



## INFORME TÉCNICO

### Ensayos de Consumo Específico Neto

### Central Yungay

27 de enero de 2022  
Inf02E2.21-110



## DATOS DEL PROYECTO

Empresa : Central Yungay S.A.

Planta : Central Termoeléctrica Yungay.

Coordinador Eléctrico Nacional : Roberto Moller  
Eduardo González

Coordinador de planta C. Yungay : Paulo Olivares L.

Experto Técnico : Alberto Piel W.

Ingeniero de Apoyo : Martin Saelzer V.

Emisión	Datos	Preparó	Revisó	Aprobó
1	Nombre	MSV	APW	APW
	Fecha	04.01.2022	05.01.2022	06.01.2022
2	Nombre	MSV	APW	APW
	Fecha	24.01.2022	27.01.2022	27.01.2022
3				



## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>Introducción</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Objetivo del ensayo</b> .....	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Documentos y normas aplicadas</b> .....	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Antecedentes Técnicos de la Unidad</b> .....	<b>7</b>
4.1	Información general del establecimiento.....	7
4.2	Descripción de las unidades generadoras .....	8
4.2.1	Unidades Pratt & Whitney SwiftPac .....	8
4.2.2	Unidad General Electric .....	9
4.3	Configuración Actual de la central Yungay .....	10
<b>5</b>	<b>MÉTODO</b> .....	<b>11</b>
5.1	Procedimiento general .....	11
5.2	Consumo Específico Neto medido.....	12
5.3	Consumo Específico Neto Corregido.....	12
5.4	Incertidumbre del ensayo.....	13
5.5	Desviación de los datos .....	13
<b>6</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>14</b>
6.1	Unidad 1 .....	14
6.1.1	Periodo de pruebas.....	14
6.1.2	Consumo Específico Neto.....	15
6.1.3	Desviación datos.....	16
6.2	Unidad 2 .....	17
6.2.1	Periodo de pruebas.....	17
6.2.2	Consumo Específico Neto.....	17
6.2.3	Desviación datos.....	18
6.3	Unidad 3 .....	19
6.3.1	Periodo de pruebas.....	19
6.3.2	Consumo Específico Neto.....	19
6.3.3	Desviación de datos.....	21
6.4	Unidad 4 .....	22
6.4.1	Periodo de pruebas.....	22
6.4.2	Consumo Específico Neto.....	22



---

6.4.3	Desviación de datos.....	23
<b>7</b>	<b>Análisis del combustible.....</b>	<b>24</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>25</b>
	<b>Anexo 1: Curvas de corrección .....</b>	<b>26</b>
	<b>Anexo 2: Diagrama Unilineal Eléctrico de la planta .....</b>	<b>33</b>
	<b>Anexo 3: Plano de Disposición de la planta .....</b>	<b>34</b>
	<b>Anexo 4: DIAGRAMA sistema de combustible general .....</b>	<b>35</b>
	<b>Anexo 5: DIAGRAMA sistema de combustible turbinas P&amp;W .....</b>	<b>36</b>
	<b>Anexo 6: DIAGRAMA sistema de combustible turbina GE.....</b>	<b>37</b>
	<b>Anexo 7: Certificados de contrastación de instrumentación .....</b>	<b>38</b>
	<b>Anexo 8: Procedimiento TOMA DE MUESTRAS DE COMBUSTIBLES LIQUIDOS EN PLANTA Y TERMINALES (SGS) .....</b>	<b>39</b>
	<b>Anexo 9: Límites de emisiones de acuerdo a RCA de central Yungay .....</b>	<b>40</b>
	<b>Anexo 10: DESVIACIONES DE DATOS RELEVANTES.....</b>	<b>41</b>
	<b>Anexo 11: Resultados de análisis de combustibles .....</b>	<b>43</b>



## **1 INTRODUCCIÓN**

El siguiente informe resume el método y resultados de los ensayos de Consumo Específico Neto (CEN) de 4 Unidades Generadoras, llevados a cabo los días 13 al 16 de diciembre de 2021 en la central de generación eléctrica Yungay, propiedad de Inkia, ubicada en la comuna de Cabrero, región del Bío-Bío.

De acuerdo a lo indicado en el artículo 5 del Anexo Técnico, la prueba de CEN se realizó, debido a que la Central se encuentra en la siguiente situación: “Unidades generadoras que hayan cumplido 24.000 horas de operación u horas equivalentes de operación, según corresponda, o 5 años desde la última prueba de CEN”.

Esta planta corresponde a una central generadora de respaldo, compuesta por cuatro turbogeneradores (3 turbinas Pratt & Whitney y 1 turbina General Electric) operadas con diésel, todas en ciclo abierto.

La capacidad instalada de generación de energía eléctrica es de 218 [MW] la cual es inyectada al Sistema Interconectado en la S/E Charrúa.

El resultado principal de esta prueba corresponde a los valores de Consumos Específicos Netos para 7 escalones de carga diferentes en las 4 unidades de generación de ciclo abierto de Central Yungay, operando con petróleo Diésel como combustible, de acuerdo a las directrices especificadas en el Anexo Técnico “Determinación de consumos Específicos de Unidades Generadoras” del Coordinador Eléctrico Nacional.

## **2 OBJETIVO DEL ENSAYO**

El objetivo del ensayo es verificar el valor del Consumo Específico Neto (CEN) de las 4 Unidades Generadoras de la central de Generación Eléctrica Yungay, correspondientes a 3 unidades Pratt & Whitney y 1 unidad General Electric. El parámetro de CEN debe ser informado al Coordinador Eléctrico Nacional de acuerdo a lo señalado en el artículo 6-13 de la NTSyCS. Conforme al Artículo 22 del Anexo Técnico, el informe técnico de la prueba deberá informar por separado los siguientes resultados:

- a) Consumo Específico Neto medido
- b) Consumo Específico Neto corregido



### **3 DOCUMENTOS Y NORMAS APLICADAS**

El protocolo de ensayos y por consiguiente el presente informe de resultados, toma como referencias las siguientes normas y documentos oficiales:

- a) Norma ASME PTC 22 – 2014 “Performance test Code on Gas Turbine.
- b) Norma ASME PTC 19.1 – 2013 “Test Uncertainty”.
- c) Resolución Exenta número 427 de 2017, de la Comisión Nacional de Energía, que establece el Anexo Técnico de Determinación Consumo Específico en Unidades Generadoras.
- d) Guía para efectuar pruebas de anexos técnicos con monitoreo a distancia, emitido por el Coordinador Eléctrico Nacional.



## 4 ANTECEDENTES TÉCNICOS DE LA UNIDAD

### 4.1 Información general del establecimiento

La información general del establecimiento se resume en la siguiente tabla:

Tabla 4.1: Resumen datos establecimiento.

Empresa generadora	Central Yungay S.A.
Unidad generadora	Central Yungay.
Ubicación	Camino al Manzano Km 2.5, Localidad de Charrúa, comuna de Cabrero.
Coordenadas UTM WGS84	37°06'13" S 72°17'30" W
Tipo de Ciclo	4 Ciclos abiertos (3 TG's fabricante P&W y 1 TG fabricante GE).
N° unidades	3 unidades Pratt & Whitney y 1 unidad General Electric.
Combustibles informados <sup>1</sup>	Diésel.
Potencia del establecimiento	218 [MW].



**Figura 4.1** Ubicación Central Termoelectrica Yungay.

<sup>1</sup> Para la ejecución de los ensayos de verificación de Consumo Específico Neto



## 4.2 Descripción de las unidades generadoras

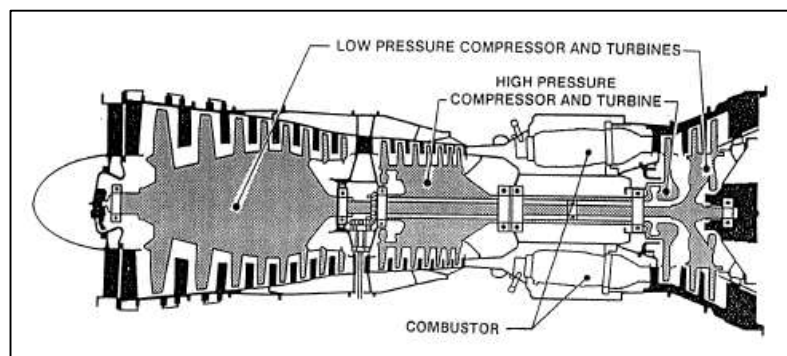
Las unidades generadoras de central Termoeléctrica Yungay consisten en 4 turbogeneradores, de los cuales las 3 correspondientes al fabricante Pratt & Whitney modelo FT8 Swiftpac pueden operar con combustible Diésel y Gas Natural. Por otro lado, la única unidad del fabricante General Electric, modelo frame 6B, sólo opera con Diésel.

Para este caso, los ensayos de Consumo Específico Neto se realizarán únicamente con petróleo Diesel, por lo que de aquí en adelante todos los valores se considerarán sólo para este combustible.

### 4.2.1 Unidades Pratt & Whitney SwiftPac

Los turbogeneradores P&W, corresponden a turbinas aeroderivativas formadas por dos unidades (A y B) acopladas a un generador. Cada unidad turbogeneradora está compuesta por un compresor el cual posee 15 etapas, de las cuales 8 pertenecen a la zona de baja presión y las restantes 7 a la de alta presión.

La zona de baja presión del compresor está conectada a la turbina de baja presión mediante un eje, el cual pasa por el centro del turbogenerador. Por otra parte, la zona de alta presión del compresor, se conecta a la etapa de alta presión de la turbina, trabajando ambas etapas a velocidades diferentes. En el extremo del eje de la turbina de baja presión se conecta mecánicamente el eje del generador eléctrico.



**Figura 4.2.1** Esquema partes Turbina Pratt & Whitney.



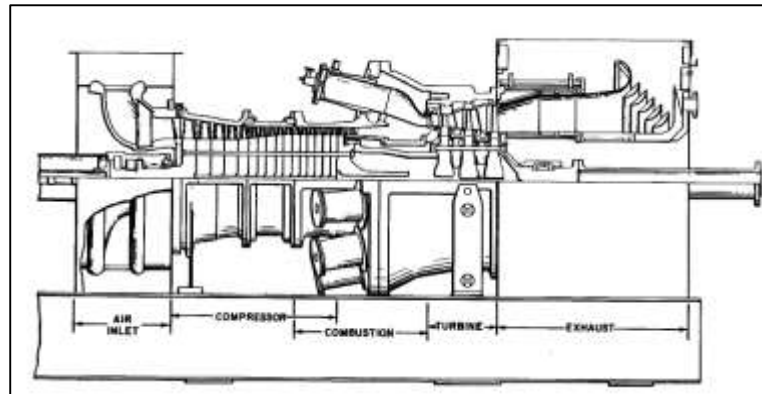


**Tabla 4.2.1** Características técnicas Turbinas Pratt & Whitney.

Turбина	
Marca	: Pratt & Whitney
Modelo	: FT8-3
Potencia Neta Salida	: 60 [MW]
Combustible	: Diésel / Gas Natural
Generador Eléctrico	
Marca	: Brush
Potencia Nominal	: 81,12 [MVA]
Factor de Potencia	: 0,8
Tensión Salida	: 11,5 [kV]
Frecuencia	: 50 [Hz]

#### 4.2.2 Unidad General Electric

La unidad General Electric se compone de 20 etapas, de las cuales 17 corresponden al compresor y 3 de la turbina. Esta turbina se compone de un solo eje solidario que gira a 5.178 [rpm].



