_Procedimiento_Consumo_Especifico_CT_Horcones_U1

La Central Térmica Horcones pertenece a Arauco Bioenergía S.A., está ubicada en la comuna de Arauco, Región del Biobío y consta de un turbogenerador Alsthom de 24.3 MW de capacidad, dispuesto para la generación de energía eléctrica, la cual es inyectada en la barra de 66 kV de la Subestación Horcones al Sistema Eléctrico Nacional (SEN).

No se autorizan copias del presente documento sin
autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

2 RESUMEN EJECUTIVO

En la etapa de diseño del procedimiento de pruebas se exploraron distintas alternativas tendientes a efectuar las mediciones necesarias para determinar el Consumo Específico Neto de la Central de acuerdo con las especificaciones establecidas por el Anexo Técnico "*Determinación de Consumos Específicos de unidades generadoras*" y la norma aplicable ASME PTC 22.

Las pruebas se realizaron el 17 de enero de 2023 en presencia de Héctor Vilche, Claudio Torres, Daniel Piña y Mauricio Sandoval por parte del Coordinado (Arauco Bioenergía S.A.) y Federico García como Experto Técnico (Estudios Eléctricos). No hubo asistentes a la prueba por parte del Coordinador.

La unidad bajo prueba logra controlar su potencia de manera estable desde la sincronización hasta el fin de las pruebas. En total se registraron 7 test-run duración mínima de 30 minutos en las siguientes condiciones de despacho de potencia activa: 4 MW (mínimo técnico), 6.8 MW, 9.5 MW, 12.3 MW, 15.1 MW, 17.9 MW y 21.8 MW (potencia máxima lograda). Durante el desarrollo de las pruebas la regulación primaria de frecuencia está operativa y se mantuvo el FP entre 0.98 y 0.99 utilizando el modo de control de factor de potencia del AVR.

Para la determinación del valor de Consumo Específico Neto se procesaron los datos registrados en terreno, se realizó la verificación de estabilidad y se aplicaron las correcciones tal como indica el Anexo Técnico.

No se autorizan copias del presente documento sin
autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

Finalmente, se determinaron los valores de **Consumo Específico Neto Medido** y de **Consumo Específico Neto Corregido** para la unidad 1 de la **Central Térmica Horcones** operando en combustible diésel:

Resumen de resultados Central Térmica Horcones			
Consumo Específico Neto (CEN)	**4 MW (mínimo técnico)**	CEN Medido [kcal/kWh]	8382.96
		CEN Corregido [kcal/kWh]	**8382.51**
	6.8 MW	CEN Medido [kcal/kWh]	6082.10
		CEN Corregido [kcal/kWh]	**6117.07**
	9.5 MW	CEN Medido [kcal/kWh]	5007.44
		CEN Corregido [kcal/kWh]	**5005.96**
	12.3 MW	CEN Medido [kcal/kWh]	4436.15
		CEN Corregido [kcal/kWh]	**4415.88**
	15.1 MW	CEN Medido [kcal/kWh]	4054.49
		CEN Corregido [kcal/kWh]	**4011.22**
	17.9 MW	CEN Medido [kcal/kWh]	3829.07
		CEN Corregido [kcal/kWh]	3773.53
	21.8 MW (plena carga)	CEN Medido [kcal/kWh]	3629.48
		CEN Corregido [kcal/kWh]	**3573.72**

Tabla 2.1 - Resumen de resultados CEN TER Horcones U1

No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

3 OBJETIVO GENERAL Y RESPONSABLES DE LA PRUEBA

3.1 Objetivo

El Anexo Técnico indica que se debe determinar por ensayo el valor de Consumo Específico Neto (CEN) que será aquel valor que se obtenga en función de mediciones que se realicen dentro del período de medición de la prueba y en conformidad con el procedimiento respectivo.

Las mediciones han sido realizadas por el período de tiempo suficiente para garantizar que la medida, en cada carga considerada en el procedimiento de pruebas, sea representativa de una condición de operación estable, continua y sin interrupción del valor de potencia activa bruta, asegurando la validez de los datos conforme a las normas aplicables para cada tecnología.

3.2 Experto Técnico

La empresa Estudios Eléctricos fue seleccionada para llevar adelante los ensayos y tareas relacionadas con la determinación del Consumo Específico Neto de la Central Térmica Horcones. El Experto Técnico designado fue el Ing. Federico García y fue el responsable 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 Arauco Bioenergía S.A., el Coordinado, estuvo presente durante las pruebas el Sr. Héctor Vilche como Jefe del Centro de Operaciones. Él fue el responsable de coordinar al personal bajo su mando en la operación de la central generadora, y de corroborar que exista personal calificado en la central de forma de poder efectuar íntegramente la prueba tal lo establecido en el protocolo.

3.4 Representante del Coordinador Eléctrico Nacional

Sin participantes 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.

No se autorizan copias del presente documento sin
autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

4 DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD Y CONDICIONES DE PRUEBA

4.1 Descripción general de la planta

La Central Térmica Horcones pertenece a Arauco Bioenergía S.A., está ubicada en la comuna de Arauco, Región del Biobío y consta de un turbogenerador Alsthom de 24.3 MW de capacidad, dispuesto para la generación de energía eléctrica, la cual es inyectada en la barra de 66 kV de la Subestación Horcones al Sistema Eléctrico Nacional (SEN).

4.2 Descripción de la unidad de generación

La unidad U1 está compuesta por una turbina Alsthom, modelo PG5341P, vinculada a un generador Alsthom, modelo T190-200, que juntos entregan una potencia bruta aproximada de 24.3MW[1]. Se presenta a continuación el diagrama unilineal de la unidad.

[1] Fuente: https://infotecnica.coordinador.cl/

No se autorizan copias del presente documento sin
autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

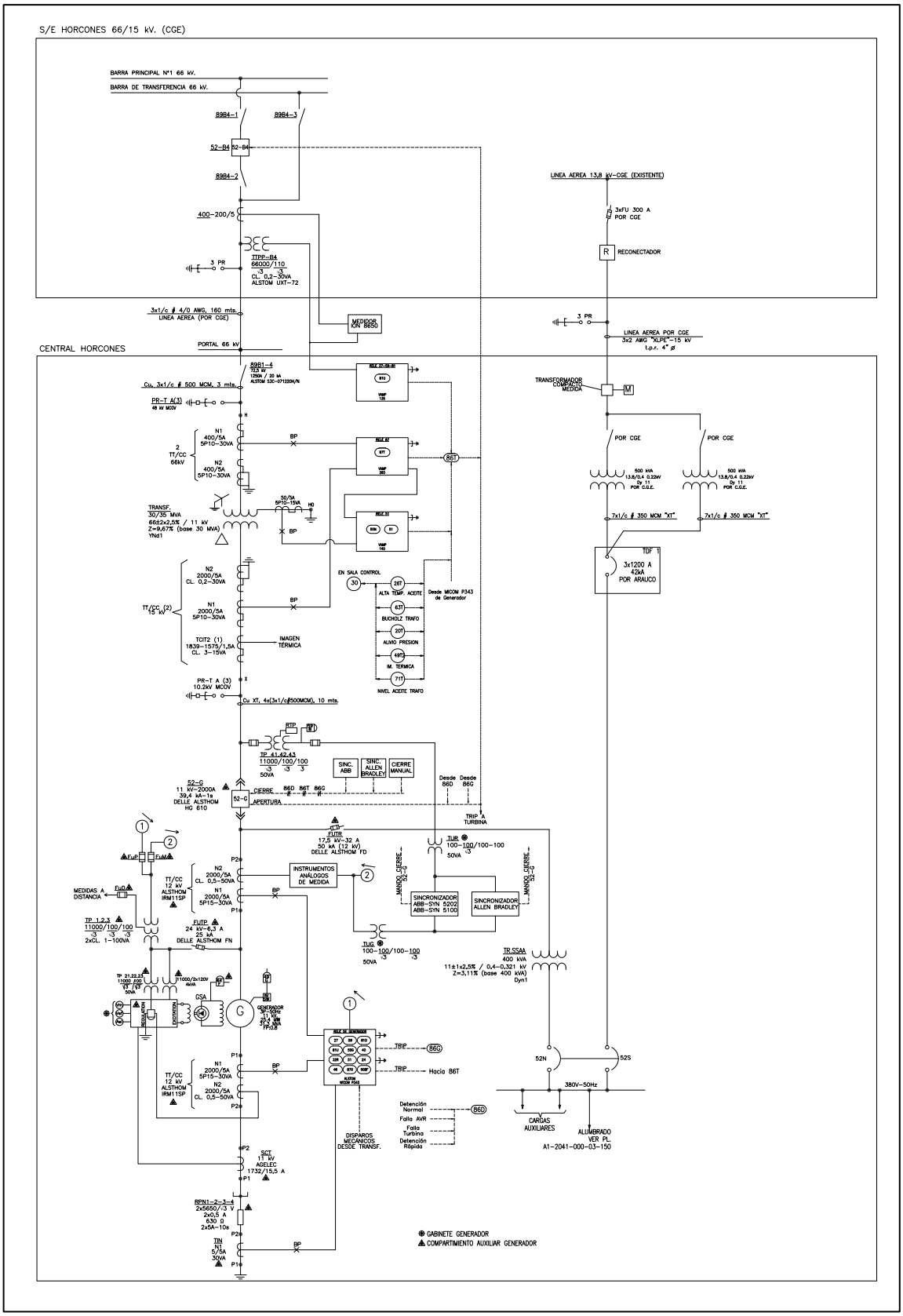


Figura 4.1 – Diagrama unilineal de la unidad

No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

A continuación, se presenta el diagrama unilineal de la Subestación Horcones 66 kV. Se enmarca en el recuadro azul la conexión de los SSAA de la Central Horcones.

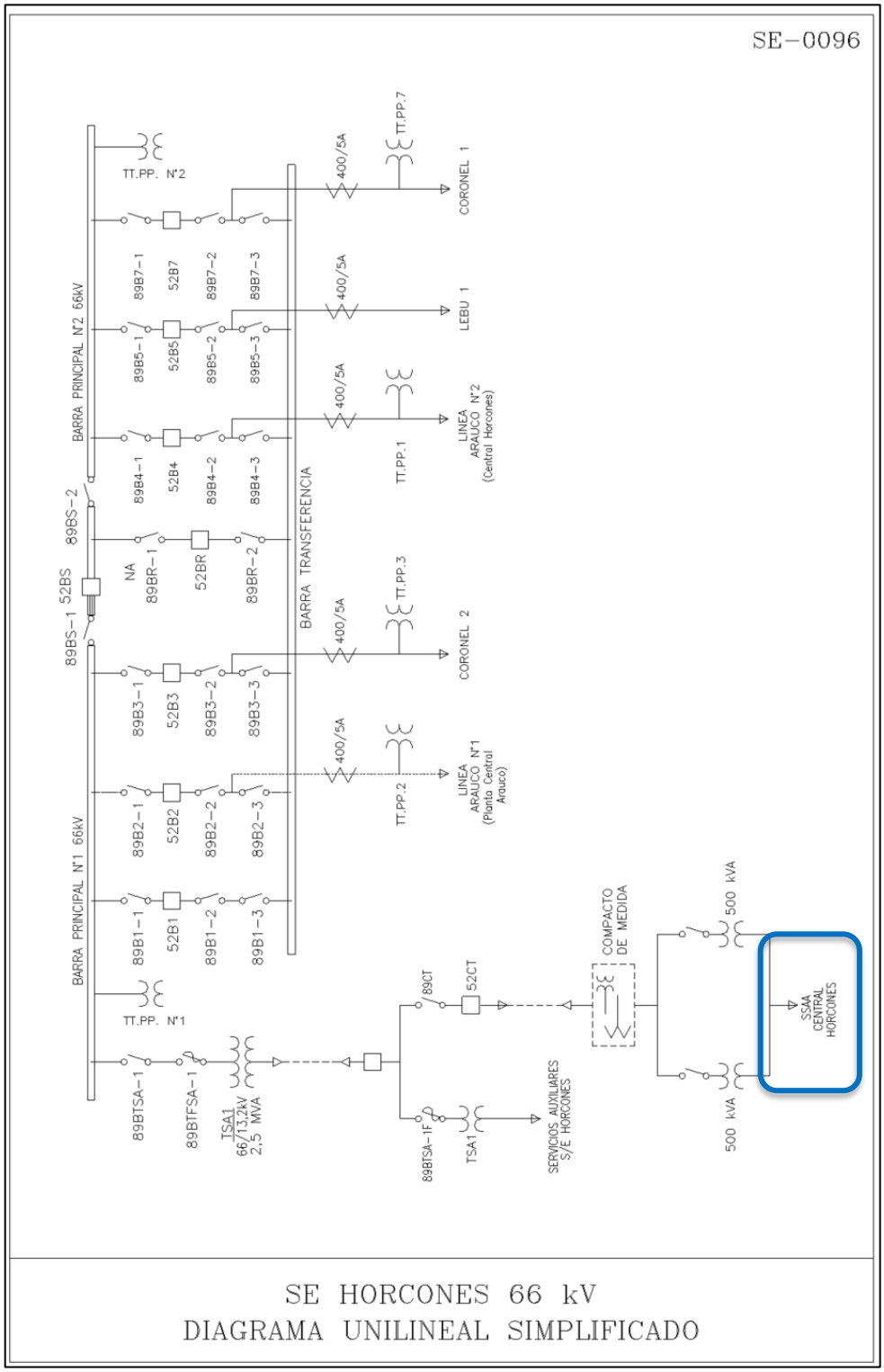


Figura 4.2 – Diagrama unilineal Subestación Horcones 66 kV

No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

En la Tabla 4.1 se muestra el detalle de consumos conectados en la barra de 380 Vac de servicios auxiliares asociados al funcionamiento de la unidad.

TAG	Tensión [V]	Corriente [A]	Potencia [kW]	Descripción
066-88-BA	380	9.0	5.5	Ventilador turbina
066-88CR	380	625.0	330.0	Motor de lanzamiento
066-88-QC	380	13.5	5.5	Motor BBA aceite lubric. aux. 1° Etapa
066-88-QE	125 Vdc	54.0	5.5	Motor BBA aceite lubric. aux. emergencia 3° Etapa
066-88-WC1	380	70.0	37.0	Motor BBA agua N°1 aerorefrigerantes
066-88-FC1	380	61.0	30.0	Motor ventilado N°1 aerorefrigerantes
066-88-FC2	380	61.0	30.0	Motor ventilado N°2 aerorefrigerantes
066-88-VG	380	5.1	2.2	Motor ventilador caja reductora principal
066-88-FD1	380	12.0	5.5	Motor BBA N°1 skid combustible

Tabla 4.1 – Detalle de SSAA – CT Horcones U1

Los datos característicos de placa del generador y de la turbina de gas se presentan a continuación. En la sección 9.1 (anexos) se pueden encontrar las hojas de datos y fotografías de placa de estos componentes.

Datos principales Generador	
PÁRAMETRO	**DATO**
Fabricante	Alsthom
Tipo	T190-200
Potencia KVA	31.250
Potencia N KW	25.000
Velocidad de rotación rpm	3.000
Pares de polos	1
Voltaje	11000 ± 5 %
Cos φ	0,80
Temperatura Estator	120 °C
Temperatura rotor	130 °C
Corriente N Amp.	1640
Corriente de excitación	530 A
Voltaje de excitación	224 V
Frecuencia	50 HZ

Figura 4.3 – Datos de placa de generador

No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

Datos principales Turbina a Gas Alsthom F5	
PARÁMETRO	**DATO**
Fabricante	Alsthom
Tipo	MS5001
Modelo	PG5341P
Potencia Nominal KW	24.300
Velocidad de rotación rpm	5.100
Numero de Etapas Compresor axial	17
Numero de cámaras de combustión	10
Etapas de turbina	2
Etapas de IGV	1

Figura 4.4 – Datos de placa de turbina

4.3 Condiciones de referencia y curvas de corrección

El Coordinado ha compartido en el documento *"Datos declarados al SEN TG Horcones.pdf"*, el cual presenta los siguientes valores. En particular los valores de Potencia Bruta y Mínimo Técnico presentados se condicen con lo cargado en INFOTÉCNICA.