**Figura 4.2.2** Esquema partes Turbina General Electric.

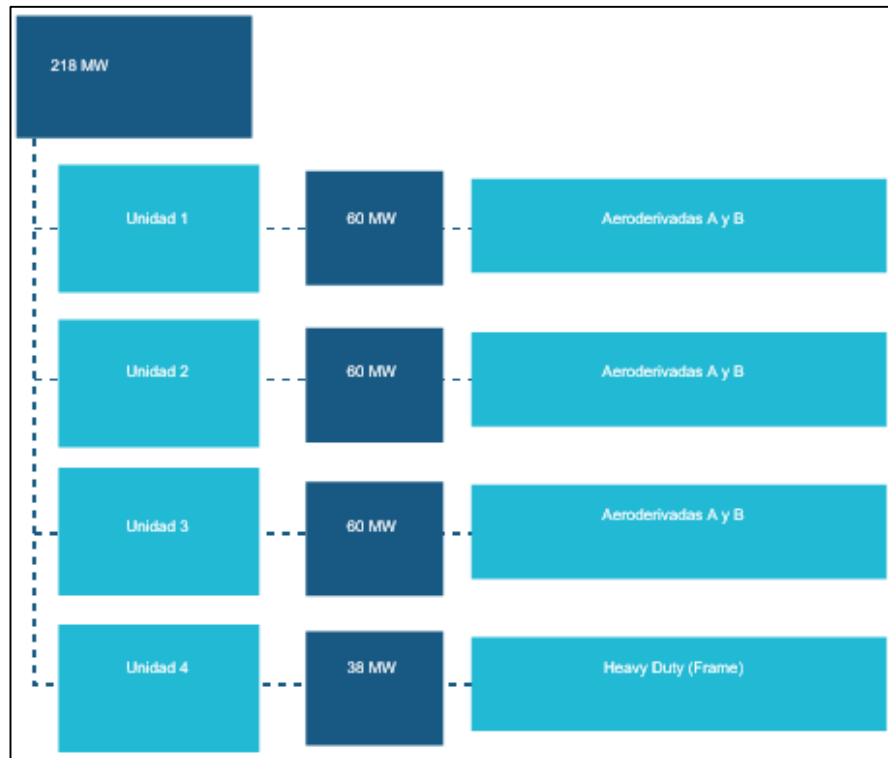
**Tabla 4.3** Características técnicas Turbina General Electric.

Turбина	
Marca	: General Electric
Modelo	: Frame 6B
Potencia Neta Salida	: 38 [MW] (solo Turbina Gas)
Combustible	: Diésel
Potencia Nominal	: 48,5 [MVA]
Factor de Potencia	: 0,8
Tensión Salida	: 10,5 [kV]
Frecuencia	: 50 [Hz]



### 4.3 Configuración Actual de la central Yungay

La configuración actual de central Yungay, se presenta en la figura 4.3.



**Figura 4.3** Configuración Central Termoeléctrica Yungay.



## 5 MÉTODO

### 5.1 Procedimiento general

La prueba de Consumo Específico Neto consistió en la realización de ensayos en 7 niveles de carga diferentes para cada unidad generadora. Cada uno de estos niveles de carga se realizó en tramos de 30 minutos, llamados “test runs”, dentro de los cuales se registró potencia bruta, neta y otras variables de interés que se presentan en anexos. Los datos medidos en cada test run se entregan de forma promediada más adelante.

Para el ensayo se realizaron los escalones de potencia de forma descendente. En la tabla 5.1 se muestran los escalones de potencia utilizados para los ensayos. Estos estados de carga van desde el valor de potencia máxima neta registrado para cada unidad y desde ahí disminuyendo aproximadamente cada 10% hasta alcanzar un estado de carga correspondiente al 50% del valor de Potencia Máxima Neta, para finalmente terminar la prueba con un estado de carga equivalente al mínimo técnico establecido para cada unidad. Detalles del procedimiento se encuentran en el protocolo de pruebas aprobado por el Coordinador Eléctrico Nacional, el que se adjunta en archivo anexo al presente documento.

**Tabla 5.1** Estados de Carga para pruebas de CEN de cada unidad generadora.

Estados de Carga (Valores en MW)								
Unidad	Marca	100% P Max	90%	80%	70%	60%	50%	MIN TEC
1	P&W	52,3	49,0	43,5	38,0	32,5	27,0	15,0
2	P&W	54,6	49,0	43,5	38,0	32,5	27,0	19,0
3	P&W	54,2	49,0	43,5	38,0	32,5	27,0	17,0
4	GE	36,6	33,0	29,0	26,0	22,0	18,0	9,0



## 5.2 Consumo Específico Neto medido

Para cada nivel de carga considerado para la prueba se calcula el Consumo Específico Neto de la unidad en conformidad a la siguiente fórmula:

$$CEN = \frac{CC * PCS}{P_{neta}}$$

Donde:

CEN: Consumo Específico Neto [kcal/kWh]

CC: Consumo de combustible [u/h]

PCS: Poder Calorífico Superior [kcal/u]

P<sub>neta</sub>: Potencia Neta medida en lado de alta tensión del transformador [kW]

El CEN de cada nivel de carga se calcula con el valor promedio obtenido para cada variable durante los 30 minutos de ensayo para dicho nivel de carga.

## 5.3 Consumo Específico Neto Corregido

El valor del CEN determinado en la prueba correspondiente para cada unidad, es corregido según lo indicado en el Anexo Técnico de la prueba, en su artículo 36, con el fin de homologarlo con los valores de referencia para los cuales fue calculada la potencia original de garantía. Para ello se hace uso de las curvas de corrección provistas por el fabricante. El valor corregido es calculado según la siguiente fórmula:

$$CEN_{corr} = \frac{CEN_{med}}{F_T * F_H * F_{P,en} * F_{P,sal}}$$

Donde:

$CEN_{corr}$  Consumo Específico Neto corregido

$CEN_{med}$  Consumo Específico Neto medido

$F_T$  Factor de corrección por temperatura de aire de aspiración

$F_H$  Factor de corrección por humedad relativa

$F_{P,en}$  Factor de corrección por depresión en aspiración

$F_{P,sal}$  Factor de corrección por contrapresión de escape



## 5.4 Incertidumbre del ensayo

La incertidumbre de los resultados obtenidos fue calculada según las directrices de las normas ASME PTC 19.1 y ASME PTC 22.

Las incertidumbres sistemáticas se determinaron a partir de las incertidumbres propias de cada instrumento de medición y su respectivo certificado de contrastación.

Las incertidumbres aleatorias se calcularon mediante el análisis estadístico de los datos registrados para cada parámetro con un intervalo de confianza mediante t-Student de 95%.

Las incertidumbres de los resultados de Consumos Específicos Netos corregidos se determinaron utilizando la herramienta de cálculo de incertidumbres del Software EES (Engineering Equation Solver).

Finalmente, para cada Unidad se informa una incertidumbre resultante propia.

## 5.5 Desviación de los datos

A partir de las recomendaciones de la norma ASME PTC 22, para cada test run se establecen los siguientes límites de variación, para cada magnitud física de interés:

Variable	Variación admisible de datos
Potencia (Bruta y neta)	0,65%
Presión barométrica	0,16%
Temp. aire admisión	0,7 °C
Flujo de combustible	0,65%
Velocidad de rotación	0,33%
Torque	0,65%

A pesar de lo anterior, y debido a la alta variabilidad que normalmente se obtiene en los ensayos al reducir potencia hasta el mínimo técnico de cada unidad ensayada, el Coordinador estableció un criterio de mayor admisibilidad, aceptando variaciones de datos del 3%. La variabilidad de los parámetros analizados se presenta en Anexo 10.



## 6 RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados de los ensayos de Consumo Específico Neto realizados para cada una de las unidades generadoras testeadas.

### 6.1 Unidad 1

#### 6.1.1 Periodo de pruebas

A continuación, se presentan los periodos de prueba junto con el promedio de temperatura y presión del aire de admisión, humedad relativa y contrapresión de escape de cada test run de la unidad generadora N°1. Estos parámetros se utilizan en la corrección del valor de consumo específico neto.

Test Run	Día	Hora inicio	Hora término	Temperatura admisión		Depresión admisión [mbar]	Humedad Relativa [%]	Contrapresión de escape [mbar]
				[°C]	[°F]			
1	13-12-2021	11:07	11:37	18,0	64,5	7,1	47,3	2.946
2	13-12-2021	11:42	12:12	19,1	66,5	6,9	44,8	2.839
3	13-12-2021	12:18	12:18	19,0	66,3	6,6	43,6	2.614
4	13-12-2021	12:55	12:55	19,7	67,5	6,3	42,1	2.383
5	13-12-2021	13:38	13:38	21,1	69,9	5,9	37,0	2.122
6	13-12-2021	14:15	14:15	21,2	70,1	5,7	37,1	1.866
7	13-12-2021	14:53	14:53	21,7	71,0	4,9	33,2	1.283

Cabe destacar que la contrapresión de escape presenta valores fuera del rango esperado para la turbina, lo que indica que la posición en donde están ubicados estos medidores no es la apropiada. El medidor de contrapresión de escape para las unidades U1, U2 y U3 está ubicado entre la turbina de baja presión y la turbina de poder, por lo que la presión registrada es más alta que a la descarga de la turbina de poder, por lo que no es un valor representativo.



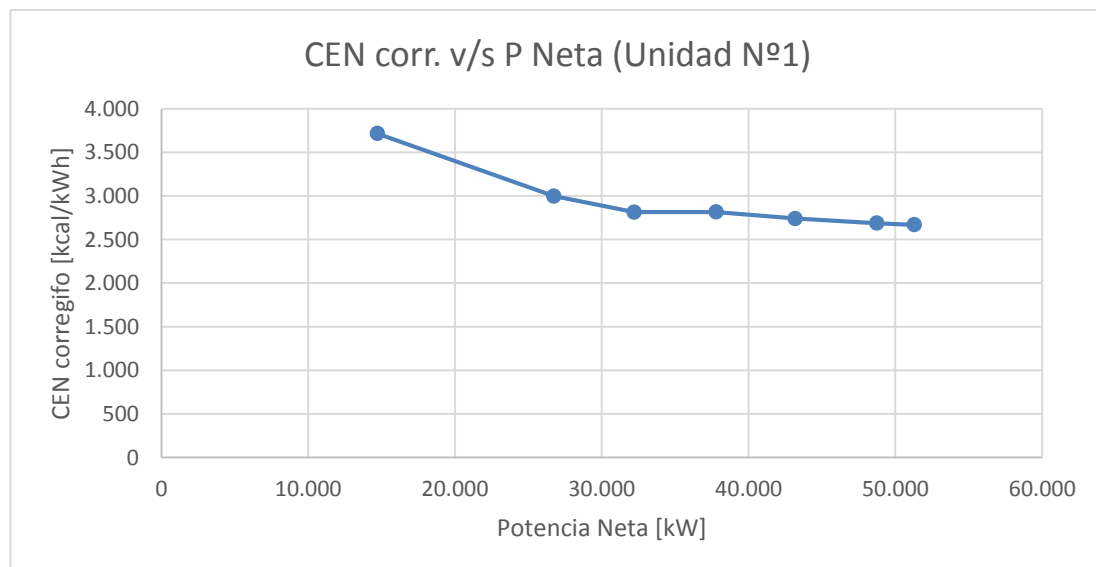
## 6.1.2 Consumo Específico Neto

Los valores de consumo específico, tanto neto calculado como neto corregido, determinados para cada uno de los 7 test runs continuados de 30 minutos se presentan a continuación.

Test Run	Cons. Comb. [kg/h]	Potencia Neta [kW]	CEN [kcal/kWh]	F <sub>r</sub> [-]	F <sub>D</sub> [-]	F <sub>H</sub> [-]	F <sub>C</sub> [-]	CEN corr. [kcal/kWh]
1	12.396,8	51.274,9	<b>2.642</b>	0,9969	0,9896	1,0038	1,0000	<b>2.668</b>
2	11.856,8	48.719,9	<b>2.660</b>	0,9959	0,9899	1,0039	1,0000	<b>2.688</b>
3	10.721,8	43.174,0	<b>2.714</b>	0,9960	0,9904	1,0038	1,0000	<b>2.741</b>
4	9.633,4	37.781,7	<b>2.787</b>	0,9954	0,9908	1,0038	1,0000	<b>2.815</b>
5	8.202,0	32.200,1	<b>2.784</b>	0,9942	0,9913	1,0036	1,0000	<b>2.814</b>
6	7.253,5	26.727,7	<b>2.966</b>	0,9941	0,9917	1,0036	1,0000	<b>2.998</b>
7	4.949,0	14.710,6	<b>3.677</b>	0,9937	0,9928	1,0034	1,0000	<b>3.715</b>

Dado que las mediciones de la contrapresión de escape presentan valores incorrectos, se decidió no corregir el consumo específico neto por los factores de corrección relacionados con dicha presión (F<sub>C</sub>), por lo que se les consideró un valor de 1,0. Como la contrapresión de escape normalmente es levemente superior a la presión atmosférica, este factor normalmente es cercano a 1,0, por lo que esta consideración no afectaría considerablemente el valor del CEN.

Acorde a lo esperado el consumo específico de la unidad aumenta conforme disminuye la potencia eléctrica generada. En el siguiente gráfico se representa los resultados de CEN corregido obtenidos en el ensayo para la Unidad N°1.





---

El valor del Consumo Específico Neto promedio sin corregir fue de 2.890 [kcal/kWh], mientras que el Consumo Específico Neto corregido promedio fue de 2.920 [kcal/kWh], determinado con una incertidumbre de 0,818%.

### **6.1.3 Desviación datos**

Las variaciones promedio por cada test run de los datos medidos más relevantes de la Unidad 1 se presentan en el anexo 10.

En general, a medida que se reduce la potencia de la unidad, las desviaciones se encuentran por sobre de lo permitido por ASME PTC 22 (Indicadas en punto 5.5), sin embargo, el Coordinador indicó que se considerarán admisibles desviaciones de datos de alrededor de 3%.

Las mayores desviaciones de datos se produjeron para el test run N°7, correspondiente al mínimo técnico, alcanzando hasta un 3,95% para el caso de los registros de potencia.





## 6.2 Unidad 2

### 6.2.1 Periodo de pruebas

A continuación, se presentan los periodos de prueba para la Unidad N°2, junto con el promedio de temperatura y presión del aire de admisión, humedad relativa y contrapresión de escape de cada test run. Estos parámetros se utilizan en la corrección del valor de consumo específico neto.

Test Run	Día	Hora inicio	Hora término	Temperatura admisión		Depresión admisión [mbar]	Humedad Relativa [%]	Contrapresión de escape [mbar]
				[°C]	[°F]			
1	14-12-2021	12:13	12:43	22,4	72,4	4,4	41,44	3.061
2	14-12-2021	12:48	13:18	23,4	74,1	4,2	38,1	2.834
3	14-12-2021	13:24	13:54	24,6	76,3	3,8	30,9	2.603
4	14-12-2021	14:00	14:30	25,1	77,2	3,5	28,4	2.366
5	14-12-2021	14:36	15:06	26,1	79,0	3,2	25,2	2.132
6	14-12-2021	15:16	15:46	26,7	80,0	3,0	22,7	1.847
7	14-12-2021	15:54	16:24	26,5	79,8	2,5	24,3	1.454

Al igual que para la unidad anterior, la contrapresión de escape presenta valores fuera del rango esperado para la turbina, lo que indica que la posición en donde están ubicados estos medidores no es la apropiada.

### 6.2.2 Consumo Específico Neto

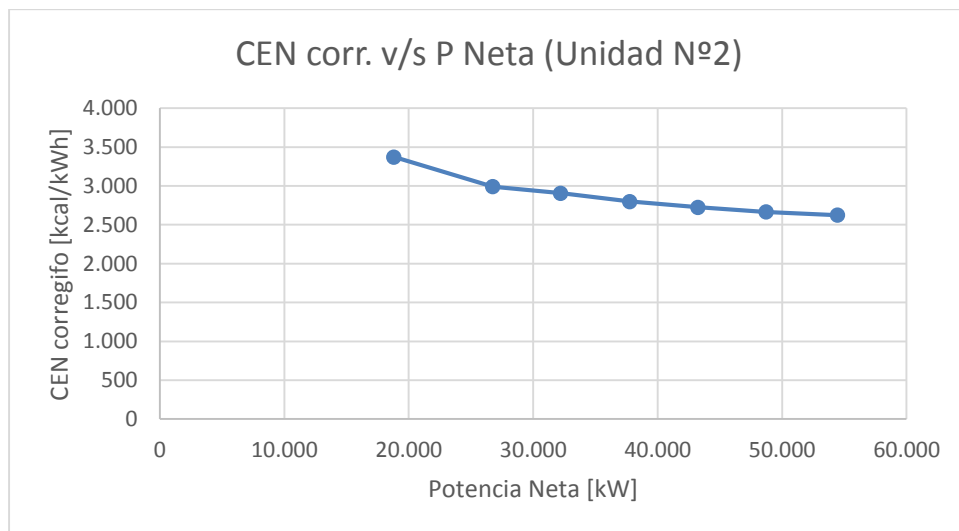
El valor del consumo específico neto para la Unidad N°2, tanto el calculado, como el corregido, determinados para cada uno de los 7 test runs continuados de 30 minutos se presenta a continuación.

Test Run	Cons. Comb.	Pot. Neta	CEN	F <sub>T</sub>	F <sub>D</sub>	F <sub>H</sub>	F <sub>C</sub>	CEN corr.
	[kg/h]	[kW]	[kcal/kWh]	[-]	[-]	[-]	[-]	[kcal/kWh]
1	12.952,9	54.453,2	<b>2.600</b>	0,9930	0,9935	1,0044	1,0000	<b>2.624</b>
2	11.768,7	48.711,5	<b>2.640</b>	0,9922	0,9939	1,0043	1,0000	<b>2.666</b>
3	10.667,1	43.251,0	<b>2.695</b>	0,9911	0,9944	1,0038	1,0000	<b>2.725</b>
4	9.567,8	37.771,9	<b>2.768</b>	0,9907	0,9948	1,0035	1,0000	<b>2.799</b>
5	8.469,3	32.211,4	<b>2.874</b>	0,9899	0,9953	1,0033	1,0000	<b>2.907</b>
6	7.233,5	26.755,0	<b>2.955</b>	0,9894	0,9956	1,0031	1,0000	<b>2.990</b>
7	5.740,3	18.808,2	<b>3.336</b>	0,9895	0,9963	1,0032	1,0000	<b>3.373</b>



Dado que las mediciones de contrapresión de escape presentan valores incorrectos, se decidió no corregir el consumo específico neto por los factores de corrección relacionados dicha presión ( $F_c$ ), por lo que se les consideró un valor de 1,0. Como la contrapresión de escape normalmente es levemente superior a la presión atmosférica, este factor normalmente es cercano a 1,0, por lo que esta consideración no afectaría considerablemente el valor del CEN.

Acorde a lo esperado el consumo específico de la unidad aumenta conforme disminuye la potencia eléctrica generada. En el siguiente gráfico se representa los resultados de CEN corregido obtenidos en el ensayo para la Unidad N°2.



El Consumo Específico Neto promedio sin corregir del ensayo para la Unidad N°2 fue de 2.838 [kcal/kWh], mientras que el Consumo Específico Neto corregido promedio del ensayo fue de 2.869 [kcal/kWh], determinado con una incertidumbre de 1,30%.

### 6.2.3 Desviación datos

Las variaciones promedio por cada test run de los datos medidos más relevantes de la Unidad 2 se presentan en el anexo 10.

En general, las desviaciones a medida que se reduce la potencia de la unidad se encuentran por sobre de lo permitido por ASME PTC 22 (Indicadas en punto 5.5), sin embargo, el Coordinador indicó que se considerarán admisibles desviaciones de datos de alrededor de 3%.

Las mayores desviaciones de datos se produjeron para el test run N°7, correspondiente al mínimo técnico, alcanzando hasta un 2,58% para el caso de los registros de potencia.



## 6.3 Unidad 3

### 6.3.1 Periodo de pruebas

A continuación, se presentan los periodos de prueba para la Unidad N°3, junto con el promedio de temperatura y presión del aire de admisión, humedad relativa y contrapresión de escape de cada test run. Estos parámetros se utilizan en la corrección del valor de consumo específico neto.

Test Run	Día	Hora inicio	Hora término	Temperatura admisión		Depresión admisión [mbar]	Humedad Relativa [%]	Contrapresión de escape [mbar]
				[°C]	[°F]			
1	15-12-2021	9:44	10:14	17,7	63,9	4,9	53,1	3.084
2	15-12-2021	10:20	10:50	19,6	67,2	4,6	47,4	2.881
3	15-12-2021	10:57	11:27	21,3	70,3	4,3	43,0	2.646
4	15-12-2021	11:32	12:02	23,0	73,3	4,0	38,4	2.390
5	15-12-2021	12:10	12:40	24,7	76,5	3,6	34,1	2.137
6	15-12-2021	12:47	13:17	26,7	80,1	3,4	23,1	1.865
7	15-12-2021	13:24	13:54	27,9	82,1	2,9	21,2	1.287

Al igual que para las Unidades N°1 y N°2, la contrapresión de escape presenta valores fuera del rango esperado para la turbina, lo que indica que la posición en donde están ubicados estos medidores no es la apropiada.