Unidad	***Potencia Bruta***	***Mínimo Técnico***	***Consumo de Específico***
Central Horcones – U1	***24.3 MW***	***4.0 MW***	***0.283 T/MWh***

Tabla 4.2 – Datos declarados al CEN

En la Tabla 4.3 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***
Temperatura ambiente	15 °C
Humedad relativa del aire	60.0%
Caída de presión aire de entrada (1)	8.0 inH_2O
Caída de presión gases de salida (2)	6.0 inH_2O
Factor de potencia	0.9 (lagging)

Tabla 4.3 – Condiciones de referencia

Nota:

1. El Coordinado no dispone de la medida de caída de presión de aire de entrada, por lo tanto, no se han aplicado correcciones al consumo específico por caída de presión de aire de entrada.

No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

2. El Coordinado no dispone de la medida de caída de presión de gases de salida, por lo tanto, no se han aplicado correcciones al consumo específico por caída de presión en los gases de salida.

No se autorizan copias del presente documento sin
autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

4.3.1 Curvas de corrección

Curva de corrección por temperatura ambiente

El Coordinado ha compartido curvas características de la unidad en el documento: *"CURVAS CENTRAL_HORCONES.pdf"*. Se presenta en la Figura 4.5 la curva de corrección por temperatura de aire de entrada al compresor.

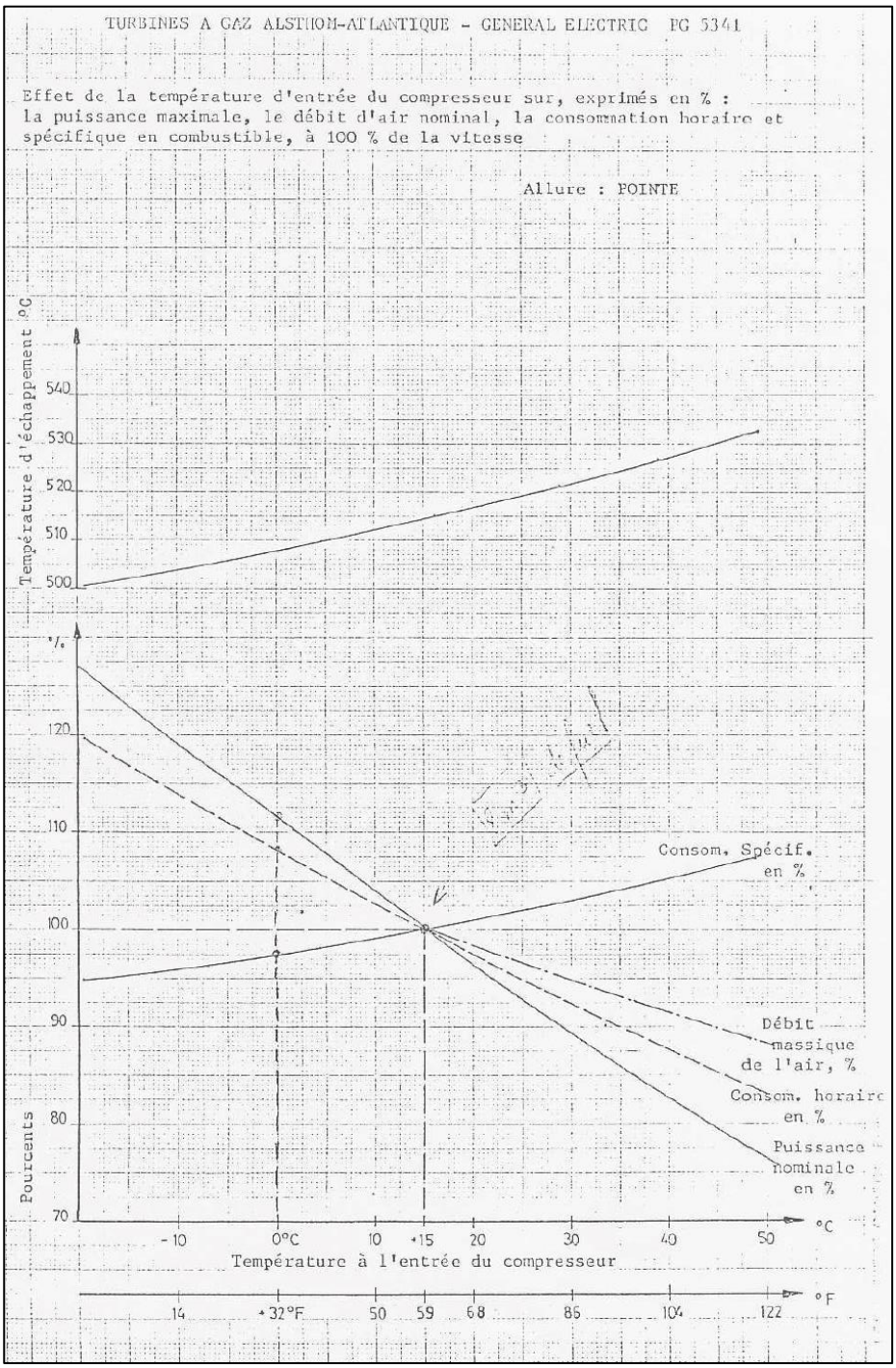


Figura 4.5 – Curva de corrección por temperatura ambiente

No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

Corrección por Humedad Relativa

De acuerdo con la información provista por el fabricante no disponen de curvas de corrección por humedad relativa, por lo que se propone utilizar el de una máquina similar. Se ha utilizado la siguiente curva disponible públicamente[2].

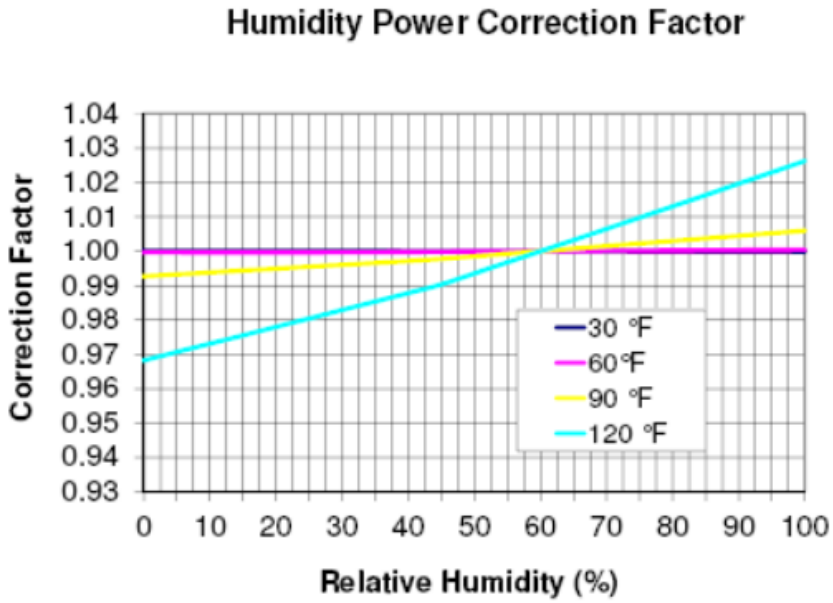


Figura 4.6 – Curva de corrección por humedad relativa

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 propone utilizar el de una máquina similar. Se ha utilizado la siguiente curva disponible públicamente[2].

[2] Informe técnico de pruebas de consumo específico de Central Newen: https://www.coordinador.cl/wp-content/uploads/2019/04/Informe-T%C3%A9cnico-de-Prueba-de-Consumo-Espec%C3%ADfico-de-Central-Newen.pdf

No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

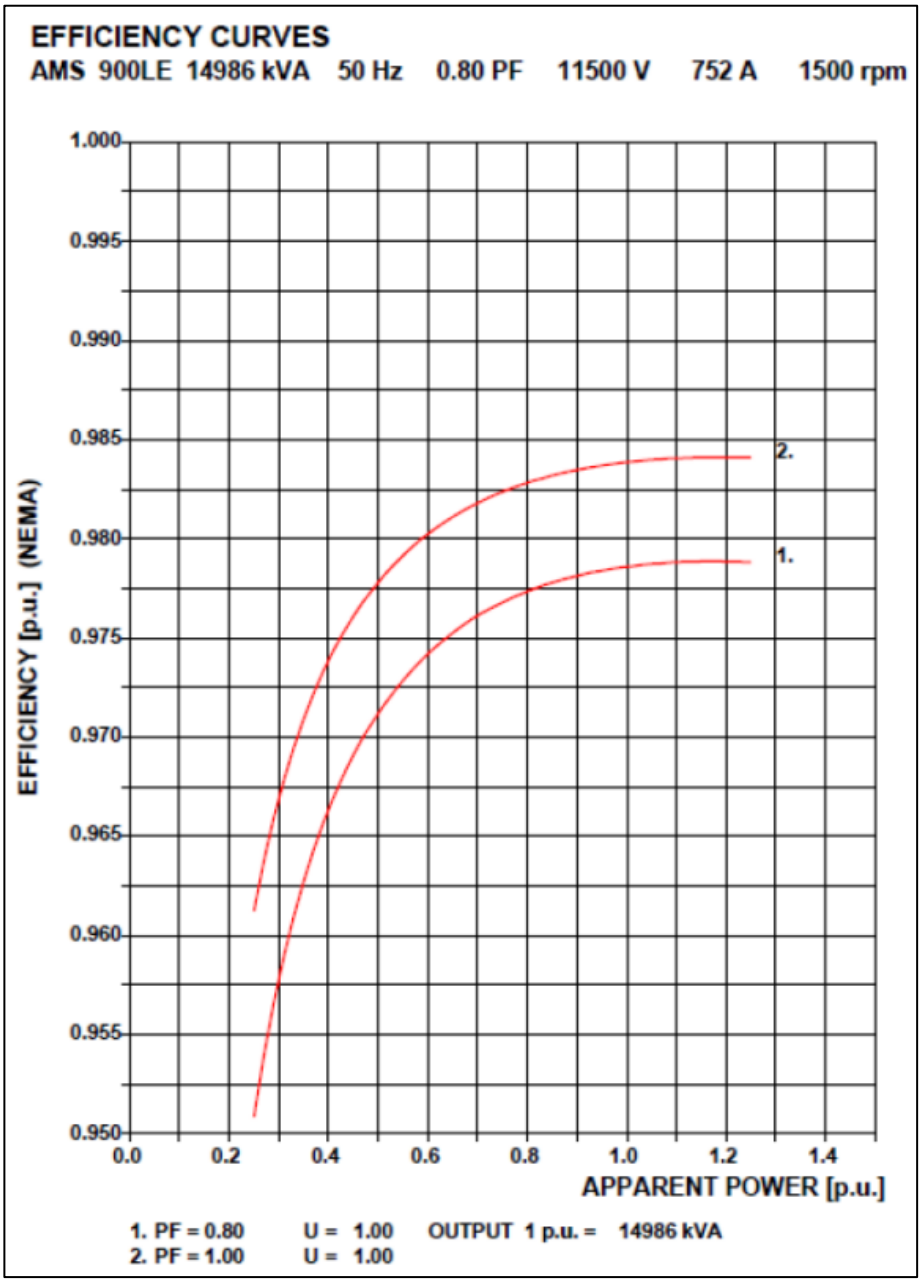


Figura 4.7 – Curva de corrección por factor de potencia

4.3.2 Metodología de corrección

Para las correcciones del valor de Consumo Específico se han utilizado, cuando corresponda, las condiciones de referencia junto con los datos mostrados anteriormente.

4.4 Instrumentación y mediciones

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

No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

En la Figura 4.8 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 y la norma ASME PTC22 se describe la metodología propuesta.

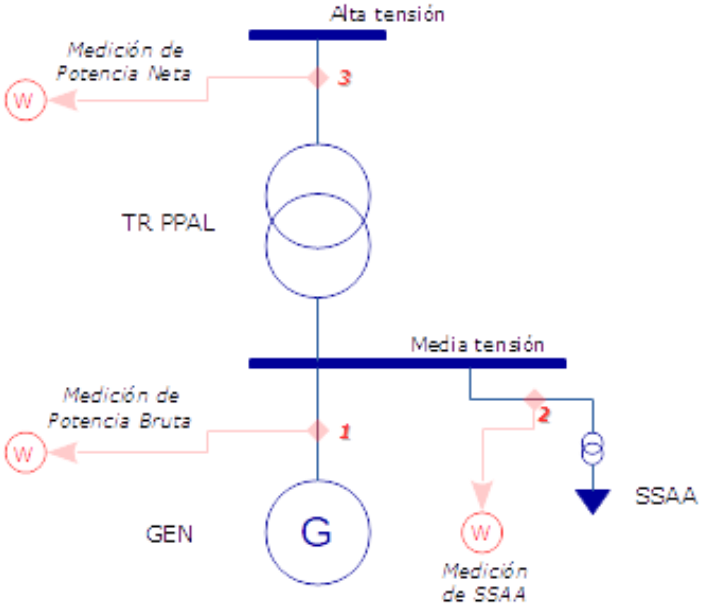


Figura 4.8 – Unilineal de planta esquemático

No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

4.4.1 Metodología

Se ha medido la potencia bruta y el factor de potencia en bornes del generador tal como se solicita en el Anexo Técnico. La potencia de los servicios auxiliares se ha calculado indirectamente a partir de la medición de la potencia neta.

Los transformadores de instrumentación (PTs,CTs) son clase 0.2 para la medición de potencia neta (punto “3” en la Figura 4.8).

Para las mediciones de potencia bruta se han utilizado los transformadores PT y CT que el generador tiene de fabrica los cuales son clase 0.5 (puntos “1” en la Figura 4.8).

Para la medición de potencia neta y potencia bruta se han utilizado medidores ION 8650 y ION 8600, respectivamente, que el Coordinado tiene en sus instalaciones. Los mismos son clase 0.2 y cumplen con las exigencias de precisión requeridas y se han enviado los antecedentes de los equipos (especificaciones técnicas y certificados de calibración).

Para la medición de humedad relativa y temperatura ambiente el Coordinado ha utilizado un equipo portátil “Oregon Scientific”. Los antecedentes técnicos y certificados de calibración han sido entregado antes de las pruebas y se encuentran anexados en el Informe final de pruebas.

El consumo de combustible diésel ha sido medido con instrumental calibrado, propiedad del Coordinado, y se ha determinado a partir de las mediciones de los caudalímetros principal y de retorno de combustible.

En la sección de anexo 9.2 se detallan los puntos desde donde se realizan las mediciones de cada variable, en tanto en la sección de anexo 9.2.1 se muestran los antecedentes técnicos y certificados de calibración asociados a los equipos de medición.

No se autorizan copias del presente documento sin
autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

4.4.2 Instrumentación principal

Se instrumentó tal como se resume en la Tabla 4.4. La misma indica la instrumentación principal a ser 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**	ION 8600 Serie: PT-0805A088-01	A, 0.2, 1 seg (o superior)	Arauco Bioenergía S.A., Figura 9.10	Conectado PTs y CTs clase 1.0 y 0.5 respectivamente, en punto 1 del unilineal la Figura 4.8. Borneras y puntos de conexión a confirmar.	Digital
2	**Factor de potencia**	ION 8600 Serie: PT-0805A088-01	A, 0.2, 1 seg (o superior)	Arauco Bioenergía S.A., Figura 9.10	Conectado PTs y CTs clase 1.0 y 0.5 respectivamente, en punto 1 del unilineal la Figura 4.8. Borneras y puntos de conexión a confirmar.	Digital
3	**Potencia activa neta**	ION 8650 Serie: MW-2103ª298-02	A, 0.2, 1 seg (o superior)	Arauco Bioenergía S.A., Figura 9.13	Conectado PTs y CTs clase 0.2 en punto 3 del unilineal la Figura 4.8. Borneras y puntos de conexión a confirmar.	Digital
4	**Temperatura ambiente**	Oregon Scientific	5 min	Arauco Bioenergía S.A.	Estación meteorológica portátil instalada en planta.	Manual
5	**Humedad relativa**	Oregon Scientific	5 min	Arauco Bioenergía S.A.	Estación meteorológica portátil instalada en planta.	Manual
6	**Consumo de combustible principal**	Medidor de flujo másico Coriolis ENDRESS HAUSER	1 seg	Arauco Bioenergía S.A	Sistema de combustible TAG FT017	Digital

Tabla 4.4 – Instrumentación principal

Las características principales de estos equipos y sus certificados de calibración vigentes a la fecha de los ensayos pueden consultarse en el Anexo 9.2.1.

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

No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

Asimismo, el Coordinado fue responsable de entregar los registros manuales, con una tasa de lectura cada 5 minutos, correspondientes a las variables de temperatura y humedad relativa durante y luego de la ejecución de las pruebas.

4.4.3 Mediciones complementarias

Se utilizó el sistema de registro de planta para tomar las siguientes variables durante el período de pruebas:

1. Potencia activa y reactiva en bornes de la unidad
2. Factor de potencia en bornes de la unidad.
3. Velocidad del rotor.
4. Tensión.
5. Frecuencia.
6. Consumos propios o auxiliares.
7. Temperatura de gases de escape.
8. Consumo de combustible.
9. Temperatura del combustible.
10. Temperatura de aire de ingreso al compresor.
11. Presión de descarga del compresor.
12. Presión de ingreso del fluido de trabajo.
13. Potencia neta
14. Potencia de SSAA
15. Presión barométrica
16. Temperatura ambiente
17. Humedad relativa

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

4.5 Toma de muestras del combustible

A solicitud del Coordinador, el Coordinado fue el responsable del muestro y análisis del combustible.

Los resultados entregados se incluyen en el anexo 9.5.

No se autorizan copias del presente documento sin
autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

5 REALIZACIÓN DE LA PRUEBA

El día 17 de enero de 2023, el experto técnico se presentó en las instalaciones de la Central Térmica Horcones para llevar a cabo las pruebas de Consumo Específico Neto.

5.1 Chequeos preliminares

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

Se verificó:

1. Disposición de los medidores, números de serie y certificados de calibración.
2. Lectura de los equipos de medición principales.
3. Sincronización horaria entre los distintos equipos de medición.
4. Se confirmó que el sistema de adquisición de datos de planta estaba operativo.

5.2 Desarrollo de las pruebas

5.2.1 Verificaciones previas

1. El personal descrito en el capítulo 3 (Experto Técnico, Operaciones, Representante del Coordinador) deben estar listos para dar comienzo a la prueba.
2. Se verificó que se cumplen las condiciones de prueba establecidas:
    a. Todas las protecciones deben estar operativas y sin falla.
    b. No deben existir alarmas relevantes.
    c. La unidad disponible para operar a máxima potencia.
    d. No fue posible desactivar el control primario de frecuencia (CPF), por lo tanto, se mantuvo operativo durante la prueba.
    e. Se operó en modo factor de potencia (FP) ajustado en 0.95.

5.3 Incremento de potencia, estabilización e inicio de la prueba

Previo al inicio de las pruebas la unidad se encontraba detenida. El operador dio orden de partida las 17:51 horas, sincronizó la misma e incrementó carga paulatinamente hasta alcanzar el valor correspondiente a Mínimo Técnico de 4 MW.

En dicho punto se verificaron las condiciones de prueba establecidas en Tabla 4.1 del procedimiento, las cuales son: sistemas de enfriamiento de aire de aspiración fuera de servicio y se

No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

ajustó la consigna del factor de potencia a 0.98 controlando en modo factor de potencia. Se destaca la imposibilidad de fijar el factor de potencia en 0.95 por lo que se procedió a realizar las correcciones correspondientes.

Finalizados estos ajustes se dio inicio al período de estabilización de la unidad. 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.

Arranque de la unidad	17/ene/2023 17:51 Hs
Inicio Pruebas 4 MW	18:35 Hs
Inicio Pruebas 6.8 MW	19:35 Hs
Inicio Pruebas 9.5 MW	22:00 Hs
Inicio Pruebas 12.3 MW	23:25 Hs
Inicio Pruebas 15.1 MW	00:15 Hs (18-ene-23)
Inicio Pruebas 17.9 MW	01:05 Hs (18-ene-23)
Inicio Pruebas 21.9 MW	02:10 Hs (18-ene-23)
Fin del período de prueba	02:40 Hs (18-ene-23)

Tabla 5.1 – Etapas de la prueba para la unidad 1

La operación durante toda la prueba para la unidad fue a ciclo abierto y utilizando petróleo diésel.

No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

5.4 Período de prueba

Finalmente, la prueba se extendió por un período total de 3.5 horas divididas en 7 test run de 30 minutos (un test run para cada nivel de carga). En cada uno de los mismos se verificó la estabilidad de la unidad según lo establecido por la norma ASME PTC 22-2014.

Parámetros	Desviación estándar durante el periodo
Potencia eléctrica de salida	0.65%
Factor de potencia	0.65%
Torque	0.65%
Presión barométrica	0.16%
Temperatura de aire de entrada	0.7 °C (1.3 °F)
Flujo de combustible	0.65%
Velocidad de rotación de la Turbina	0.33%

Tabla 5.2 – Máximas variaciones permisibles en las condiciones de operación

Las Tabla 5.3 muestra el resumen de las verificaciones de estabilidad realizadas.

Períodos									
Test Run n°		ref	MT - 4MW	P2 - 6.8MW	P3 - 9.5MW	P4 - 12.3MW	P5 - 15.1 MW	P6 - 17.9 MW	PMAX - 21.8 MW
Hora Inicio			*18:35*	*19:35*	*22:00*	*23:25*	*0:15*	*1:05*	*2:10*
Hora Fin			*19:05*	*20:15*	*22:30*	*23:55*	*0:45*	*1:40*	*2:40*
Verificación de condiciones de estabilidad									
P_{bruta}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	0,65%	0,65%	0,49%	0,33%	0,27%	0,21%	0,18%	0,16%
P_{neta}	Potencia Neta medido en Alta	0,65%	0,65%	0,49%	0,33%	0,27%	0,19%	0,16%	0,16%
T_{AE}	Temperatura aire entrada	1,3 °F	0,44°F	0,36°F	0,24°F	0,67°F	1,19°F	0,38°F	0,12°F
$C_{combustible}$	Consumo de combustible	0,65%	0,24%	0,30%	0,23%	0,10%	0,12%	0,08%	0,10%
Frec	Velocidad de Rotación	0,33%	0,07%	0,28%	0,08%	0,04%	0,08%	0,04%	0,08%
Estabilidad	¿Se cumplen los criterios para todas las variables?		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Tabla 5.3 – Verificación de estabilidad para la unidad 1

Según se puede observar en la Tabla 5.3, se verifican las condiciones de estabilidad en cada nivel de carga ensayado.

Finalizadas las pruebas se confeccionó un acta reflejando las principales condiciones del ensayo. Dicha acta puede consultarse en el Anexo 9.4

No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

6 CALCULOS REALIZADOS Y RESULTADOS

6.1 Reducción de datos y estabilidad

Se procesaron los datos en búsqueda de valores atípicos, para cada período se evaluó la estabilidad de las principales variables tal como se indicó en 5.4, todos los test run han sido utilizados para el cálculo de resultados del valor de consumo específico para 7 niveles de carga.

6.2 Determinación de la potencia de pérdidas totales (SSAA)

Considerando que se cuenta con la medición de potencia bruta y potencia neta, pueden calcularse las pérdidas totales como:

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

Donde:

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

La Tabla 6.1 detalla los cálculos realizados para la unidad 1.

Períodos									
Test Run n°		ref	MT - 4MW	P2 - 6.8MW	P3 - 9.5MW	P4 - 12.3MW	P5 - 15.1 MW	P6 - 17.9 MW	PMAX - 21.8 MW
Hora Inicio			*18:35*	*19:35*	*22:00*	*23:25*	*0:15*	*1:05*	*2:10*
Hora Fin			*19:05*	*20:15*	*22:30*	*23:55*	*0:45*	*1:40*	*2:40*
Variables Primarias									
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	-	0,973	0,986	0,990	0,990	0,990	0,990	0,990
P_{bruta}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	[MW]	4,26	6,80	9,50	12,29	15,23	17,88	21,95
P_{neta}	Potencia Neta medido en Alta	[MW]	4,20	6,73	9,41	12,18	15,10	17,72	21,75
T_{AE}	Temperatura aire entrada	[°F]	65,56	72,02	66,41	62,27	55,73	52,75	51,83
RH	Humedad relativa	[%]	43,43	32,44	41,43	47,00	58,29	66,63	70,86
$C_{Combustible}$	Consumo de combustible	[kg/h]	3227,76	3750,58	4313,97	4947,37	5605,42	6212,05	7229,40
Determinación Potencia Bruta y Potencia Neta									
$P_{bruta,\ No\ Corr}$	**Pot. Bruta**	**[MW]**	**4,26**	**6,80**	**9,50**	**12,29**	**15,23**	**17,88**	**21,95**
$P_{neta,\ No\ Corr}$	**Pot. Neta**	**[MW]**	**4,20**	**6,73**	**9,41**	**12,18**	**15,10**	**17,72**	**21,75**
Determinación pérdidas totales									
$L_{TOTALES}$	Pérdidas en el transformador de potencia y red interna	[MW]	0,05	0,07	0,09	0,11	0,13	0,16	0,20

Tabla 6.1 – Determinación de pérdidas totales por nivel de carga

No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

6.3 Determinación de datos de combustible

Para la determinación del Consumo Específico Neto de la unidad 1 de la Central Térmica Horcones se cuenta con la medición consumo de combustible y se han realizado análisis al combustible utilizado, cuyos resultados se encuentran en el Anexo 9.5. En la Tabla 6.2 se presentan los datos de combustible.

Períodos									
Test Run n°		ref	MT - 4MW	P2 - 6.8MW	P3 - 9.5MW	P4 - 12.3MW	P5 - 15.1 MW	P6 - 17.9 MW	PMAX - 21.8 MW
Hora Inicio			*18:35*	*19:35*	*22:00*	*23:25*	*0:15*	*1:05*	*2:10*
Hora Fin			*19:05*	*20:15*	*22:30*	*23:55*	*0:45*	*1:40*	*2:40*
Datos Combustible									
PCS	Poder Calorifico Superior	**[kcal/kg]**	**10920,00**	**10920,00**	**10920,00**	**10920,00**	**10920,00**	**10920,00**	**10920,00**
$C_{Combustible}$	Consumo de combustible	**[kg/h]**	**3227,76**	**3750,58**	**4313,97**	**4947,37**	**5605,42**	**6212,05**	**7229,40**

Tabla 6.2 – Consumo neto de combustible registrado en cada prueba y poder calorífico superior

No se autorizan copias del presente documento sin
autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

6.4 Determinación del Consumo Específico Neto Medido

Para cada estado de carga, el consumo específico neto se determinó como el promedio del valor de consumo específico medido en cada unidad representativa en el período de 30 minutos.

El valor correspondiente de consumo específico medido (para cada período de 30 minutos) se calcula a partir de los resultados obtenidos, de consumo de combustible, poder calorífico superior (PCS) del combustible y la potencia neta medida de la unidad:

$$CEN_{Med} = \frac{Consumo\ de\ Combustible * PCS}{P_{Neta,No\ Corr}}$$

La Tabla 6.3 presenta los cálculos realizados para la determinación del consumo específico neto medido para cada estado de carga.

Períodos									
Test Run n°		ref	MT - 4MW	P2 - 6.8MW	P3 - 9.5MW	P4 - 12.3MW	P5 - 15.1 MW	P6 - 17.9 MW	PMAX - 21.8 MW
Hora Inicio			*18:35*	*19:35*	*22:00*	*23:25*	*0:15*	*1:05*	*2:10*
Hora Fin			*19:05*	*20:15*	*22:30*	*23:55*	*0:45*	*1:40*	*2:40*
Determinación Potencia Bruta y Potencia Neta									
$P_{bruta,\ No\ Corr}$	Pot. Bruta	[MW]	4,26	6,80	9,50	12,29	15,23	17,88	21,95
$P_{neta,\ No\ Corr}$	Pot. Neta	[MW]	4,20	6,73	9,41	12,18	15,10	17,72	21,75
Datos Combustible									
PCS	Poder Calorifico Superior	[kcal/kg]	10920,00	10920,00	10920,00	10920,00	10920,00	10920,00	10920,00
$C_{Combustible}$	Consumo de combustible	[kg/h]	3227,76	3750,58	4313,97	4947,37	5605,42	6212,05	7229,40
Cálculo Consumo Especifico Neto Medido									
CEN_{Med}	Consumo Específico Neto Medido	[kcal/kWh]	8382,96	6082,10	5007,44	4436,15	4054,49	3829,07	3629,48

Tabla 6.3 – Determinación del Consumo Específico Neto medido

No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

6.5 Correcciones aplicables al Consumo Específico Neto

Las correcciones mencionadas en este capítulo fueron aplicadas a cada uno de los períodos (test run) registrados.

El valor de Consumo Específico Neto calculado deberá ser corregido por las siguientes curvas:

1. Corrección por factor de potencia
2. Corrección por temperatura ambiente
3. Corrección por humedad relativa

Los factores de corrección se obtendrán de las curvas presentadas en el capítulo 0 con el objetivo de llevar los valores de potencia bruta y consumo específico obtenidos a los valores de referencia indicados en la Tabla 4.3.

6.5.1 Corrección a la Potencia Bruta

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

$$P_{Bruta,Corr} = P_{Bruta,No\ Corr} - L_{FP}$$

Donde:

- $P_{Bruta,Corr}$: Potencia Bruta Corregida
- $P_{Bruta,No\ corr}$: Potencia Bruta No Corregida (medición directa)
- L_{FP}: Pérdidas relacionadas a no operar en el factor de potencia (FP) establecido por el Anexo Técnico. Se aplica sólo si durante los ensayos no se logró alcanzar el FP = 0.95.

La Tabla 6.4 detalla las correcciones aplicadas para obtener el valor de Potencia Bruta Corregida de la central en cada nivel de carga.

No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

Períodos									
Test Run n°		ref	MT - 4MW	P2 - 6.8MW	P3 - 9.5MW	P4 - 12.3MW	P5 - 15.1 MW	P6 - 17.9 MW	PMAX - 21.8 MW
Hora Inicio			*18:35*	*19:35*	*22:00*	*23:25*	*0:15*	*1:05*	*2:10*
Hora Fin			*19:05*	*20:15*	*22:30*	*23:55*	*0:45*	*1:40*	*2:40*
Determinación Potencia Bruta y Potencia Neta									
$P_{bruta,\ No\ Corr}$	**Pot. Bruta**	**[MW]**	**4,26**	**6,80**	**9,50**	**12,29**	**15,23**	**17,88**	**21,95**
$P_{neta,\ No\ Corr}$	**Pot. Neta**	**[MW]**	**4,20**	**6,73**	**9,41**	**12,18**	**15,10**	**17,72**	**21,75**
Correcciones a la Potencia bruta									
L_{FP}	Diferencia en pérdidas por FP	[kW]	31,06	36,26	35,12	30,50	28,19	26,79	25,84
$F_{TEMP_rated}/F_{TEMP_meas}$	Factor de corrección por temperatura	-	0,99342	0,98694	0,99252	0,99682	1,00352	1,00711	1,00806
F_{RH_rated}/F_{RH_meas}	Factor de corrección por humedad	-	1,00183	1,00300	1,00187	1,00132	1,00029	0,99996	0,99954
$P_{Bruta,\ Corr}$	**Potencia Bruta corregida**	**[kW]**	**4204,90**	**6695,48**	**9410,59**	**12234,44**	**15260,11**	**17976,83**	**22090,64**

Tabla 6.4 – Correcciones a la Potencia Bruta para cada estado de carga

6.5.2 Cálculo de la Potencia Neta Corregida

El cálculo mencionado en la presente sección se aplica a cada uno de los períodos (test run) registrados.