### 6.3.2 Consumo Específico Neto

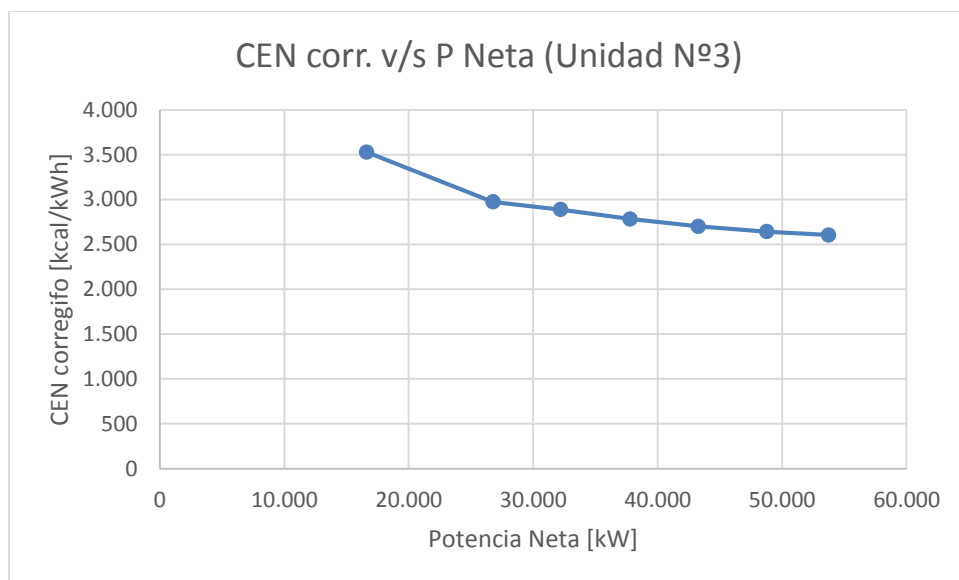
El valor del consumo específico neto para la Unidad N°3, tanto el calculado, como el corregido, determinados para cada uno de los 7 test runs continuados de 30 minutos se presenta a continuación.



Test Run	Cons. Comb. [kg/h]	Pot. Neta [kW]	CEN [kcal/kWh]	F <sub>T</sub> [-]	F <sub>D</sub> [-]	F <sub>H</sub> [-]	F <sub>C</sub> [-]	CEN corr. [kcal/kWh]
1	12.735,6	53.748,7	<b>2.590</b>	0,9972	0,9929	1,0043	1,0000	<b>2.605</b>
2	11.708,8	48.781,6	<b>2.624</b>	0,9955	0,9933	1,0043	1,0000	<b>2.642</b>
3	10.605,9	43.259,2	<b>2.680</b>	0,9940	0,9937	1,0043	1,0000	<b>2.702</b>
4	9.531,6	37.790,1	<b>2.757</b>	0,9925	0,9942	1,0043	1,0000	<b>2.782</b>
5	8.422,5	32.209,7	<b>2.858</b>	0,9910	0,9947	1,0042	1,0000	<b>2.887</b>
6	7.194,0	26.775,0	<b>2.937</b>	0,9894	0,9950	1,0031	1,0000	<b>2.974</b>
7	5.295,5	16.612,0	<b>3.485</b>	0,9884	0,9958	1,0031	1,0000	<b>3.529</b>

Dado que las mediciones contrapresión de escape presentan valores incorrectos, se decidió no corregir el consumo específico neto por los factores de corrección relacionados dicha presión (F<sub>C</sub>), por lo que se les consideró un valor de 1,0. Como la contrapresión de escape normalmente es levemente superior a la presión atmosférica, este factor normalmente es cercano a 1,0, por lo que esta consideración no afectaría considerablemente el valor del CEN.

Acorde a lo esperado el consumo específico de la unidad aumenta conforme disminuye la potencia eléctrica generada. En el siguiente gráfico se representa los resultados de CEN corregido obtenidos en el ensayo para la Unidad N°3.



El Consumo Específico Neto promedio sin corregir del ensayo para la Unidad N°3 fue de 2.847 [kcal/kWh], mientras que el Consumo Específico Neto corregido promedio del ensayo fue de 2.874 [kcal/kWh], determinado con una incertidumbre del 0,954%.



### **6.3.3 Desviación de datos**

Las variaciones promedio por cada test run de los datos medidos más relevantes de la Unidad 3 se presentan en el anexo 10.

En general, las desviaciones a medida que se reduce la potencia de la unidad se encuentran por sobre de lo permitido por ASME PTC 22 (Indicadas en punto 5.5), sin embargo, el Coordinador indicó que se considerarán admisibles desviaciones de datos de alrededor de 3%.

Las mayores desviaciones de datos se produjeron para el test run N°7, correspondiente al mínimo técnico, alcanzando hasta un 4,42% para el caso de los registros de potencia y 4,25% para los registros de flujo de combustible.

Durante la realización del ensayo, al término del cuarto test run, el Coordinado indica que se presenta bastante inestabilidad en la frecuencia de la red.



## 6.4 Unidad 4

### 6.4.1 Periodo de pruebas

A continuación, se presentan los periodos de prueba para la Unidad N°4, junto con el promedio de temperatura y presión del aire de admisión, humedad relativa y contrapresión de escape de cada test run. Estos parámetros se utilizan en la corrección del valor de consumo específico neto.

Test Run	Día	Hora inicio	Hora término	Temperatura admisión		Depresión admisión [mbar]	Humedad Relativa [%]	Contrapresión de escape [mbar]
				[°C]	[°F]			
1	16-12-2021	11:03	11:33	22,1	71,8	9,9	40,2	1,0
2	16-12-2021	11:40	12:10	23,5	74,4	9,9	38,7	1,7
3	16-12-2021	12:14	12:44	25,1	77,2	9,9	34,8	1,5
4	16-12-2021	12:48	13:18	26,5	79,8	10,1	33,3	1,9
5	16-12-2021	13:25	13:55	27,8	82,1	10,2	30,9	0,7
6	16-12-2021	14:02	14:32	29,2	84,5	10,4	27,3	0,9
7	16-12-2021	14:38	15:08	29,7	85,5	10,6	24,2	1,6

### 6.4.2 Consumo Específico Neto

El valor del consumo específico neto para la Unidad N°4, tanto el calculado, como el corregido, determinados para cada uno de los 7 test runs continuados de 30 minutos se presenta a continuación.

Test Run	Cons. Comb.	Pot. Neta	CEN	F <sub>T</sub>	F <sub>D</sub>	F <sub>H</sub>	F <sub>C</sub>	CEN corr.
	[kg/h]	[kW]	[kcal/kWh]	[-]	[-]	[-]	[-]	[kcal/kWh]
1	9.355,3	35.769,8	<b>2.858</b>	0,9555	0,9845	0,9999	0,9993	<b>3.041</b>
2	8.486,8	31.923,2	<b>2.905</b>	0,9467	0,9845	0,9999	0,9989	<b>3.121</b>
3	7.693,9	28.054,6	<b>2.997</b>	0,9368	0,9846	0,9999	0,9990	<b>3.253</b>
4	7.092,9	25.138,5	<b>3.084</b>	0,9282	0,9843	0,9998	0,9988	<b>3.380</b>
5	6.296,9	21.308,5	<b>3.230</b>	0,9202	0,9842	0,9998	0,9995	<b>3.568</b>
6	5.542,6	17.408,2	<b>3.480</b>	0,9117	0,9839	0,9999	0,9993	<b>3.882</b>
7	3.946,0	8.648,2	<b>4.987</b>	0,9083	0,9834	1,0000	0,9990	<b>5.589</b>

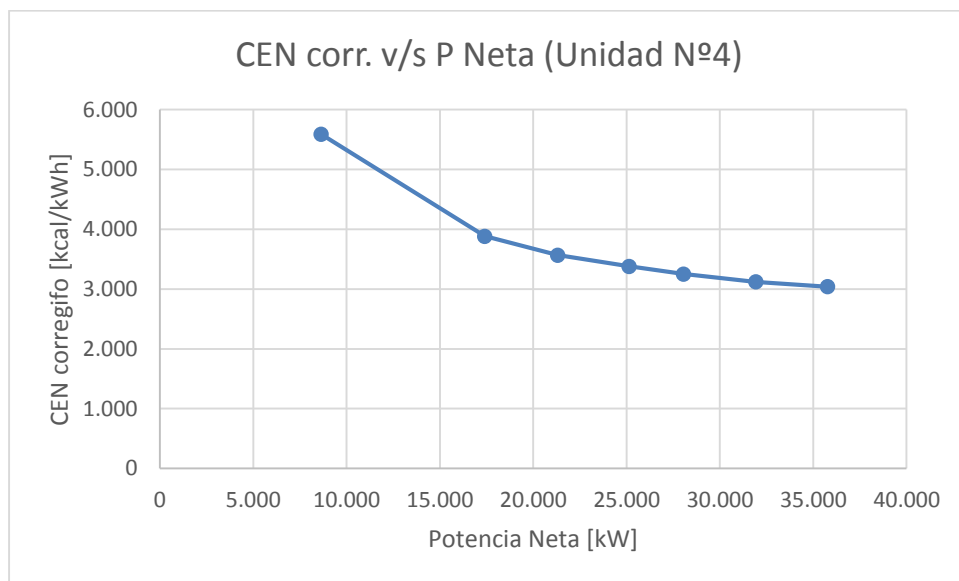
De las curvas de corrección entregadas por el Coordinado para la unidad N°4, únicamente se podía utilizar la curva de corrección de humedad, por lo que para el factor de corrección por temperatura (F<sub>T</sub>), se utilizó un gráfico de otra turbina GE de similares características, mientras que los factores de corrección por



depresión de admisión ( $F_D$ ) y contrapresión de escape ( $F_C$ ) se utilizaron las curvas de corrección de una turbina Solarturbines (GE) modelo Titan 130 de 15 MW.

A causa del rescate de datos registrados del caudalímetro de combustible, no quedaron registrados los minutos iniciales de los Test Run N° 2 al 4, faltando 7, 1 y 3 minutos en cada uno de ellos. Sin embargo, el representante del Coordinador aprobó la validez de los Test Runs al quedar aún una relevante cantidad de datos continuos (mayor al 75%), que permitan determinar el Consumo Específico en dichos escalones de potencia.

Acorde a lo esperado, el consumo específico neto de la unidad aumenta conforme disminuye la potencia eléctrica generada. En el siguiente gráfico se representa los resultados de CEN corregido obtenidos en el ensayo para la Unidad N°4.



El Consumo Específico Neto promedio sin corregir del ensayo para la Unidad N°4 fue de 3.363 [kcal/kWh], mientras que el Consumo Específico Neto corregido promedio del ensayo fue de 3.691 [kcal/kWh], determinado con una incertidumbre del 0,267%.

#### 6.4.3 Desviación de datos

Las variaciones promedio por cada test run de los datos medidos más relevantes de la Unidad 4 se presentan en el anexo 10.

La unidad 4 fue aquella que presentó menores desviaciones de datos durante los ensayos de consumo específico neto.



Las mayores desviaciones de datos se produjeron para el test run N°7, correspondiente al mínimo técnico, alcanzando hasta un 1,73% para el caso de los registros de potencia bruta, sin embargo, están dentro de los rangos aceptables.

## 7 ANÁLISIS DEL COMBUSTIBLE

Dado que las 4 unidades ensayadas utilizaban petróleo Diésel de un estanque común, se tomaron muestras de combustible de un mismo punto para todas las unidades, de acuerdo a lo indicado en el protocolo adjunto en el anexo 8. Durante el desarrollo de los ensayos de Consumo Específico Neto no se rellenó el estanque de combustible. Se tomó una muestra de combustible durante el primer Test Run de cada ensayo.

La siguiente tabla presenta resumidamente los resultados del análisis de poder calorífico superior (PCS) e inferior (PCI) del combustible del ensayo.