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

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

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

Donde:

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

Períodos									
Test Run n°		ref	MT - 4MW	P2 - 6.8MW	P3 - 9.5MW	P4 - 12.3MW	P5 - 15.1 MW	P6 - 17.9 MW	PMAX - 21.8 MW
Hora Inicio			*18:35*	*19:35*	*22:00*	*23:25*	*0:15*	*1:05*	*2:10*
Hora Fin			*19:05*	*20:15*	*22:30*	*23:55*	*0:45*	*1:40*	*2:40*
Determinación pérdidas totales									
$L_{TOTALES}$	Pérdidas en el transformador de potencia y red interna	[MW]	0,05	0,07	0,09	0,11	0,13	0,16	0,20
Determinación Potencia Neta Corregida									
$P_{Bruta,\ Corr}$	Pot. Bruta corregida	**[kW]**	**4204,90**	**6695,48**	**9410,59**	**12234,44**	**15260,11**	**17976,83**	**22090,64**
$P_{Neta,\ Corr\ (Unidad)}$	**Potencia Neta corregida**	**[kW]**	**4204,85**	**6695,41**	**9410,50**	**12234,33**	**15259,98**	**17976,67**	**22090,44**

Tabla 6.5 – Cálculo de Potencia Neta Corregida para cada estado de carga

No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

6.5.3 Determinación del Consumo Específico Neto Corregido

A partir del valor de Potencia Neta Corregida calculado en el inciso anterior y los valores de consumo de combustible y poder calorífico superior, es posible determinar el Consumo Específico Neto Corregido.

El Consumo Específico Neto Corregido de la unidad se calcula según la siguiente ecuación:

$$CEN_{Corregido} = \frac{Consumo\ de\ Combustible * PCS}{P_{Neta,Corr}}$$

La Tabla 6.6 presenta los cálculos realizados para la determinación del consumo específico neto corregido para cada estado de carga.

Períodos									
Test Run n°		ref	MT - 4MW	P2 - 6.8MW	P3 - 9.5MW	P4 - 12.3MW	P5 - 15.1 MW	P6 - 17.9 MW	PMAX - 21.8 MW
Hora Inicio			*18:35*	*19:35*	*22:00*	*23:25*	*0:15*	*1:05*	*2:10*
Hora Fin			*19:05*	*20:15*	*22:30*	*23:55*	*0:45*	*1:40*	*2:40*
Correcciones a la Potencia bruta									
L_{FP}	Diferencia en pérdidas por FP	[kW]	31,06	36,26	35,12	30,50	28,19	26,79	25,84
$F_{TEMP_rated}/F_{TEMP_meas}$	Factor de corrección por temperatura	-	0,99342	0,98694	0,99252	0,99682	1,00352	1,00711	1,00806
F_{RH_rated}/F_{RH_meas}	Factor de corrección por humedad	-	1,00183	1,00300	1,00187	1,00132	1,00029	0,99996	0,99954
Determinación Potencia Neta Corregida									
$P_{Bruta,\ Corr}$	Pot. Bruta corregida	**[kW]**	**4204,90**	**6695,48**	**9410,59**	**12234,44**	**15260,11**	**17976,83**	**22090,64**
$P_{Neta,\ Corr\ (Unidad)}$	Potencia Neta corregida	[kW]	4204,85	6695,41	9410,50	12234,33	15259,98	17976,67	22090,44
Datos Combustible									
PCS	Poder Calorifico Superior	**[kcal/kg]**	**10920,00**	**10920,00**	**10920,00**	**10920,00**	**10920,00**	**10920,00**	**10920,00**
$C_{Combustible}$	Consumo de combustible	**[kg/h]**	**3227,76**	**3750,58**	**4313,97**	**4947,37**	**5605,42**	**6212,05**	**7229,40**
Cálculo Consumo Especifico Neto Medido									
CEN_{Med}	Consumo Específico Neto Medido	[kcal/kWh]	8382,96	6082,10	5007,44	4436,15	4054,49	3829,07	3629,48
Cálculo Consumo Especifico Neto Corregido									
CEN_{Corr}	Consumo Específico Neto Corregido	[kcal/kWh]	8382,51	6117,07	5005,96	4415,88	4011,22	3773,53	3573,72
Cálculo Promedio Final									
CEN_{Med}	Valores utilizados para el cálculo del promedio final	**[kcal/kWh]**	**8382,96**	**6082,10**	**5007,44**	**4436,15**	**4054,49**	**3829,07**	**3629,48**
CEN_{Corr}		**[kcal/kWh]**	**8382,51**	**6117,07**	**5005,96**	**4415,88**	**4011,22**	**3773,53**	**3573,72**

Tabla 6.6 – Determinación del Consumo Específico Neto Corregido

No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

6.6 Tabla Resumen general

Todos los cálculos presentados anteriormente se resumen a continuación.

No se autorizan copias del presente documento sin
autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

Períodos									
Test Run n°		ref	MT - 4MW	P2 - 6.8MW	P3 - 9.5MW	P4 - 12.3MW	P5 - 15.1 MW	P6 - 17.9 MW	PMAX - 21.8 MW
Hora Inicio			*18:35*	*19:35*	*22:00*	*23:25*	*0:15*	*1:05*	*2:10*
Hora Fin			*19:05*	*20:15*	*22:30*	*23:55*	*0:45*	*1:40*	*2:40*
Variables Primarias									
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	-	0,973	0,986	0,990	0,990	0,990	0,990	0,990
P_{bruta}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	[MW]	4,26	6,80	9,50	12,29	15,23	17,88	21,95
P_{neta}	Potencia Neta medido en Alta	[MW]	4,20	6,73	9,41	12,18	15,10	17,72	21,75
T_{AE}	Temperatura aire entrada	[°F]	65,56	72,02	66,41	62,27	55,73	52,75	51,83
RH	Humedad relativa	[%]	43,43	32,44	41,43	47,00	58,29	66,63	70,86
$C_{Combustible}$	Consumo de combustible	[kg/h]	3227,76	3750,58	4313,97	4947,37	5605,42	6212,05	7229,40
Variables Secundarias									
P_{atm}	Presión Atmosférica	[hPa]	#¡REF!	#¡REF!	#¡REF!	#¡REF!	#¡REF!	#¡REF!	#¡REF!
Frec	Velocidad de Rotación Unidad - Para estabilidad	[Hz]	49,97	49,97	49,99	50,06	50,02	50,06	50,00
Verificación de condiciones de estabilidad									
P_{bruta}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	0,65%	0,65%	0,49%	0,33%	0,27%	0,21%	0,18%	0,16%
P_{neta}	Potencia Neta medido en Alta	0,65%	0,65%	0,49%	0,33%	0,27%	0,19%	0,16%	0,16%
T_{AE}	Temperatura aire entrada	1,3 °F	0,44°F	0,36°F	0,24°F	0,67°F	1,19°F	0,38°F	0,12°F
$C_{Combustible}$	Consumo de combustible	0,65%	0,24%	0,30%	0,23%	0,10%	0,12%	0,08%	0,10%
Frec	Velocidad de Rotación	0,33%	0,07%	0,28%	0,08%	0,04%	0,08%	0,04%	0,08%
Estabilidad	¿Se cumplen los criterios para todas las variables?		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Determinación Potencia Bruta y Potencia Neta									
$P_{bruta,\ No\ Corr}$	**Pot. Bruta**	**[MW]**	**4,26**	**6,80**	**9,50**	**12,29**	**15,23**	**17,88**	**21,95**
$P_{neta,\ No\ Corr}$	**Pot. Neta**	**[MW]**	**4,20**	**6,73**	**9,41**	**12,18**	**15,10**	**17,72**	**21,75**

Tabla 6.7 – Resumen general (parte 1 de 2)

No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

Correcciones a la Potencia bruta									
L_{FP}	Diferencia en pérdidas por FP	[kW]	31,06	36,26	35,12	30,50	28,19	26,79	25,84
$F_{TEMP_rated}/F_{TEMP_meas}$	Factor de corrección por temperatura	-	0,99342	0,98694	0,99252	0,99682	1,00352	1,00711	1,00806
F_{RH_rated}/F_{RH_meas}	Factor de corrección por humedad	-	1,00183	1,00300	1,00187	1,00132	1,00029	0,99996	0,99954
$P_{Bruta, Corr}$	Potencia Bruta corregida	[kW]	4204,90	6695,48	9410,59	12234,44	15260,11	17976,83	22090,64
Determinación Potencia Neta Corregida									
$P_{Bruta, Corr}$	Pot. Bruta corregida	[kW]	4204,90	6695,48	9410,59	12234,44	15260,11	17976,83	22090,64
$P_{Neta, Corr (Unidad)}$	Potencia Neta corregida	[kW]	4204,85	6695,41	9410,50	12234,33	15259,98	17976,67	22090,44
Datos Combustible									
PCS	Poder Calorifico Superior	[kcal/kg]	10920,00	10920,00	10920,00	10920,00	10920,00	10920,00	10920,00
$C_{Combustible}$	Consumo de combustible	[kg/h]	3227,76	3750,58	4313,97	4947,37	5605,42	6212,05	7229,40
Cálculo Consumo Especifico Neto Medido									
CEN_{Med}	Consumo Específico Neto Medido	[kcal/kWh]	8382,96	6082,10	5007,44	4436,15	4054,49	3829,07	3629,48
Cálculo Consumo Especifico Neto Corregido									
CEN_{Corr}	Consumo Específico Neto Corregido	[kcal/kWh]	8382,51	6117,07	5005,96	4415,88	4011,22	3773,53	3573,72

Tabla 6.8 – Resumen general (2 de 2)

P: EE-2022-204/I: EE-EN-2023-0108/R: A
No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.
www.estudios-electricos.com

6.7 Incertidumbre

En la presente sección se presenta los resultados del cálculo de **Incertidumbre Total del Resultado (U_R)**, siguiendo los lineamientos establecidos en la norma ASME PTC 19.1 "Test Uncertainty", para el consumo específico neto de la unidad 1.

En las Tabla 6.9 a Tabla 6.13 se presenta el cálculo de incertidumbre para la **Consumo Específico Neto Corregido** considerando una certeza del 95%.

Cálculo de incertidumbre - Consumo Específico Neto - P = 4 MW										
Variable	Unidad	Promedio	Desviación estándar	N	ts,v - 95%	Error de medición (Bx)	Error aletorio (Sx)	Factor de sensibilidad (θ)	Incertidumbre sistémica (Bx*θ)	Incertidumbre aleatoria (Sx*θ*ts,v)
P_{bruta}	[MW]	4,26	0,028	1800	1,960	48,34	0,001	0,000	0,00	0,00
F.P.	-	0,97	0,007	1800	1,960	0,01	0,000	-1,994	13,66	0,39
P_{neta}	[MW]	4,20	0,027	1800	1,960	47,76	0,001	1235,949	-95,20	0,00
$C_{combustible}$	[kg/h]	3227,76	7,692	1800	1,960	0,00	0,181	2,597	0,00	0,92
								U_R	96,18	[kcal/kWh]

Tabla 6.9 – Cálculo de incertidumbre para el consumo específico neto corregido – Po = 4 MW

Cálculo de incertidumbre - Consumo Específico Neto - P = 6.8 MW										
Variable	Unidad	Promedio	Desviación estándar	N	ts,v - 95%	Error de medición (Bx)	Error aletorio (Sx)	Factor de sensibilidad (θ)	Incertidumbre sistémica (Bx*θ)	Incertidumbre aleatoria (Sx*θ*ts,v)
P_{bruta}	[MW]	6,80	0,033	1800	1,960	77,23	0,001	-0,002	-0,15	0,00
F.P.	-	0,99	0,005	1800	1,960	0,01	0,000	-0,914	2,99	0,06
P_{neta}	[MW]	6,73	0,033	1800	1,960	76,48	0,001	267,445	-69,88	0,00
$C_{combustible}$	[kg/h]	3750,58	11,386	1800	1,960	0,00	0,268	1,631	0,00	0,86
								U_R	69,95	[kcal/kWh]

Tabla 6.10 – Cálculo de incertidumbre para el consumo específico neto corregido – Po = 6.8 MW

Cálculo de incertidumbre - Consumo Específico Neto - P = 9.5 MW										
Variable	Unidad	Promedio	Desviación estándar	N	ts,v - 95%	Error de medición (Bx)	Error aletorio (Sx)	Factor de sensibilidad (θ)	Incertidumbre sistémica (Bx*θ)	Incertidumbre aleatoria (Sx*θ*ts,v)
P_{bruta}	[MW]	9,50	0,032	1800	1,960	107,89	0,001	-0,001	-0,13	0,00
F.P.	-	0,99	0,000	1800	1,960	0,01	0,000	-0,532	1,09	0,00
P_{neta}	[MW]	9,41	0,031	1800	1,960	106,85	0,001	97,350	-56,84	0,00
$C_{combustible}$	[kg/h]	4313,97	10,098	1800	1,960	0,00	0,238	1,160	0,00	0,54
								U_R	56,85	[kcal/kWh]

Tabla 6.11 – Cálculo de incertidumbre para el consumo específico neto corregido – Po = 9.5 MW

No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

Cálculo de incertidumbre - Consumo Específico Neto - P = 12.3 MW										
Variable	Unidad	Promedio	Desviación estándar	N	ts,v - 95%	Error de medición (Bx)	Error aletorio (Sx)	Factor de sensibilidad (θ)	Incertidumbre sistémica (Bx*θ)	Incertidumbre aleatoria (Sx*θ*ts,v)
P_{bruta}	[MW]	12,29	0,034	1800	1,960	139,56	0,001	0,000	0,00	0,00
F.P.	-	0,99	0,000	1800	1,960	0,01	0,000	-0,361	0,50	0,00
P_{neta}	[MW]	12,18	0,033	1800	1,960	138,32	0,001	44,351	-49,93	0,00
$C_{combustible}$	[kg/h]	4947,37	4,897	1800	1,960	0,00	0,115	0,893	0,00	0,20
								U_R	49,93	[kcal/kWh]

Tabla 6.12 – Cálculo de incertidumbre para el consumo específico neto corregido – Po = 12.3 MW

Cálculo de incertidumbre - Consumo Específico Neto - P = 15.1MW										
Variable	Unidad	Promedio	Desviación estándar	N	ts,v - 95%	Error de medición (Bx)	Error aletorio (Sx)	Factor de sensibilidad (θ)	Incertidumbre sistémica (Bx*θ)	Incertidumbre aleatoria (Sx*θ*ts,v)
P_{bruta}	[MW]	15,23	0,032	1800	1,960	172,98	0,001	0,000	0,00	0,00
F.P.	-	0,99	0,000	1800	1,960	0,01	0,000	-0,263	0,27	0,00
P_{neta}	[MW]	15,10	0,029	1800	1,960	171,47	0,001	24,087	-45,07	0,00
$C_{combustible}$	[kg/h]	5605,42	6,875	1800	1,960	0,00	0,162	0,716	0,00	0,23
								U_R	45,07	[kcal/kWh]

Tabla 6.13 – Cálculo de incertidumbre para el consumo específico neto corregido – Po = 15.1 MW

Cálculo de incertidumbre - Consumo Específico Neto - P = 17.9MW										
Variable	Unidad	Promedio	Desviación estándar	N	ts,v - 95%	Error de medición (Bx)	Error aletorio (Sx)	Factor de sensibilidad (θ)	Incertidumbre sistémica (Bx*θ)	Incertidumbre aleatoria (Sx*θ*ts,v)
P_{bruta}	[MW]	17,88	0,033	1800	1,960	203,05	0,001	0,000	-0,02	0,00
F.P.	-	0,99	0,000	1800	1,960	0,01	0,000	-0,210	0,18	0,00
P_{neta}	[MW]	17,72	0,029	1800	1,960	201,21	0,001	15,571	-42,24	0,00
$C_{combustible}$	[kg/h]	6212,05	5,069	1800	1,960	0,00	0,119	0,607	0,00	0,14
								U_R	42,24	[kcal/kWh]

Tabla 6.14 – Cálculo de incertidumbre para el consumo específico neto corregido – Po = 17.9 MW

Cálculo de incertidumbre - Consumo Específico Neto - P = 21.8MW										
Variable	Unidad	Promedio	Desviación estándar	N	ts,v - 95%	Error de medición (Bx)	Error aletorio (Sx)	Factor de sensibilidad (θ)	Incertidumbre sistémica (Bx*θ)	Incertidumbre aleatoria (Sx*θ*ts,v)
P_{bruta}	[MW]	21,95	0,036	1800	1,960	249,30	0,001	0,000	0,00	0,00
F.P.	-	0,99	0,000	1800	1,960	0,01	0,000	-0,162	0,11	0,00
P_{neta}	[MW]	21,75	0,035	1800	1,960	247,04	0,001	9,427	-39,97	0,00
$C_{combustible}$	[kg/h]	7229,40	7,357	1800	1,960	0,00	0,173	0,494	0,00	0,17
								U_R	39,97	[kcal/kWh]

Tabla 6.15 – Cálculo de incertidumbre para el consumo específico neto corregido – Po = 21.8 MW

No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

7 CONCLUSIONES

Se realizó con éxito la prueba de Consumo Específico de la **Central Térmica Horcones** utilizando combustible diésel.

La unidad bajo prueba logra controlar su potencia de manera estable desde la sincronización hasta el fin de las pruebas.

En la siguiente tabla se presentan los valores finales de **Consumo Específico Neto Medido** y de **Consumo Específico Neto Corregido** para la unidad U1 de la **Central Térmica Horcones** utilizando combustible diésel:

Resumen de resultados Central Térmica Horcones			
Consumo Específico Neto (CEN)	**4 MW (mínimo técnico)**	CEN Medido [kcal/kWh]	8382.96
		CEN Corregido [kcal/kWh]	**8382.51**
	6.8 MW	CEN Medido [kcal/kWh]	6082.10
		CEN Corregido [kcal/kWh]	**6117.07**
	9.5 MW	CEN Medido [kcal/kWh]	5007.44
		CEN Corregido [kcal/kWh]	**5005.96**
	12.3 MW	CEN Medido [kcal/kWh]	4436.15
		CEN Corregido [kcal/kWh]	**4415.88**
	15.1 MW	CEN Medido [kcal/kWh]	4054.49
		CEN Corregido [kcal/kWh]	**4011.22**
	17.9 MW	CEN Medido [kcal/kWh]	3829.07
		CEN Corregido [kcal/kWh]	3773.53
	21.8 MW (plena carga)	CEN Medido [kcal/kWh]	3629.48
		CEN Corregido [kcal/kWh]	**3573.72**

No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

8 NORMATIVA

- Anexo Técnico: “Determinación de Consumos Específicos de unidades generadoras”
- Norma ASME PTC 22 “Performance Test Code on Gas Turbines”
- Norma ASME PTC 19.1 “Test Uncertainty”

No se autorizan copias del presente documento sin
autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

9 ANEXOS

9.1 Hoja de datos del generador

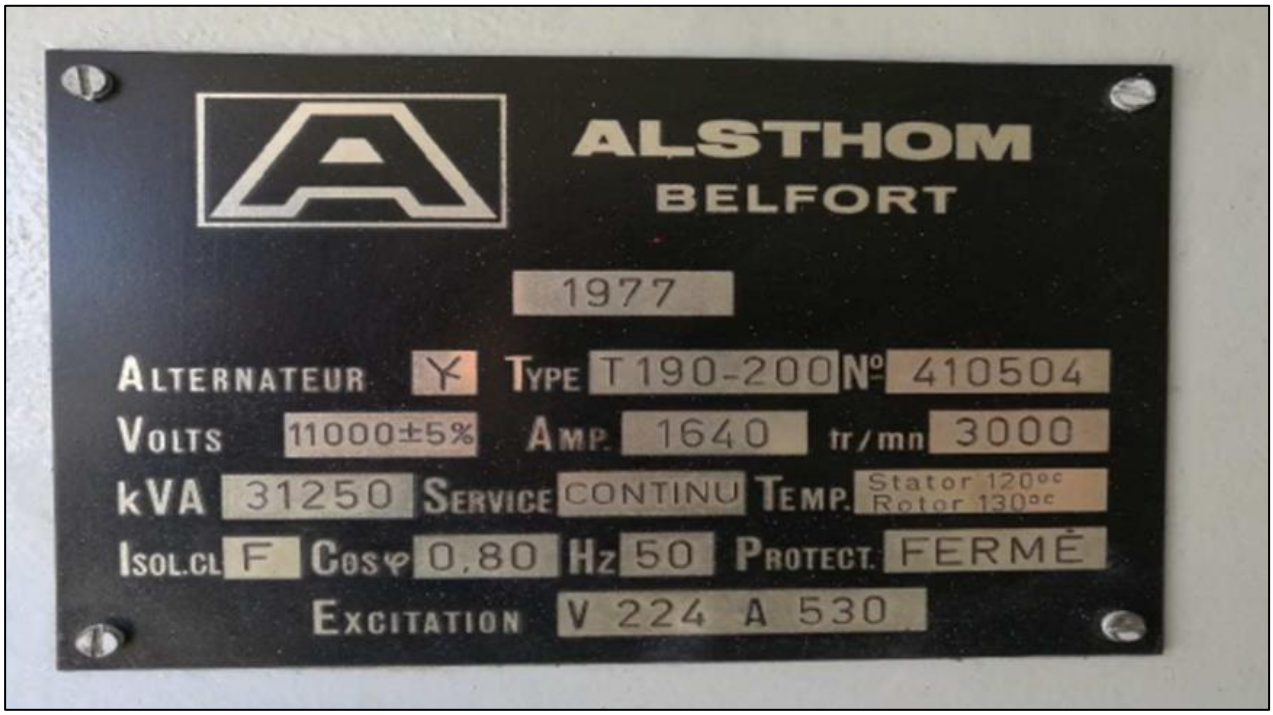


Figura 9.1 – Placa de datos del generador

Figura 9.2 – Placa de datos de turbina

No se autorizan copias del presente documento sin
autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

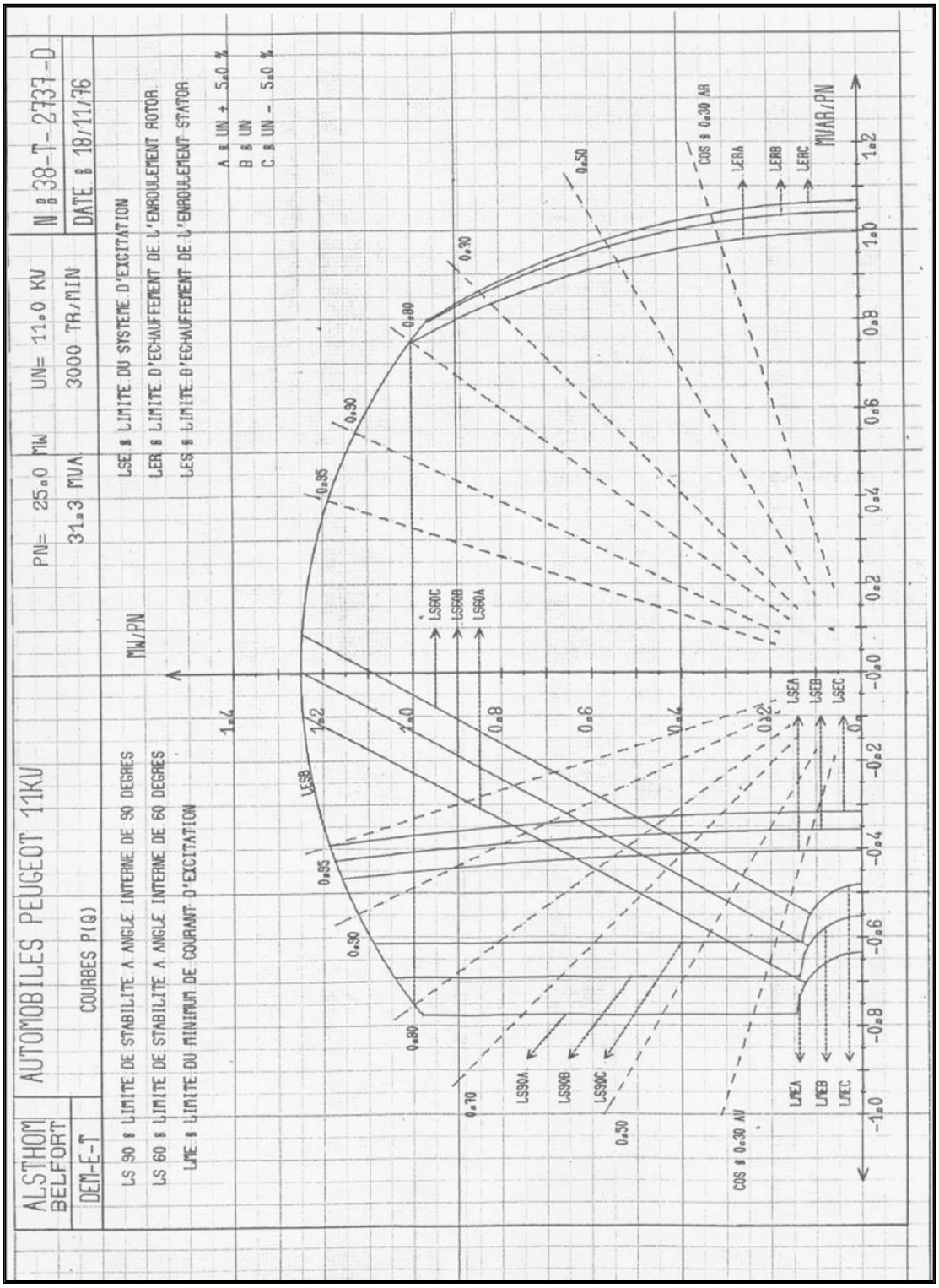


Figura 9.3 – Curva de capacidad

No se autorizan copias del presente documento sin
autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

9.2 Puntos de medición

9.2.1 Potencia bruta

Para la medición de potencia bruta se utilizará el medidor ION 8600, que el Coordinado tiene en sus instalaciones. Para las mediciones ha informado que utilizará los transformadores TTCC y TTPP que el generador tiene de fábrica, de clase 0.5 y 1.0 respectivamente.

Se presenta en la Figura 9.4 el unilineal de la unidad, donde se identifican los transformadores de medida en bornes de la unidad. El recuadro verde muestra el punto de medición de corriente, en tanto, el recuadro azul muestra el punto de medición de tensión.

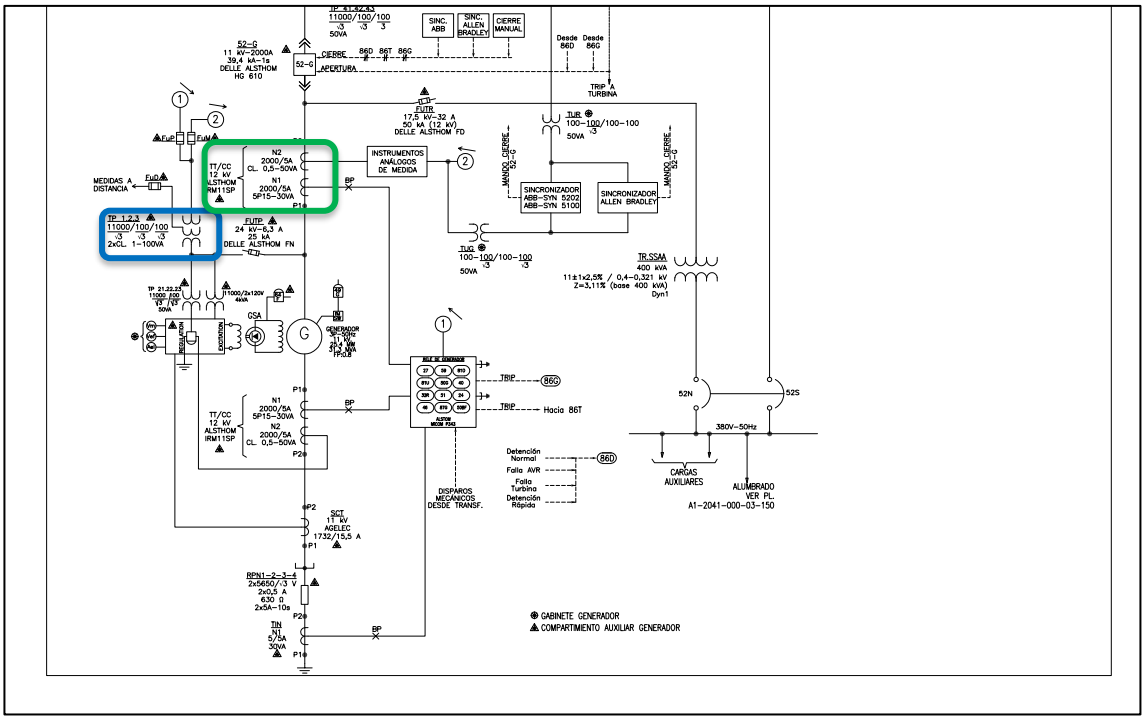


Figura 9.4 – Unilineal TG Horcones U1

No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

TTPP 21, TTPP 22 Y TTPP 23

MARCA : SCHLUMBERGER
SERIE : ZR2 N°132294
S1-S2 : $11000/\sqrt{3}$ / $100/\sqrt{3}$
POTENCIA : 50 VA
CLASE : 1
AISLACIÓN : 24/50/125 KV.

Figura 9.5 – Datos de placa de TTPP para medición de potencia bruta

TTCC TI2S1, TTCC TI2S2, TTCC TI2S3, TTCC TI2E1, TTCC TI2E2 y TTCC TI2E3

MARCA : ALSTHOM SAVOISIENNE
TIPO : IRM11SP
NORMA : UTE
FRECUENCIA: 50 Hz
Cde : T-6965.16
N° : 11
V isol : 12 KV
Iech : IN
Kn : 2000 / 5-5 A
1S1-1S2 : 50 VA
CLASE : 0,5
2S1-2S2 : 50 VA
CLASE : 0,5

Figura 9.6 – Datos de placa de TTCC para medición de potencia bruta

En las Figura 9.7 y Figura 9.8 se muestran los diagramas trifilares del punto de medición de potencia bruta. En ellos, se muestra la conexión de los circuitos secundarios de tensión y corriente con el medidor ION8600 respectivamente.