Unidad Generadora	Fecha Ensayo	PCS [kcal/kg]	PCS [kJ/kg]	PCI [kcal/kg]	PCI [kJ/kg]	densidad [kg/m <sup>3</sup> ]
1	13-12-2021	10.929	45.727	10.251	42.890	836,9
2	14-12-2021	10.929	45.727	10.251	42.890	836,9
3	15-12-2021	10.931	45.735	10.252	42.894	836,4
4	16-12-2021	10.929	45.727	10.251	42.890	836,9

De aquí se obtiene que el Poder Calorífico Superior promedio fue de 45.729 kJ/kg (10.930 kcal/h) y el Poder Calorífico Inferior promedio fue de 42.891 kJ/kg (10.251 kcal/kg). Estos resultados se pueden observar en los documentos de SGS mostrados en el Anexo 11.





## 8 CONCLUSIONES

A continuación, se describen las principales conclusiones obtenidas de los ensayos de Consumo Específico Neto para las unidades generadoras 1, 2, 3 y 4 de Central Yungay.

- Los ensayos de Consumo Específico Neto para las Unidades 1, 2, 3 y 4 se realizaron satisfactoriamente en 7 escalones de 30 minutos continuos cada uno, siguiendo las directrices de las normas ASME PTC 22, ASME 19.1 y el Anexo-NT “Pruebas de Consumo específico Neto en Unidades Generadoras” de la Comisión Nacional de Energía, entre los días 13 y 16 de diciembre de 2021.
- Los valores de Consumo Específico Neto medido promedio sin corregir obtenidos de los ensayos de las Unidades 1, 2, 3 y 4 fueron 2.890 [kcal/kWh], 2.838 [kcal/kWh], 2.847 [kcal/kWh] y 3.363 [kcal/kWh], respectivamente.
- Finalmente, los valores de Consumo Específico Neto corregidos promedio obtenidos de los ensayos de las Unidades 1, 2, 3 y 4 fueron 2.920 [kcal/kWh], 2.869 [kcal/kWh], 2.874 [kcal/kWh] y 3.691 [kcal/kWh], respectivamente. Las incertidumbres calculadas para este factor del CEN corregido para las Unidades 1, 2, 3 y 4 fueron de 0,82%, 1,30%, 0,95% y 0,27%, respectivamente.

Alberto Piel Westermeyer  
Gerente de Ingeniería  
Proterm S.A.

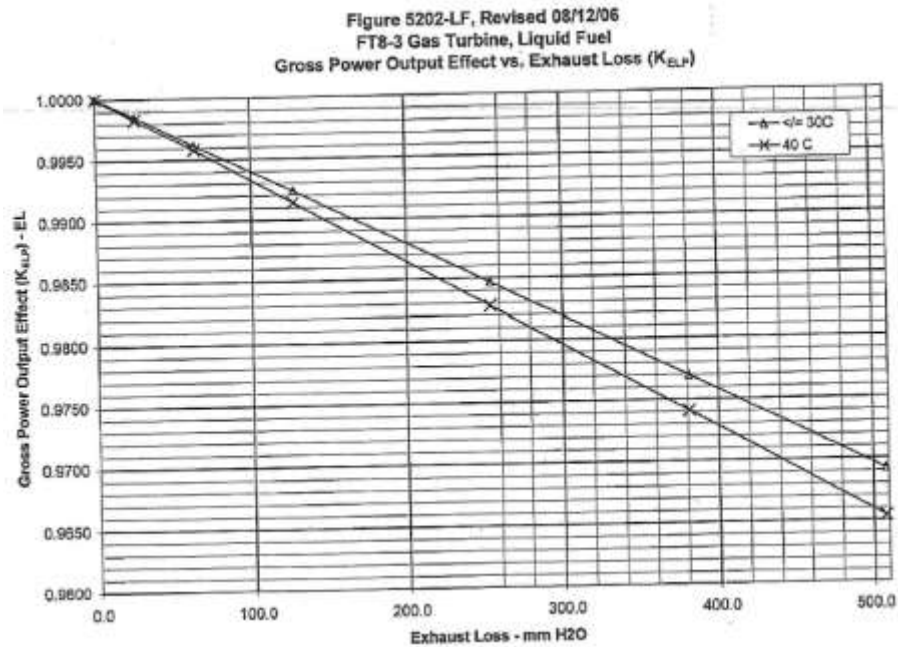
Martin Saelzer Vilaboa  
Ingeniero de Proyectos  
Proterm S.A.