No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

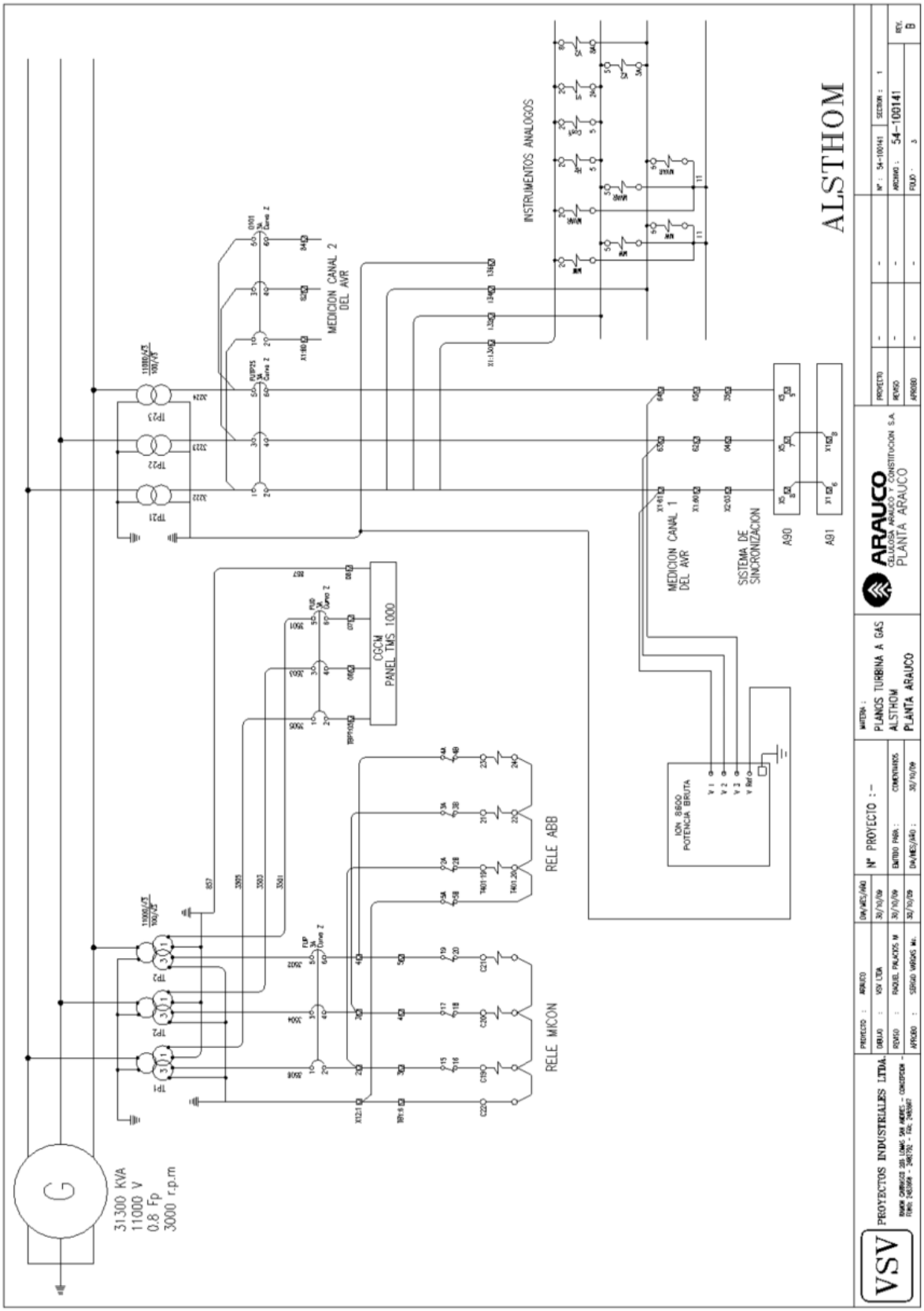


Figura 9.7 – Diagrama trifilar – Medición de tensión para potencia bruta

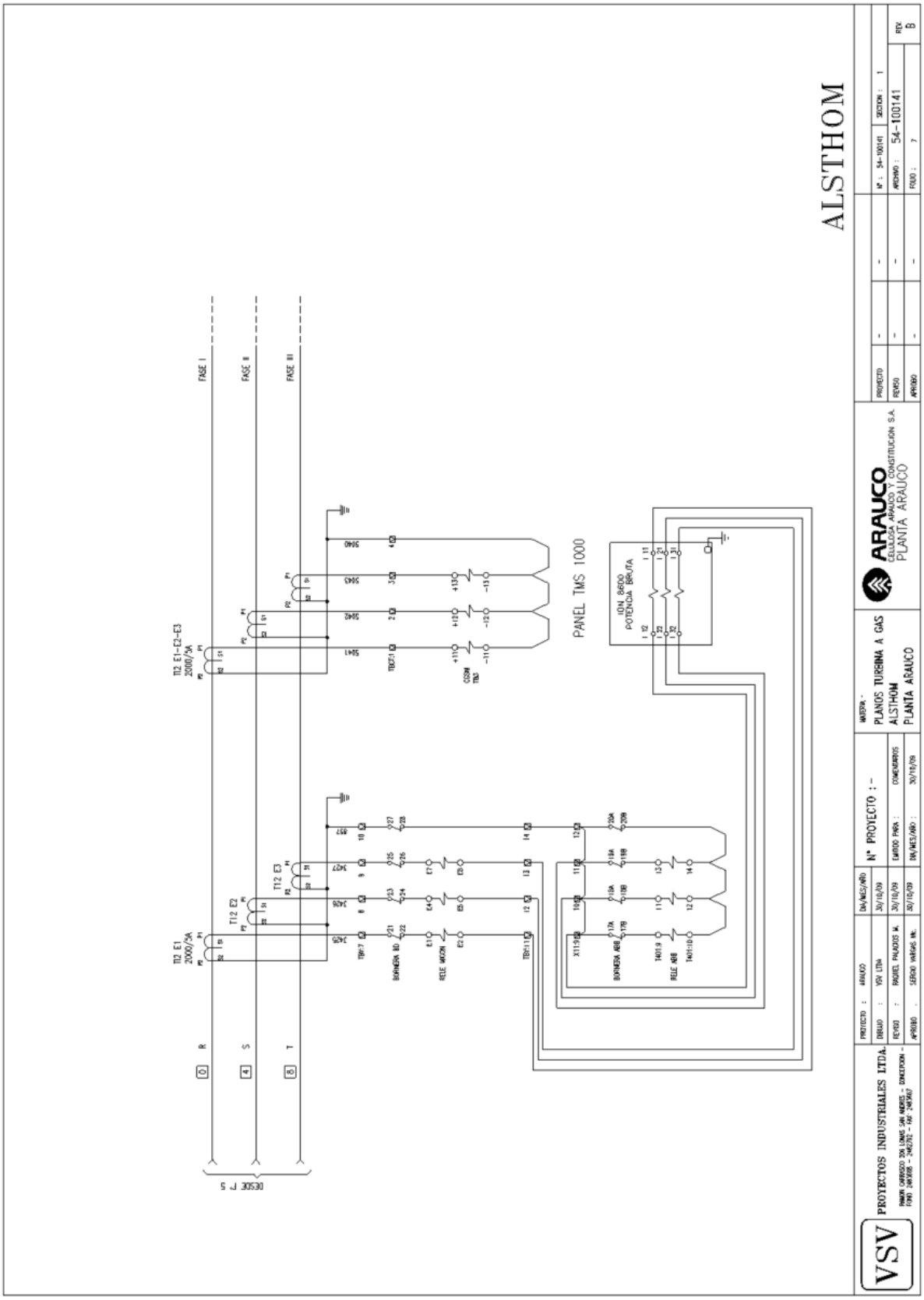


Figura 9.8 – Diagrama trifilar – Medición de corriente para potencia bruta

9.2.2 Potencia neta

Para la medición de potencia neta se utilizará el medidor ION 8650, que el Coordinado tiene en sus instalaciones. El equipo se conecta a los núcleos de los transformadores de corriente y tensión de clase 0.2. La relación de transformación del TTCC es 400/5 A y la relación del TTPP es de 66000/110 V.

Previo al desarrollo de las pruebas, el Coordinado entregará:

- Unilineal general donde se pueden identificar los puntos de medición de potencia neta.
- Fotos de placa, relación y clase de precisión de los transformadores TTCC y TTPP
- Diagrama trifilar donde se pueda identificar la ubicación de los transformadores TTCC y TTPP, diagrama de conexiones y borneras de conexionado del medidor de potencia neta.

Estos antecedentes serán presentados junto al acta de pruebas y adjuntados en el Informe Técnico final.

No se autorizan copias del presente documento sin
autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

9.2.3 Humedad relativa y Temperatura ambiente

Para la medición de humedad relativa y temperatura ambiente el Coordinado utilizará un equipo portátil “Oregon Scientific”. Los antecedentes técnicos se pueden apreciar en el certificado de calibración compartido, el cual se presenta en la siguiente sección.

No se autorizan copias del presente documento sin
autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

9.2.4 Consumo de combustible

El consumo de combustible diésel será medido con instrumental calibrado, propiedad del Coordinado, y se determinará a partir de la medición directa del caudalímetro (TAG FT017), el cual registra el flujo a la entrada al divisor de combustible.

En la siguiente pantalla de operación se detalla la ubicación del instrumento.

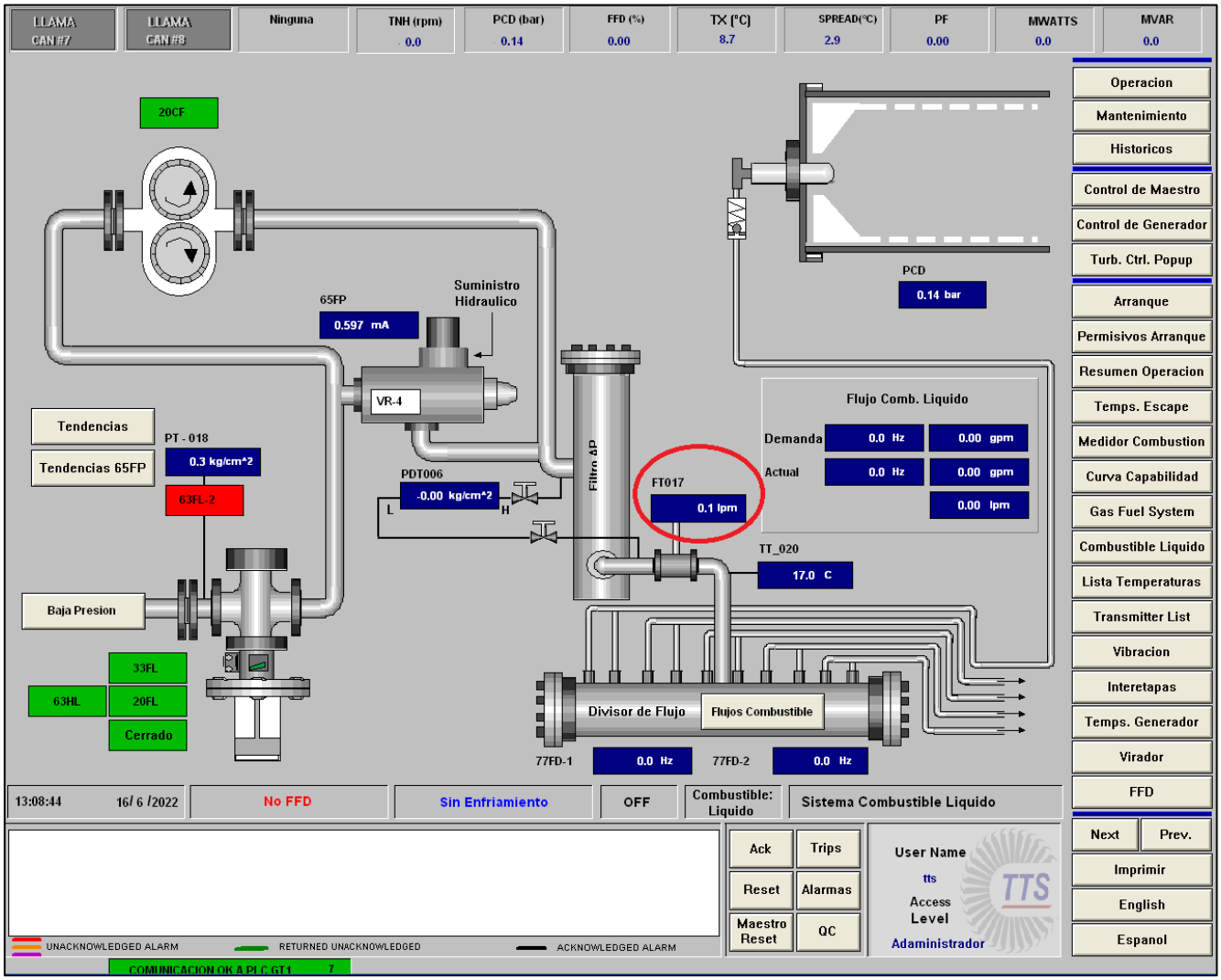


Figura 9.9 – Ubicación caudalímetro

No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

9.3 Certificados de calibración de instrumentos de medición

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

9.3.1 Potencia bruta/FP

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

El Coordinado ha realizado pruebas de certificación de este equipo previo al desarrollo de las pruebas. A continuación, se incluyen el certificado de calibración.

Los registros de datos se realizarán con una tasa de muestreo cada 1 segundo y serán entregados en formato csv.

No se autorizan copias del presente documento sin
autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

TECNET
Grupo EZENTIS

INFORME DE ENSAYO

CERTIFICADO DE COMPROBACIÓN DE EXACTITUD DE MEDIDOR.

Tecnet S. A., Organismo de Comprobación de Exactitud de Medidores de Energía Eléctrica, según resoluciones exentas SEC Nº 219 del 19 de Febrero de 2001.

Certificado N° **CVM TDO1725 16 - 08**

1. ANTECEDENTES DEL CLIENTE.

Razón Social	CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION S.A.
Dirección	El Golf N°150 Piso 14, Las Condes
Ciudad	Santiago
Orden de Compra	
Fecha de Solicitud	02/08/2021

2. CARACTERÍSTICAS MEDIDOR DE ENERGÍA.

Marca	Schneider Electric
Modelo	ION8600
Nº de Serie	PT-0805A088-01
Tensión Nominal	3 x 57 - 277 V L-N
Corriente	3 x 5(20) A
Frecuencia	50 Hz.
Constante	1,8 Wh/Imp
Año Fabricación	2008
Clase Exactitud Activo	± 0,2s %
Clase Exactitud Reactivo	± 2%
Constante Lectura	1
Lectura Dejada Activo	0,00 kWh
Lectura Dejada Reactivo	0,00 kVARh
Estado	usado

3. OBSERVACIONES.

El equipo patrón utilizado cuenta con su Certificado de Calibración vigente y ha sido calibrado y trazado al Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado sólo puede ser difundido integro y sin modificaciones ni enmiendas.

Este certificado es válido sólo con firma y timbre.

Medidor se entrega con logo y sello TECNET.

Responsables de las pruebas de comprobación:

Jaime Cisternas R.
15.172.328-4

09/08/2021
Fecha

CERTIFICACION - COMPROBACION TECNET REG. SEC. Nº 16 EXACTITUD
Timbre

Página 1 de 3

Avda. Las Parcelas N°5490
Estación Central
Santiago de Chile
+56 (2) 27702835
www.tecnet.cl

Figura 9.10 – Certificado de calibración de medidor de potencia bruta (1 de 3)

No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

TECNET
Grupo EZENTIS

4. CONDICIONES DE LA COMPROBACIÓN DE EXACTITUD.

4.1. LUGAR DE ENSAYO.

Lugar	Laboratorio de Tecnet.
Fecha ejecución	06.08.21.
Realizó	Jaime Cisternas R.
Procedimiento aplicado	PR-GM-17, IN-GM-04

4.2. CARACTERÍSTICAS PATRÓN.

Marca	MTE
Modelo	PTS 3,3C
Clase	± 0.05 %
N° serie	37308

4.3. CONDICIÓN DE MEDIDA.

Tipo de Medida	Directa
Temperatura	Ambiente
Humedad	Ambiente
Voltaje Nomina	110 (V)
Corriente Nominal (In)	5 (A)
Frecuencia	50 Hz

4.4. TRATAMIENTO SELLOS MEDIDOR.

	Encontrados.	Dejados.
block	*	*
Bornes	*	*
Reset	*	TECNET 198680

4.5. PRUEBAS DE COMPROBACIÓN EXACTITUD.

La interpretación de los resultados de las pruebas se realizaron tomando como referencia los requisitos establecidos en las normas técnicas de medidores vigentes.

El error relativo calculado está referido a la energía activa o reactiva, según corresponda.

A continuación se presentan los resultados de las pruebas realizadas para comprobar la exactitud del medidor de energía indentificado en punto 2.

Avda. Las Parcelas N°5490
Estación Central
Santiago de Chile
+56 (2) 27702835
www.tecnet.cl

CERTIFICACION - COMPROBACION TECNET REG. SEC. N° 16 EXACTITUD
Timbre

Página 2 de 3

Figura 9.11 – Certificado de calibración de medidor de potencia bruta (2 de 3)

No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

TECNET
Grupo EZENTIS

4.5.1. TABLA ERRORES MODO ENERGÍA ACTIVA.

PRUEBAS TRIFÁSICAS A VOLTAJE NOMINAL							
Elemento	Carga %	FP	Error %				Límite Norma %
			Modo Directo		Modo Inverso		
			Inicial	Final	Inicial	Final	
1-2-3	100	1	-0.147	-0.147	-0.163	-0.163	± 0,2
1-2-3	100	0.5	-0.149	-0.149	-0.171	-0.171	± 0,3
1-2-3	10	1	-0.156	-0.156	-0.17	-0.170	± 0,2
1-2-3	10	0.5	-0.193	-0.193	-0.197	-0.197	± 0,3

PRUEBAS POR ELEMENTO A VOLTAJE NOMINAL							
Elemento	Carga %	FP	Error %				Límite Norma %
			Modo Directo		Modo Inverso		
			Inicial	Final	Inicial	Final	
1	100	1	-0.136	-0.136	-0.261	-0.261	± 0,3
2	100	1	-0.17	-0.170	-0.279	-0.279	± 0,3
3	100	1	-0.142	-0.142	0.084	0.084	± 0,3
1	100	0.5	-0.168	-0.168	-0.181	-0.181	± 0,4
2	100	0.5	-0.193	-0.193	-0.198	-0.198	± 0,4
3	100	0.5	-0.089	-0.089	-0.12	-0.120	± 0,4

4.5.2. TABLA ERRORES CON ENERGÍA REACTIVA.

PRUEBAS TRIFÁSICAS A VOLTAJE NOMINAL							
Elemento	Carga %	SenØ	Error %				Límite Norma %
			Modo Directo		Modo Inverso		
			Inicial	Final	Inicial	Final	
1-2-3	100	1	-0.184	-0.184	-0.189	-0.189	± 2,0
1-2-3	100	0.5	-0.179	-0.179	-0.185	-0.185	± 2,0
1-2-3	10	1	-0.193	-0.193	-0.208	-0.208	± 2,0
1-2-3	10	0.5	-0.163	-0.163	-0.187	-0.187	± 2,0

PRUEBAS POR ELEMENTO A VOLTAJE NOMINAL							
Elemento	Carga %	SenØ	Error %				Límite Norma %
			Modo Directo		Modo Inverso		
			Inicial	Final	Inicial	Final	
1	100	1	-0.157	-0.157	-0.172	-0.172	± 3,0
2	100	1	-0.234	-0.234	-0.231	-0.231	± 3,0
3	100	1	-0.166	-0.166	-0.191	-0.191	± 3,0
1	100	0.5	-0.155	-0.155	-0.176	-0.176	± 3,0
2	100	0.5	-0.223	-0.223	-0.268	-0.268	± 3,0
3	100	0.5	-0.202	-0.202	-0.162	-0.162	± 3,0

4.6. PRUEBA DE ARRANQUE.

No Realizada.

4.7. PRUEBA DE MARCHA EN VACÍO.

No Realizada.

5. CONCLUSIONES.

Tecnet S.A. certifica la exactitud de la medida del medidor de energía sujeto a pruebas, según los errores indicados en este Informe de Ensayo.

El medidor en su módulo Activo, Cumple con los límites de exactitud especificados para su clase, según lo establecido en la norma IEC 62053-22 :2003.

El medidor en su módulo Reactivo, Cumple con los límites de exactitud especificados para su clase, según lo establecido en la norma IEC 62053-23 :2003.

El medidor en su placa de caracteristicas, cumple con los requisitos de marcado, según lo establecido en la norma IEC 62052-11 :2003.

CERTIFICACION - COMPROBACION
TECNET
REG. SEC. Nº 16
EXACTITUD
Timbre

Avda. Las Parcelas Nº5490
Estación Central
Santiago de Chile
+56 (2) 27702835
www.tecnet.cl

Página 3 de 3

Figura 9.12 – Certificado de calibración de medidor de potencia bruta (3 de 3)

No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

9.3.2 Potencia neta

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

El Coordinado ha realizado pruebas de certificación de este equipo previo al desarrollo de las pruebas. A continuación, se incluyen el certificado de calibración.

Los registros de datos se realizarán con una tasa de muestreo cada 1 segundo y serán entregados en formato csv.

No se autorizan copias del presente documento sin
autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

TECNET
Grupo EZENTIS

INFORME DE ENSAYO

CERTIFICADO DE COMPROBACIÓN DE EXACTITUD DE MEDIDOR.

Tecnet S. A., Organismo de Comprobación de Exactitud de Medidores de Energía Eléctrica, según resoluciones exentas SEC Nº 219 del 19 de Febrero de 2001.

Certificado N° **CVM-TD01766 - 16 - 08**

1. ANTECEDENTES DEL CLIENTE.

Razón Social	CELULOSA ARAUCO Y CONSTITUCION S.A.
Dirección	El Golf N°150 Piso 14, Las Condes
Ciudad	SANTIAGO
Orden de Compra	
Fecha de Solicitud	31/03/2022

2. CARACTERÍSTICAS MEDIDOR DE ENERGÍA.

Marca	Schneider Electric
Modelo	ION8650
Nº de Serie	MW-2103A298-02
Tensión Nominal	3 x 57 - 277 V L-N
Corriente	3 x 5(20) A
Frecuencia	50 Hz.
Constante	1,8 Wh/Imp
Año Fabricación	2021
Clase Exactitud Activo	± 0,2s %
Clase Exactitud Reactivo	± 2%
Constante Lectura	1
Lectura Dejada Activo	00,00 kWh
Lectura Dejada Reactivo	00,00 kVARh
Estado	Nuevo

3. OBSERVACIONES.

El equipo patrón utilizado cuenta con su Certificado de Calibración vigente y ha sido calibrado y trazado al Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado sólo puede ser difundido integro y sin modificaciones ni enmiendas.

Este certificado es válido sólo con firma y timbre.

Medidor se entrega con logo y sello TECNET.

Responsables de las pruebas de comprobación:

Jaime Cisternas R.
15.172.328-4

06/05/2022
Fecha

CERTIFICACION - COMPROBACION TECNET REG. SEC. Nº 16 EXACTITUD
Timbre

Avda. Las Parcelas N°5490
Estación Central
Santiago de Chile
+56 (2) 27702835
www.tecnet.cl

Página 1 de 3

Figura 9.13 – Certificado de calibración de medidor de Potencia neta (1 de 3)

No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

TECNET
Grupo EZENTIS

4. CONDICIONES DE LA COMPROBACIÓN DE EXACTITUD.

4.1. LUGAR DE ENSAYO.

Lugar	Laboratorio de Tecnet
Fecha ejecución	06.05.22.
Realizó	Jaime Cisternas R.
Procedimiento aplicado	PR-GM-17, IN-GM-04

4.2. CARACTERÍSTICAS PATRÓN.

Marca	MTE
Modelo	PTS 3,3C
Clase	± 0.05 %
N° serie	37308

4.3. CONDICIÓN DE MEDIDA.

Tipo de Medida	Directa
Temperatura	Ambiente
Humedad	Ambiente
Voltaje Nomina	110 (V)
Corriente Nominal (In)	5 (A)
Frecuencia	50 Hz

4.4. TRATAMIENTO SELLOS MEDIDOR.

	Encontrados.	Dejados.
Cubierta	S/S	TECNET 198697
Bornes	*	*
Reset	*	TECNET 198670

4.5. PRUEBAS DE COMPROBACIÓN EXACTITUD.

La interpretación de los resultados de las pruebas se realizaron tomando como referencia los requisitos establecidos en las normas técnicas de medidores vigentes.

El error relativo calculado está referido a la energía activa o reactiva, según corresponda.

A continuación se presentan los resultados de las pruebas realizadas para comprobar la exactitud del medidor de energía indentificado en punto 2.

Avda. Las Parcelas N°5490
Estación Central
Santiago de Chile
+56 (2) 27702835
www.tecnet.cl

CERTIFICACION · COMPROBACION
TECNET
REG. SEC. N° 16
EXACTITUD
Timbre

Página 2 de 3

Figura 9.14 – Certificado de calibración de medidor de Potencia neta (2 de 3)

No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

TECNET
Grupo EZENTIS

4.5.1. TABLA ERRORES MODO ENERGÍA ACTIVA.

PRUEBAS TRIFÁSICAS A VOLTAJE NOMINAL							
Elemento	Carga %	FP	Error %				Límite Norma %
			Modo Directo		Modo Inverso		
			Inicial	Final	Inicial	Final	
1-2-3	100	1	-0.047	-0.047	-0.051	-0.051	± 0,2
1-2-3	100	0.5	-0.042	-0.042	-0.036	-0.036	± 0,3
1-2-3	10	1	-0.034	-0.034	-0.047	-0.047	± 0,2
1-2-3	10	0.5	-0.093	-0.093	-0.021	-0.021	± 0,3

PRUEBAS POR ELEMENTO A VOLTAJE NOMINAL							
Elemento	Carga %	FP	Error %				Límite Norma %
			Modo Directo		Modo Inverso		
			Inicial	Final	Inicial	Final	
1	100	1	-0.055	-0.055	-0.064	-0.064	± 0,3
2	100	1	-0.050	-0.050	-0.055	-0.055	± 0,3
3	100	1	-0.025	-0.025	-0.029	-0.029	± 0,3
1	100	0.5	-0.085	-0.085	-0.061	-0.061	± 0,4
2	100	0.5	-0.102	-0.102	-0.071	-0.071	± 0,4
3	100	0.5	0.000	0.000	-0.057	-0.057	± 0,4

4.5.2. TABLA ERRORES CON ENERGÍA REACTIVA.

PRUEBAS TRIFÁSICAS A VOLTAJE NOMINAL							
Elemento	Carga %	SenØ	Error %				Límite Norma %
			Modo Directo		Modo Inverso		
			Inicial	Final	Inicial	Final	
1-2-3	100	1	-0.048	-0.048	-0.048	-0.048	± 2,0
1-2-3	100	0.5	-0.046	-0.046	#¡REF!	#¡REF!	± 2,0
1-2-3	10	1	-0.064	-0.064	-0.055	-0.055	± 2,0
1-2-3	10	0.5	-0.017	-0.017	-0.033	-0.033	± 2,0

PRUEBAS POR ELEMENTO A VOLTAJE NOMINAL							
Elemento	Carga %	SenØ	Error %				Límite Norma %
			Modo Directo		Modo Inverso		
			Inicial	Final	Inicial	Final	
1	100	1	-0.035	-0.035	-0.063	-0.063	± 3,0
2	100	1	-0.071	-0.071	-0.041	-0.041	± 3,0
3	100	1	-0.010	-0.010	-0.050	-0.050	± 3,0
1	100	0.5	-0.021	-0.021	-0.093	-0.093	± 3,0
2	100	0.5	-0.049	-0.049	-0.046	-0.046	± 3,0
3	100	0.5	0.027	0.027	-0.031	-0.031	± 3,0

4.6. PRUEBA DE ARRANQUE.

El medidor, para el ensayo de arranque, cumple con lo establecido en la norma IEC 62053-22.

4.7. PRUEBA DE MARCHA EN VACÍO.

El medidor, para el ensayo de marcha en vacío, cumple con lo establecido en la norma IEC 62053-22.

5. CONCLUSIONES.

Tecnet S.A. certifica la exactitud de la medida del medidor de energía sujeto a pruebas, según los errores indicados en este Informe de Ensayo.

El medidor en su módulo Activo, Cumple con los límites de exactitud especificados para su clase, según lo establecido en la norma IEC 62053-22 :2003.

El medidor en su módulo Reactivo, Cumple con los límites de exactitud especificados para su clase, según lo establecido en la norma IEC 62053-23 :2003.

El medidor en su placa de caracteristicas, cumple con los requisitos de marcado, según lo establecido en la norma IEC 62052-11 :2003.
El Tiempo de duracion del set de pruebas fue de 55 minutos en total.

CERTIFICACION - COMPROBACION
TECNET
REG. SEC. Nº 16
EXACTITUD
Timbre

Avda. Las Parcelas Nº5490
Estación Central
Santiago de Chile
+56 (2) 27702835
www.tecnet.cl

Página 3 de 3

Figura 9.15 – Certificado de calibración de medidor de Potencia neta (3 de 3)

No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

9.3.3 Humedad relativa y Temperatura ambiente

Se presenta continuación el certificado de calibración de estación meteorológica. Se muestra la verificación de mediciones de humedad relativa y temperatura ambiente, variables que son utilizadas en la determinación del valor de consumo específico neto de la unidad.

No se autorizan copias del presente documento sin
autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

veto
PRECISION A SU MEDIDA.

CERTIFICADO DE CALIBRACION LABC-TE-4311

Laboratorio de calibración - Magnitud Humedad Y Temperatura

SISTEMA NACIONAL DE ACREDITACION
INN - CHILE
Acreditación LC 105

Guía de Laboratorio: 35048 | F-LABC-44 (Rev. 00) | Fecha de Emisión: 28-09-2021

IDENTIFICACION DEL CLIENTE

Nombre	:	**INSTRUMENTACION, FUERZA Y CONTROL SPA**
Dirección	:	Jardin de Lys # 340 - Concepción

IDENTIFICACION DEL ÍTEM

Descripción	:	Termohigrómetro
Marca o fabricante	:	Oregon Scientific
Modelo	:	FAW101-R / THGR228NF
N° de serie	:	351930252
Id. del cliente	:	Sin información
Rango	:	25 a 95 %HR / -5 a 50 °C
Mínima División de escala	:	1 %HR / 0,1 °C

CONDICIONES DE CALIBRACION

Fecha de calibración	:	24 y 27 de septiembre de 2021
Etiqueta de calibración	:	23597 / 23598
Procedimiento de referencia	:	P-LABC-15 v.04 / TH.007(E.D.1) ; P-LABC-13 v.04 / TH.007(E.D.1)
Lugar de calibración	:	Laboratorio de calibración Veto y Cía. Ltda.

CONDICIONES AMBIENTALES

Temperatura	:	(25 ± 1) °C
Humedad relativa	:	(27 ± 2) %HR

PATRON UTILIZADO		Patrón Humedad	Patrón Temperatura
Descripción	:	Indicador digital / Sensor	Indicador digital / Sensor
Marca	:	Vaisala	Vaisala
Modelo	:	MI70 / HMP77B	MI70 / HMP77B
N° de serie	:	N1940016 / N2130593	N1940016 / N2130593
Código interno	:	HU-PR-04 / HU-PR-05	HU-PR-04 / HU-PR-05

TRAZABILIDAD DE LA CALIBRACION			
Laboratorio emisor	:	LCPN-H	Veto y Cia. Ltda.
N° de certificado	:	H00371	LABC-TE-4234
Vigencia Patrón	:	Agosto 2022	Agosto 2022

Fabián González Donoso
Técnico

Sello del Laboratorio

Mauricio Soto Viveros
Jefe de Laboratorio

Laboratorio de Calibración Veto y Cía. Ltda. - Calle Nueva # 1564, Parronal de Huechuraba, Huechuraba, Región Metropolitana - F: 56 2 23554438 - www.veto.cl

Página 1 de 2

Figura 9.16 – Certificado de calibración de estación meteorológica (1 de 2)

No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

veto
PRECISION A SU MEDIDA.

LABC-TE-4311
Laboratorio de calibración - Magnitud Humedad Y Temperatura

SISTEMA NACIONAL DE ACREDITACION
INN - CHILE
Acreditación LC 105

Guía de Laboratorio: 35048 Fecha de Emisión: 28-09-2021

RESULTADOS

Humedad Relativa

Indicación Patrón	Indicación Ítem	Error de medición	Incertidumbre expandida
%HR	%HR	%HR	%HR
32,4	23,0	-9,4	3,5
52,0	33,0	-19,0	3,5
72,6	49,0	-23,6	3,5

Temperatura Ambiental

Indicación Patrón	Indicación Ítem	Error de medición	Incertidumbre expandida
°C	°C	°C	°C
9,7	10,8	1,1	1,5
24,7	23,7	-1,0	1,5
40,0	39,8	-0,2	1,5

El factor de cobertura utilizado en la estimación de la incertidumbre es de k=2 correspondiente a un nivel de confianza del 95%.
Los patrones utilizados en la calibración cuentan con trazabilidad a patrones nacionales, los que a su vez están referidos a patrones primarios los cuales materializan las unidades del Sistema Internacional de Unidades (SI).
Los resultados de la calibración están referidos al momento y condiciones en las cuales fueron efectuadas las mediciones, y están relacionados solo con el ítem calibrado.
El cliente es responsable de calibrar el instrumento a intervalos que estime apropiados.
Este certificado no puede ser reproducido en forma parcial o total sin la autorización del laboratorio.