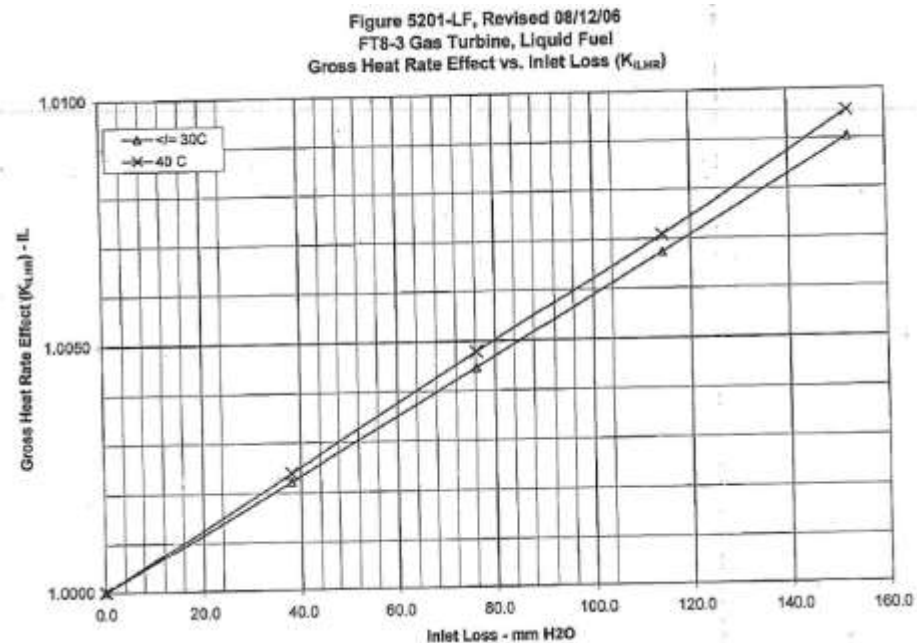
## ANEXO 1: CURVAS DE CORRECCIÓN

### i) Turbinas Pratt & Whitney

#### a) Curva de corrección por pérdida de carga en la descarga de gases

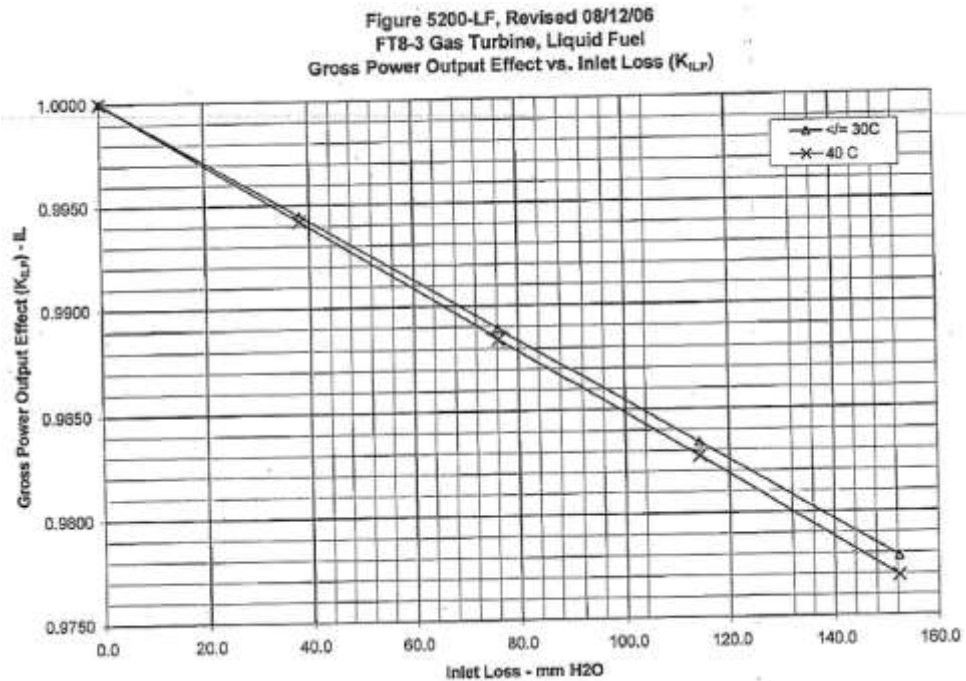


#### b) Curva de corrección (Heat Rate) por pérdida de carga en la admisión de aire

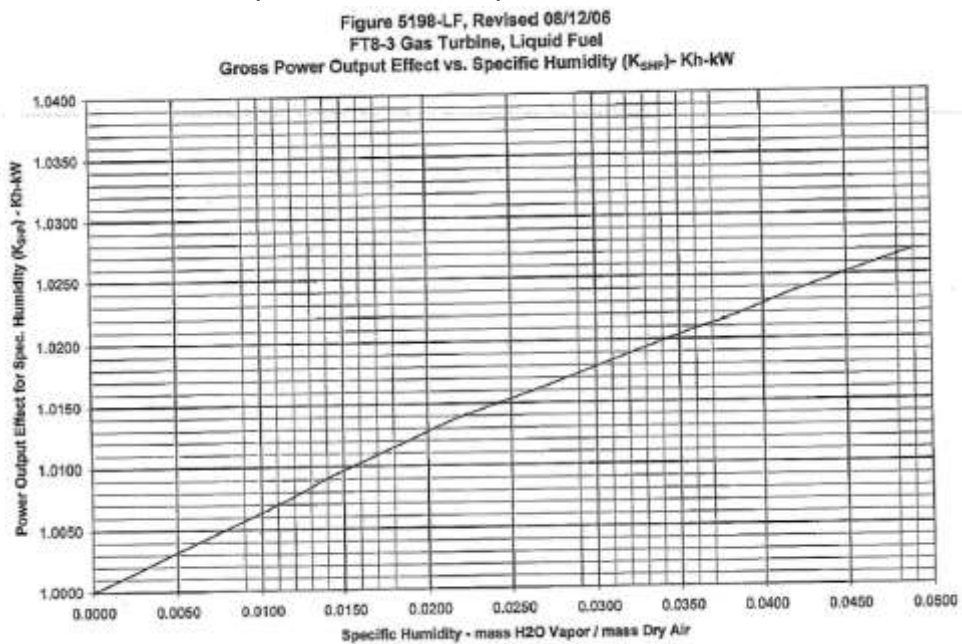




c) Curva de corrección (P) por pérdida de carga en la admisión de aire

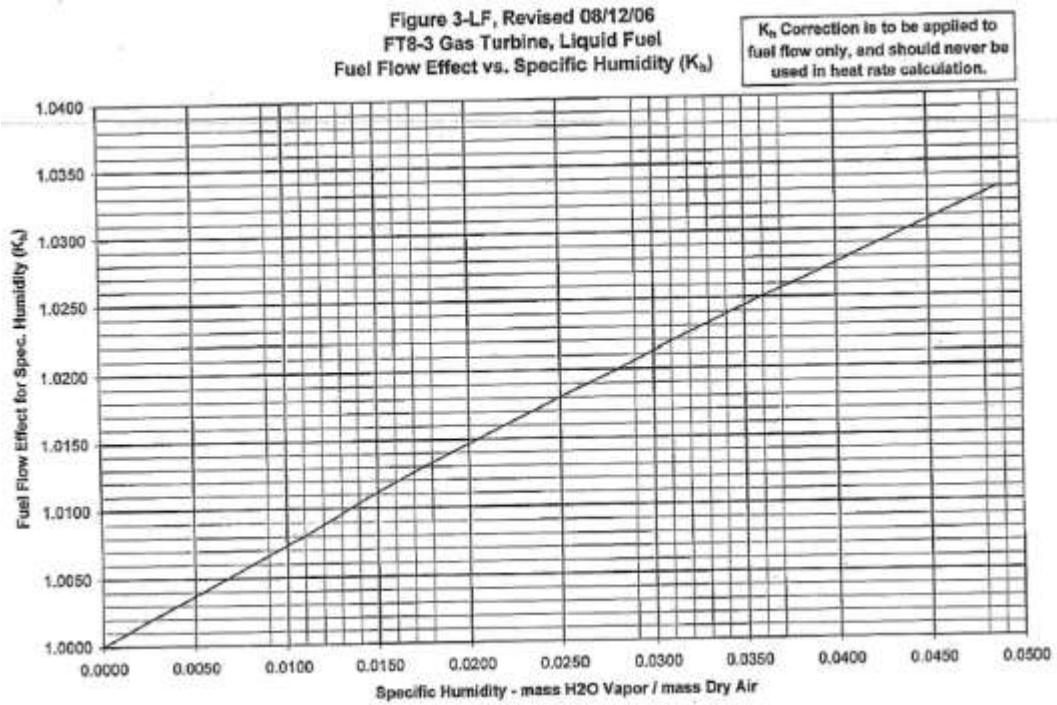


d) Curva de corrección por Humedad Específica

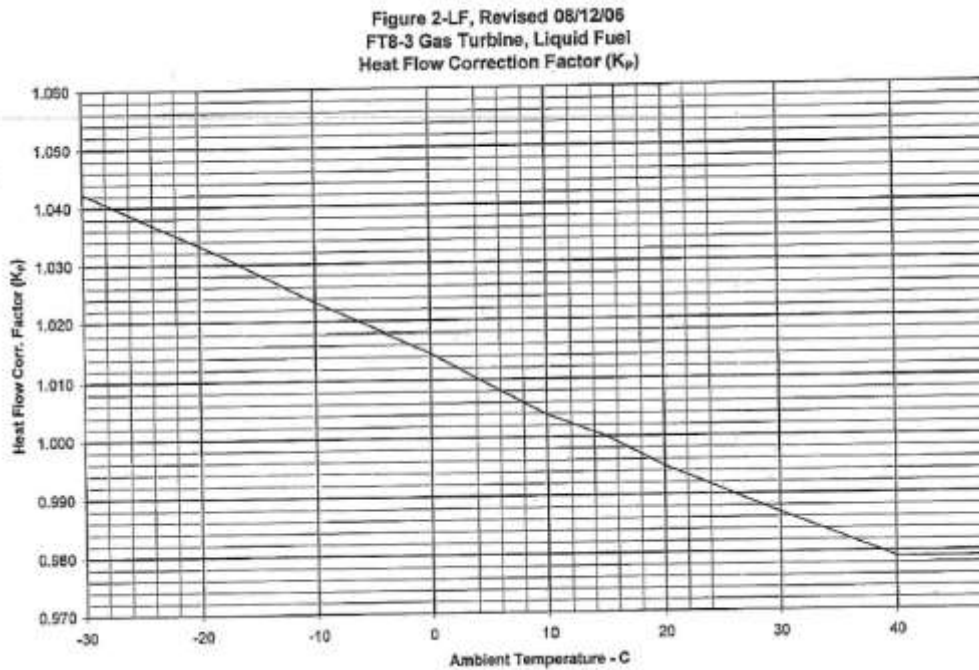




e) Curva de corrección (Flujo de Combustible) por Humedad Específica



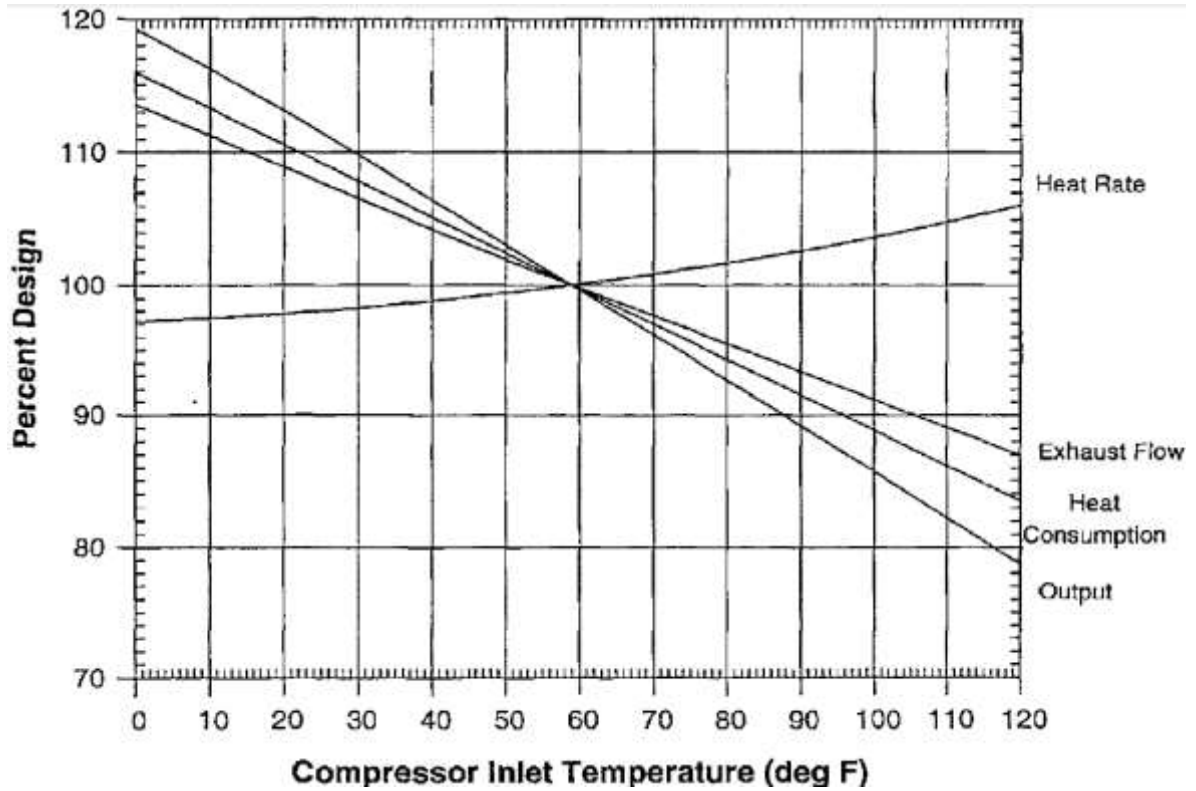
f) Curva de corrección por temperatura ambiente





ii) Turbina General Electric

g) Curva de corrección por temperatura (referencia Turbina GE similar)





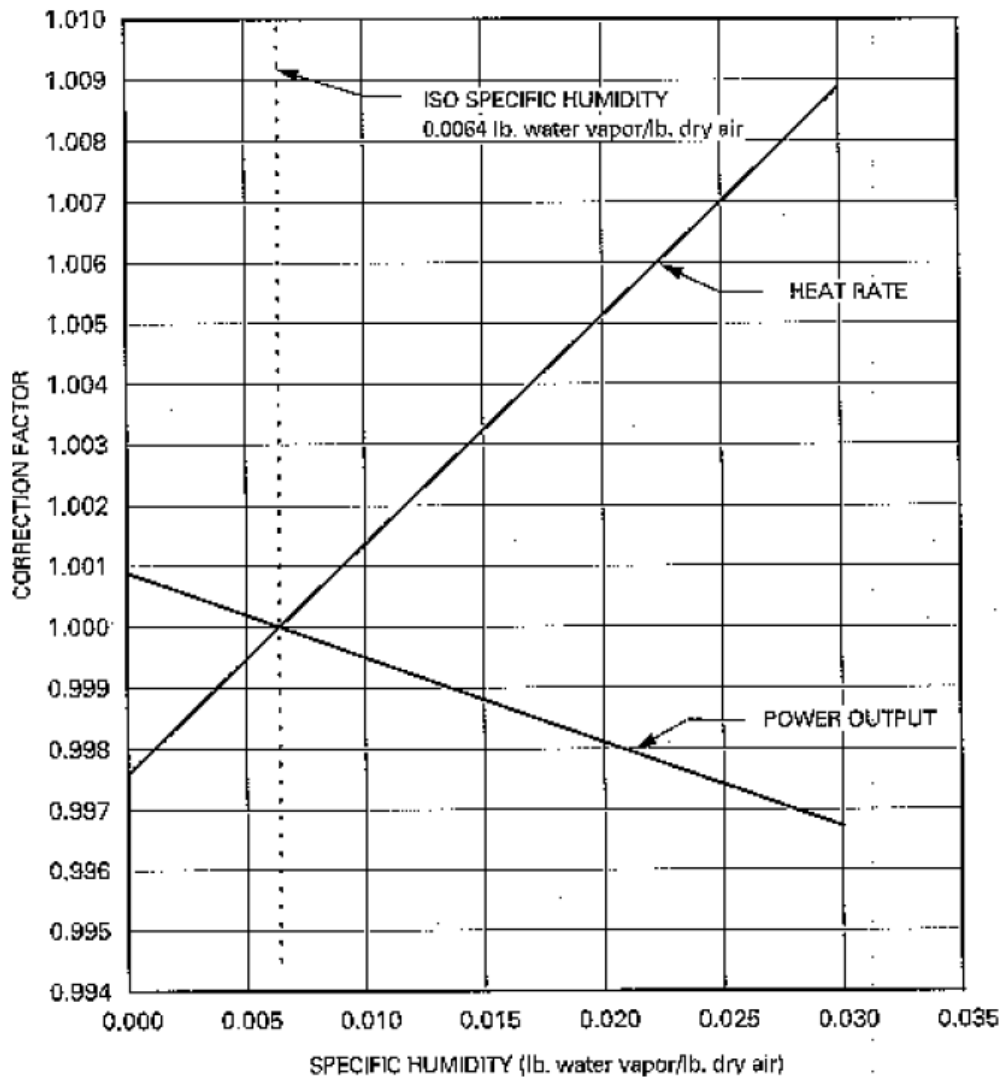


## h) Curva de corrección por humedad

### General Electric MS6001, MS7001 And MS9001 Gas Turbines

Corrections To Output And Heat Rate  
For Non-Iso Specific Humidity Conditions

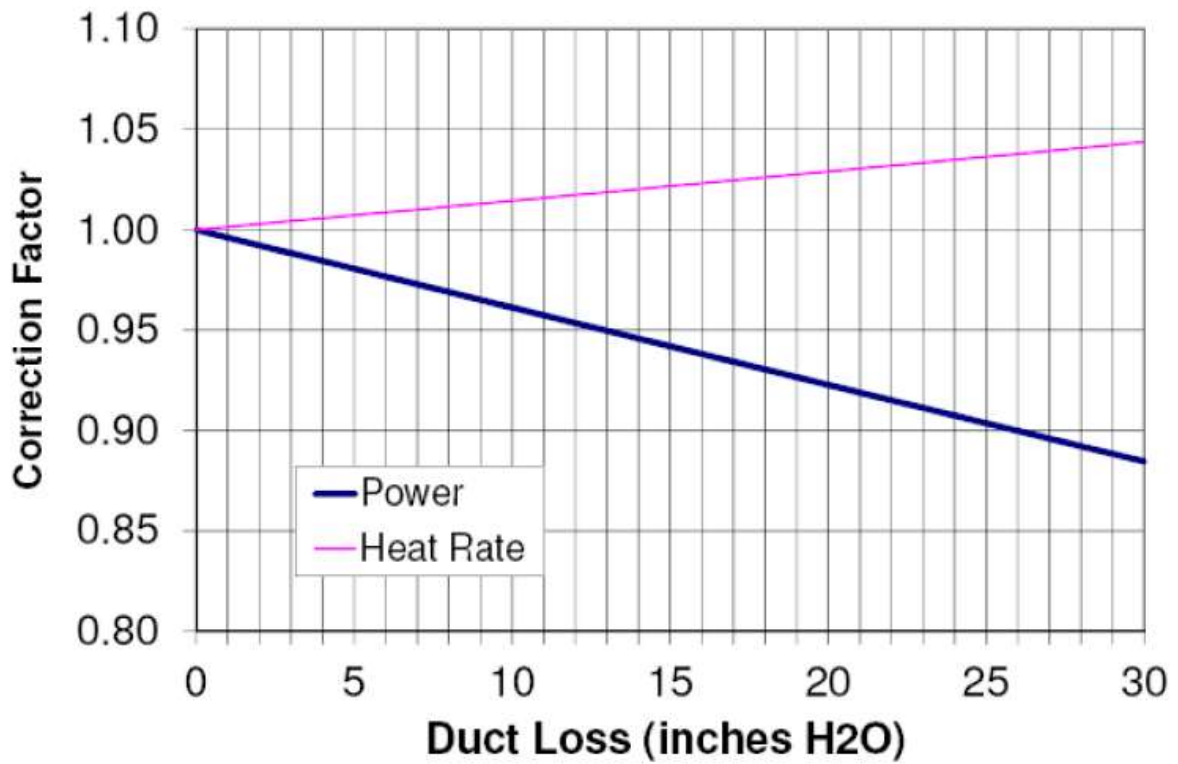
For Operation At Base Load On Exhaust  
Temperature Control Curve





- i) Curva de corrección por depresión en la admisión (referencia turbina Solarturbines Titan 130 de 15 MW)

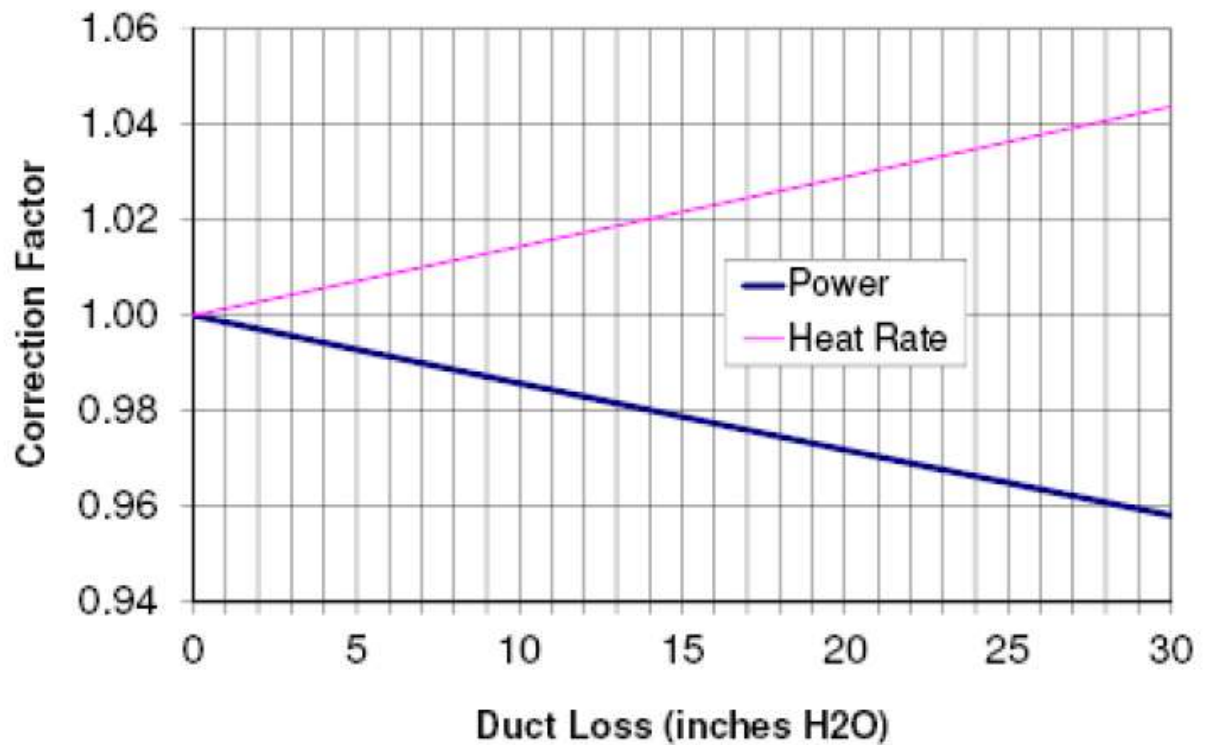
### T130 20501 Axial Full Load Inlet Duct Loss Correction





- j) Curva de corrección por contrapresión de escape (referencia turbina Solarturbines Titan 130 de 15 MW)

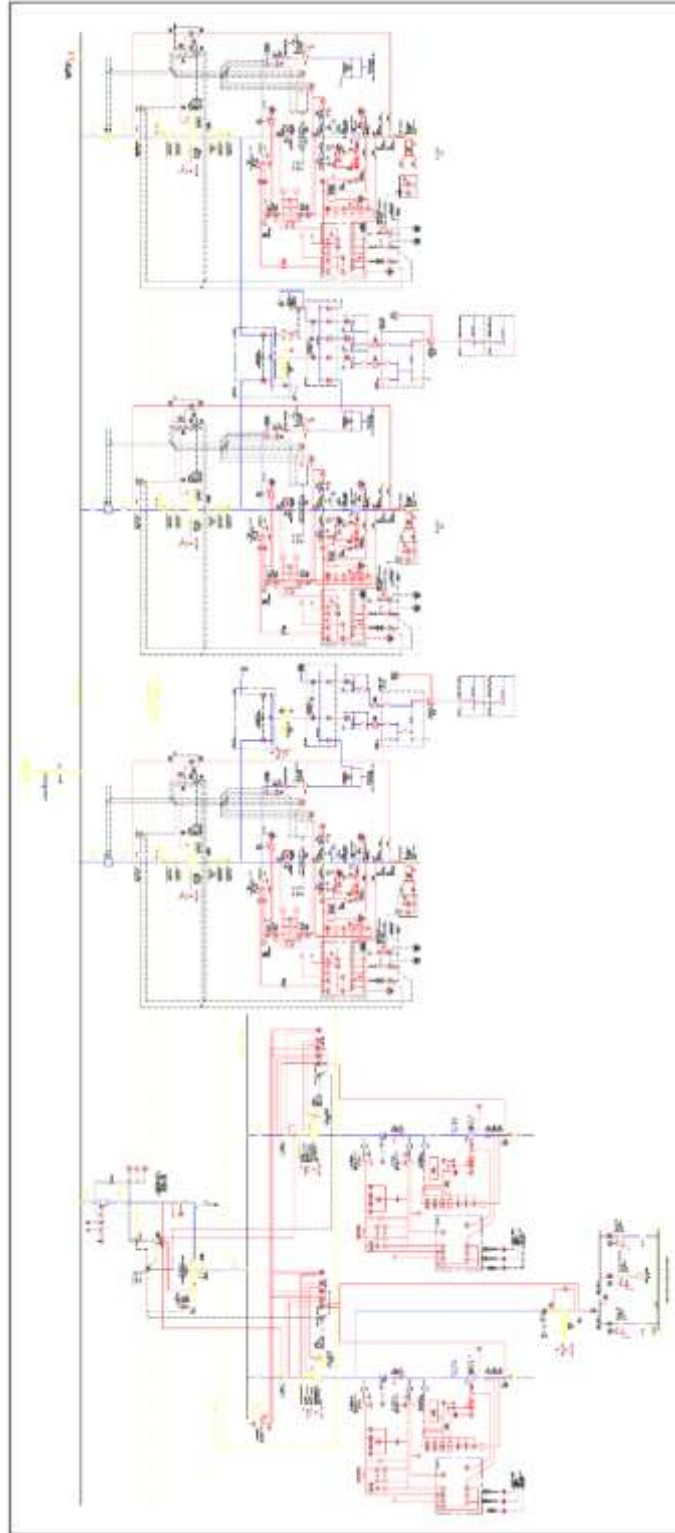
### T130 20501 Axial Full Load Exhaust Duct Loss Correction Factor