FIN DEL CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de Calibración Veto y Cía. Ltda. - Calle Nueva # 1564, Parronal de Huechuraba, Huechuraba, Región Metropolitana - F: 56 2 23554438 - www.veto.cl Página 2 de 2

Figura 9.17 – Certificado de calibración de estación meteorológica (2 de 2)

No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

9.3.4 Consumo de combustible

El consumo de combustible diésel será medido con instrumental calibrado, propiedad del Coordinado, y se determinará a partir de la medición directa del caudalímetro (TAG FT017), el cual registra el flujo a la entrada al divisor de combustible.

Se presenta a continuación el certificado de calibración del instrumento.

No se autorizan copias del presente documento sin
autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

Endress+Hauser
People for Process Automation

Calibración de caudal con ajuste

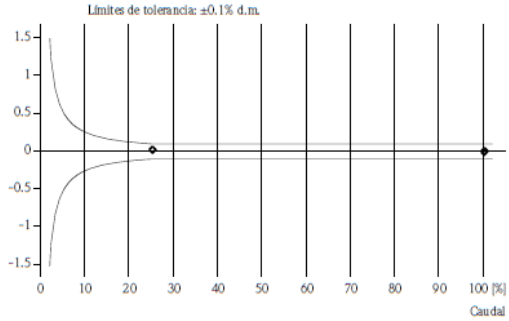
60031474-5859764

3033519696	FCP-8.C
Nº de orden de compra	Banco de calibración
CL-3006899879-10 / Endress+Hauser Flowtec	9000 kg/h (≙ 100 %)
Nº de pedido/Fabricante	Valor final de calibración
8F3B40-151C4/0	Interfase de servicio
Código de pedido	Salida calibrada
Promass F 300 1 1/2"	1.9296
Sensor/Transmisor	Factor de calibración
T1001492000	32.5
Nº de serie	Punto cero
066-FIT-017	29.5 °C
Nº Tag	Temperatura del agua

Caudal [%]	Caudal [kg/h]	Tiempo [s]	m ref. [kg]	m med. [kg]	Δ d.m.* [%]	Salida** [mA]
25.0	2253.56	35.2	22.007	22.013	0.02	8.01
25.0	2253.78	35.2	22.011	22.016	0.02	8.01
100.2	9018.17	30.2	75.544	75.537	-0.01	20.03
100.3	9022.10	30.2	75.694	75.702	0.01	20.04
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-

*d.m.: del valor medido
**Valor calculado (4 - 20 mA)

Desviación % d.m.



Para más información respecto a la unidad calibrada, por favor ver la información técnica (TI), en el capítulo Características de funcionamiento.

Se garantiza la trazabilidad a patrones nacionales de todos los instrumentos usados para la calibración.

Endress+Hauser Flowtec opera bancos de calibración en Reinach (CH), Cernay (FR), Greenwood (USA), Aurangabad (IN), Suzhou (CN) y Itatiba (BR), todos ellos acreditados de acuerdo con ISO/IEC 17025.

Agnes Silva

18.01.2022
Fecha de calibración

Agnes Da Silva
Operario

Endress+Hauser Flowtec (Brasil) Fluxômetros Ltda
Estrada Municipal Antonio Sesti, 600 A - Recreio Costa Verde
13254-085 Itatiba - SP, Brazil

Certificado de acuerdo con
ISO 9001

Figura 9.18 – Certificado de calibración caudalímetro

No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

9.4 Acta de ensayos

Se incluye a continuación el acta confeccionada al finalizar los ensayos en planta.

ESTUDIOS ELECTRICOS
ENSAYOS DE CONSUMO ESPECÍFICO

ACTA DE ENSAYOS DE CONSUMO ESPECÍFICO

Fecha	*17/01/2023*	Empresa	*Arauco Bioenergía S.A.*
ID Proyecto	*EE-2022-204*	Ubicación	*Comuna de Arauco, Chile*
Denominación de la unidad	*Central Térmica Horcones – U1*		

Responsables durante la prueba

Empresa	Nombre	Firmas
Arauco Bioenergía SA (Coordinado)	*Héctor Vilche – Jefe Centro Operaciones Arauco Bioenergía*	
	Claudio Torres Betanzo – Supervisor turbos gas	
	Daniel Piña Silva – Despachador Centro Operaciones Arauco Bioenergía	
	Mauricio Sandoval – Despachador Centro Operaciones Arauco Bioenergía	
Estudios Eléctricos	*Federico Garcia – Experto Técnico*	

www.estudios-electricos.com

Figura 9.19 – Acta de tareas (1 de 4)

No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

ESTUDIOS ELECTRICOS

ENSAYOS DE CONSUMO ESPECÍFICO

Datos de la unidad

Potencia aparente nominal [MVA]	*31.25*	Corriente de estator nominal [A]	*1640*
Tensión de estator nominal [kV]	*11.0*	Factor de potencia nominal	*0.8*
Potencia activa máxima [MW] - *CEN*[1]	*20.63*	Corriente de excitación nominal [A]	*530*
Mínimo Técnico [MW]	*4.0*	Tensión de excitación nominal [V]	*224*

Datos de la prueba

Estado previo de la unidad	*Detenida*	Arranque de la unidad (fecha-hora)	*17/01/2023 17:51 Hs*
Inicio del período de estabilización	*18:00 Hs*	Fin del período de estabilización	*18:25 Hs*
Protocolo aplicable	*EE-EN-2022-2046 Rev B Combustible Diesel*	Desvíos del protocolo	*Si.*

Prueba	Estado de carga	Inicio período de prueba	Fin período de prueba	Observaciones
1	*Mínimo Técnico: 4 MW*	*18:35 Hs*	*19:05 Hs*	-
2	*1° nivel de carga: 6.8 MW*	*19:35 Hs*	*20:15 Hs*	*(1)*
3	*2° nivel de carga: 9.5 MW*	*20:45 Hs*	*21:00 Hs*	*(2)*
	2° nivel de carga: 9.5 MW (Repetición)	*22:00 Hs*	*22:30 Hs*	-
4	*3° nivel de carga: 12.3 MW*	*23:25 Hs*	*23:55 Hs*	*(3)*
5	*4° nivel de carga: 15.1 MW*	*00:15 Hs*	*00:45 Hs*	-
6	*5° nivel de carga: 17.9 MW*	*01:05 Hs*	*01:40 Hs*	*(4)*
7	*Potencia Máxima: 21.9 MW (Control por temperatura)*	*02:10 Hs*	*02:40 Hs*	-

Nota:

(1) La prueba se extiende 10 minutos más por problemas de comunicación en HMI y posible pérdida de datos en las variables eléctricas y combustible.

(2) Disparo de la unidad por sobretemperatura. Arauco analiza las acusas. Un evento en el Sistema provocó la salida de servicio del sistema de enfriamiento de aceite y esto habría ocasionado el disparo de la unidad. La unidad vuelve a estar operativa y sincroniza a las 21:30 Hs. Se reinicia la toma de datos por 30 minutos para este nivel de carga.

(3) 23:00Hs: Al inicio del periodo de prueba 3 se presenta problema de comunicación en HMI. A las 23:22 Hs se establece la comunicación y 23:25 Hs se da inicio al periodo de pruebas.

(4) Se prolonga el periodo de pruebas 6 por 5 minutos por presentarse ruido en la en la lectura de combustible en el HMI.

[1] CEN: Potencia Máxima considerada para prueba de Consumo Específico

www.estudios-electricos.com

Figura 9.20 – Acta de tareas (2 de 4)

No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

ESTUDIOSELECTRICOS

ENSAYOS DE CONSUMO ESPECÍFICO

Instrumental

Magnitud	Descripción de equipos y punto de conexión
Potencia neta	*ION 8650 – N° Serie: MW-2103ª298-02.* *Equipo de medida de planta conectado a TTPP y TTCC clase 0.2.*
Potencia bruta y factor de potencia	*ION 8600 – N° Serie: PT-0805A088-01.* *Equipo de medida de planta conectado a TTPP y TTCC clase 1.0 y 0.5 respectivamente.*
Potencia SSAA	*No se mide.*
Caudal de combustible principal	*Medidor de Flujo másico Coriolis ENDRESS HAUSER* *Sistema de combustible TAG FT017*
Humedad relativa y temperatura ambiente	*Oregon Scientific – N° Serie: 351930252.* *Estación meteorológica portátil instalada en planta.*

Valores preliminares

En la siguiente tabla se presentan los valores promedio sin corrección de la potencia bruta de la unidad bajo pruebas obtenidos durante el desarrollo de las pruebas de consumo específico:

Período Test-run	*Mínimo Técnico*	*1° nivel*	*2° nivel*	*3° nivel*	*4° nivel*	*5° nivel*	*Potencia Máxima*
Potencia Bruta [MW]	*4.25*	*6.80*	*9.49*	*12.29*	*15.23*	*17.87*	*21.94*

Para el mismo período la temperatura ambiente experimento una variación entre 22.4ºC y 10.9ºC.

www.estudios-electricos.com

Figura 9.21 – Acta de tareas (3 de 4)

No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

ESTUDIOSELECTRICOS

ENSAYOS DE CONSUMO ESPECÍFICO

Observaciones

Desvíos del protocolo:

(1) La prueba se extiende 10 minutos más por problemas de comunicación en HMI y posible pérdida de datos en las variables eléctricas y combustible.

(2) Disparo de la unidad por sobretemperatura. Arauco analiza las acusas. Un evento en el Sistema provocó la salida de servicio del sistema de enfriamiento de aceite y esto habría ocasionado el disparo de la unidad. La unidad vuelve a estar operativa y sincroniza a las 21:30 Hs. Se reinicia la toma de datos por 30 minutos para este nivel de carga.

(3) 23:00Hs: Al inicio del periodo de prueba se presenta problema de comunicación en HMI. A las 23:22 Hs se establece la comunicación y 23:25 se da inicio al periodo de pruebas.

(4) Se prolonga el periodo de pruebas 6 por 5 minutos por presentarse ruido en la en la lectura de combustible en el HMI.

Desarrollo de la prueba: Las pruebas de Consumo Específico se realizaron en 7 niveles de carga (4 MW, 6.8 MW, 9.5 MW, 12.3 MW, 15.1 MW, 17.9 MW y 21.9 MW).

En total se registraron 7 test-run de 30 minutos. La unidad logra controlar su potencia de manera estable en cada periodo de prueba. La regulación de frecuencia estuvo operativa y se operó en control de factor de potencia con el regulador de tensión (AVR), pero dadas las condiciones del Sistema no se pudo operar con un factor de potencia de 0.95. La unidad opero con factor de potencia de 0.99 a 0.98.
Los datos de temperatura ambiente, humedad relativa fueron tomados en forma manual cada 5 minutos.

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

Comentarios: Se verificó sincronización horaria. Los medidores de potencia neta y bruta se encuentran sincronizados. Se verificó correcta tasa de muestreo de 1 segundo de todos los medidores.
Arauco entregó la totalidad de los registros digitales y manuales de esta prueba. La entrega se compone de tres archivos de distintas fuentes: registros de variables eléctricas y combustible (Potencia neta, Potencia bruta y flujos de combustible), sistema de planta y planillas con registro manual cada 5 minutos de los datos de temperatura ambiente y humedad relativa de la estación meteorológica.

Queda pendiente de entrega por parte de Arauco los resultados del análisis de combustible utilizado para ser anexado al informe final.

Conclusiones: Se realizó con éxito la medida en todos los periodos bajo pruebas. Se obtuvieron los datos necesarios para realizar el cálculo formal del valor de Consumo Específico.

www.estudios-electricos.com

Figura 9.22 – Acta de tareas (4 de 4)

No se autorizan copias del presente documento sin autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.

9.5 Análisis de combustibles

Se presentan a continuación los antecedentes del análisis del combustible líquido entregado por el Coordinado.

OIL TEST INTERNACIONAL DE CHILE S.A.
Los Castaños 1100, La Greda Norte, Puchuncaví, V Región
+56 2 2367 1732 - jpalma@otihdl.com

REPORTE DE ANÁLISIS

Nuestra Referencia	:	OTICH23-0084	**Cliente**	:	Incosec Ltda.
Producto[1]	:	Petróleo Diesel	**Contacto (s)**	:	Alejandro Hernandez
Identificación de la Muestra	:	15399	**Email**	:	aehv@yahoo.es
N° de Sello	:	8163	**Dirección**	:	Pedro Luna 1425-Los Canelos-San Pedro de La Paz-Concepción
Muestra Obtenida por[2]	:	Cliente	**Ref. Cliente**	:	COTICH23-026
Ubicación del Muestreo	:	Arauco Bio Energia			
Tipo de Muestreo	:	Muestra de Fondo	**Fecha de Recepción de Muestra**	:	25-01-2023
Fecha de Muestreo	:	17-01-2023	**Fecha Inicio de Análisis**	:	26-01-2023
Plan/Método de Muestreo	:	Sin Antecedentes	**Fecha Término de Análisis**	:	30-01-2023
Responsable de Muestreo	:	Cliente	**Análisis realizados en**	:	Laboratorio OTI
Muestra Obtenida de	:	TG Horcones	**Fecha de Emisión de Reporte**	:	30-01-2023

☑ **Analizado** ☐ **Atestiguado**[3] ☐ **Preliminar** ☑ **Final**

Ensayos	Unidades	Métodos	Especificaciones	Resultados
Poder Calorífico Bruto (Superior)	Kcal/Kg	ASTM D4868-17	Informar	10920
Poder Calorífico Neto (Inferior)	Kcal/Kg	ASTM D4868-17	Informar	10244
Gravedad API	°API	ASTM D4052-18a	Informar	37,07
Gravedad Específica 60/60		ASTM D4052-18a	Informar	0,8394
Densidad a 15°C	Kg/m^3	ASTM D4052-18a	Informar	839,0
Peso Molécular Estimado		ASTM D2502-14 (19) e1	Informar	<250

*** Fin de los resultados de análisis***

Condiciones ambientales de los ensayos:

Observaciones:

Juan Pablo Palma Zamorano
Firmado digitalmente por Juan Pablo Palma Zamorano
Fecha: 2023.01.30 17:36:12 -03'00'
Supervisor Laboratorio

(1) Declarado según el cliente.
(2) Los análisis reportados corresponden a la muestra suministrada al laboratorio por: Cliente; donde la misma se ha analizado por solicitud para verificar el cumplimiento de las especificaciones detalladas, sin aceptar ninguna responsabilidad adicional por parte de nuestro laboratorio.

(3) Nuestra responsabilidad en el ATESTIGUAMIENTO de Análisis se limita a presenciar que el análisis se está practicando a la muestra correcta y de acuerdo al método previamente establecido. Por lo que el cliente acepta que OIL TEST INTERNACIONAL DE CHILE S.A. no es responsable de las condiciones del equipo, instrumento o aparatos de medición y que acepta los datos de calibración, reactivos y otros instrumentos o materiales utilizados tal como se presentan.
OIL TEST INTERNACIONAL DE CHILE S.A.no es responsable de cualquier información proporcionada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados de análisis.
*Ensayo dentro del Alcance de Acreditación ISO 17025:2017
**Ensayo subcontratado a otro laboratorio
Todos los resultados contenidos dentro de este reporte corresponden exclusivamente a la muestra descrita.

Se prohibe la reproducción total o parcial de este reporte sin la autorización escrita de OIL TEST INTERNACIONAL DE CHILE S.A.

Fin del Reporte

Página 1 de 1

Emisión: 01/ Rev.#:04 / 2019-08-20 FOTI-008-CH

Figura 9.23 – Análisis de combustible

Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco

No se autorizan copias del presente documento sin
autorización previa por escrito de ESTUDIOS ELECTRICOS S.A.