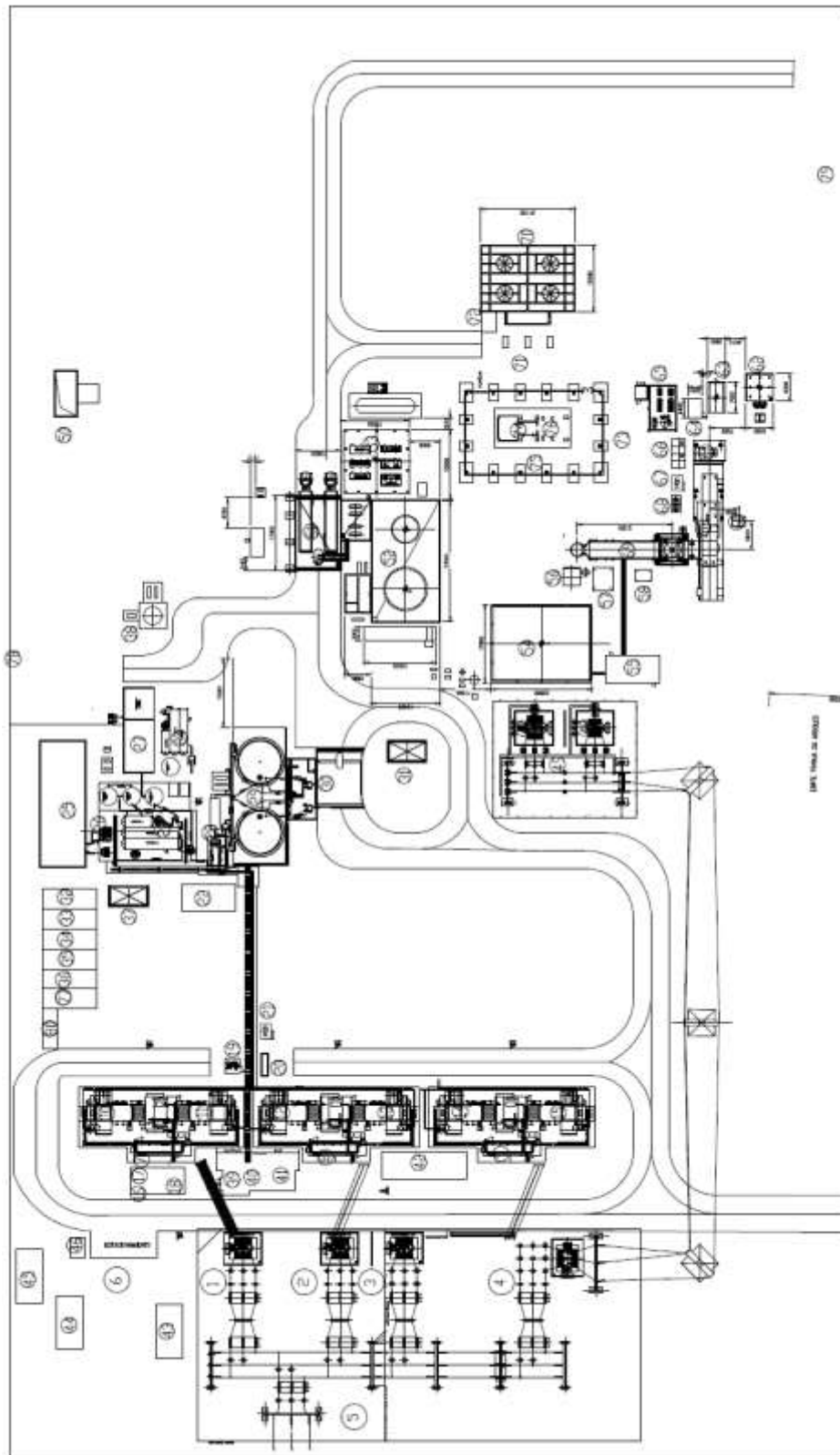


## ANEXO 2: DIAGRAMA UNILINEAL ELÉCTRICO DE LA PLANTA



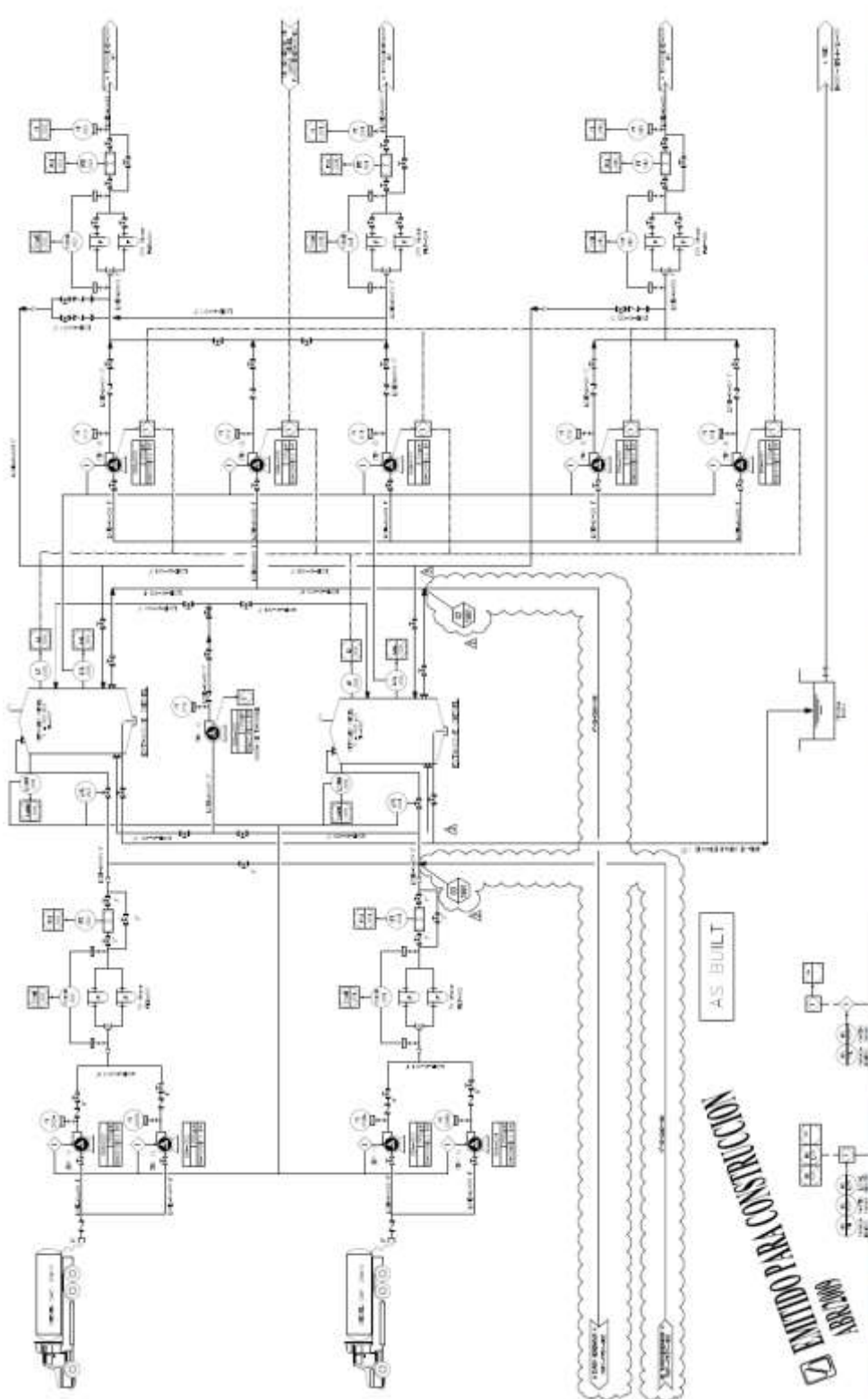


### ANEXO 3: PLANO DE DISPOSICIÓN DE LA PLANTA



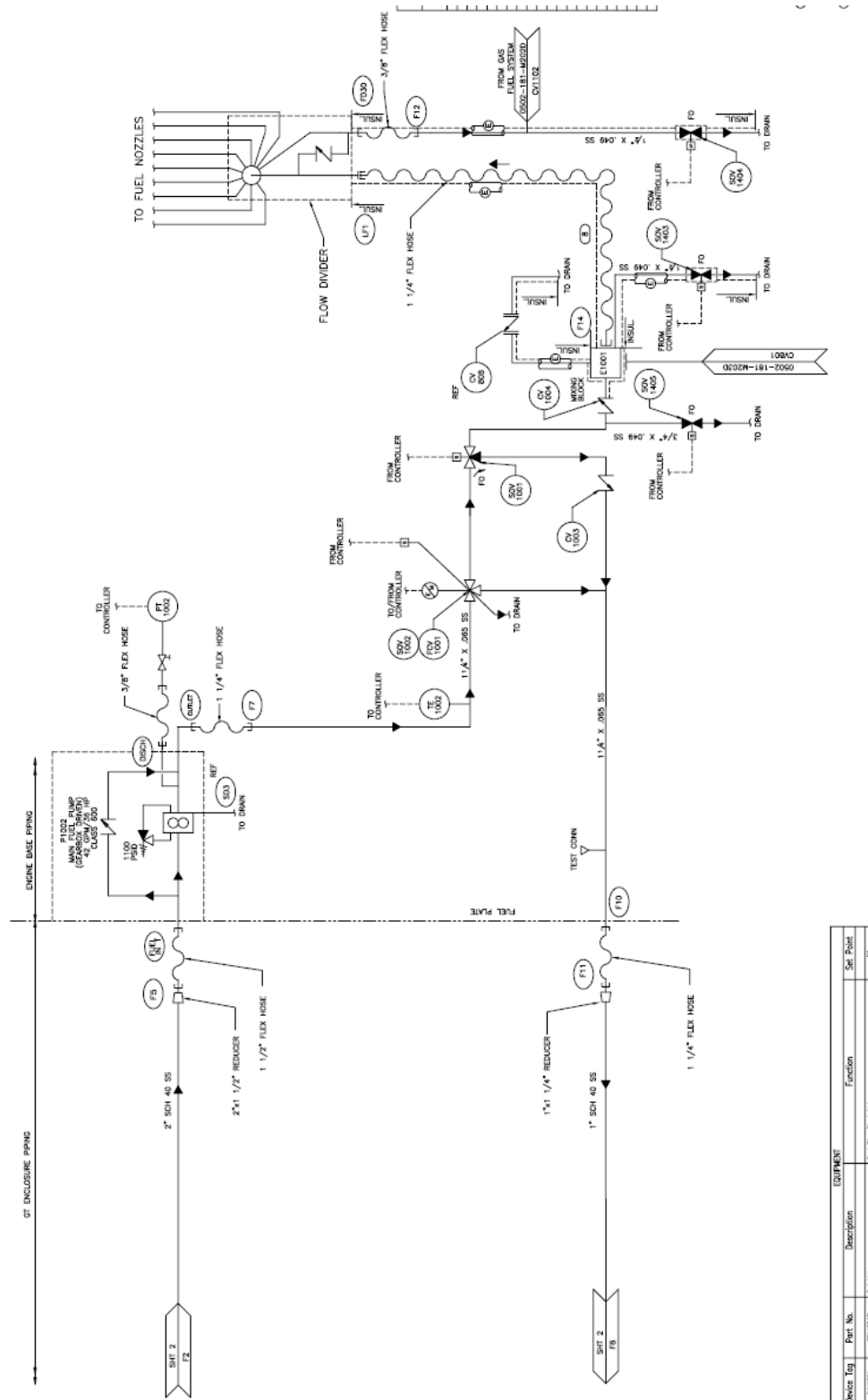


## ANEXO 4: DIAGRAMA SISTEMA DE COMBUSTIBLE GENERAL





## ANEXO 5: DIAGRAMA SISTEMA DE COMBUSTIBLE TURBINAS P&W



Device Tag	Part No.	Description	Function	See Part
8400001	PT111437	1.000.000.000	1.000.000.000	1.000.000.000





## **ANEXO 7: CERTIFICADOS DE CONTRASTACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN**

### **Unidades Pratt & Whitney**

- a) Medidores de caudal de combustible: Se adjunta Certificados de calibración de medidores de flujo de combustible de Unidades 1A, 1B, 2A, 2B, 3 A y 3B.
- b) Presión diferencial del filtro en la admisión de aire del compresor: Se adjunta Certificados de contrastación de medidores de presión diferencial del filtro en la admisión de aire del compresor de Unidades 1A, 1B, 2A, 2B, 3 A y 3B.
- c) Presión absoluta de gases a la descarga de la turbina: Se adjunta Certificados de contrastación de medidores de Presión absoluta de gases a la descarga de la turbina de Unidades 1A, 1B, 2A, 2B, 3 A y 3B.
- d) Presión absoluta de aire a la entrada del compresor: Se adjunta Certificados de contrastación de medidores de Presión absoluta de aire a la entrada del compresor de Unidades 1A, 1B, 2A, 2B, 3 A y 3B.
- e) Temperatura de los gases a la descarga de la turbina: Se adjunta Certificados de contrastación de medidores de Temperatura de los gases a la descarga de la turbina de Unidades 1A, 1B, 2A, 2B, 3 A y 3B.
- f) Temperatura del aire a la entrada del compresor: Se adjunta Certificados de contrastación de medidores de Temperatura del aire a la entrada del compresor de Unidades 1A, 1B, 2A, 2B, 3 A y 3B.
- g) Humedad relativa del aire a la entrada del compresor: Se adjunta Certificados de contrastación de medidores de Humedad relativa del aire a la entrada del compresor de Unidades 1A, 1B, 2A, 2B, 3 A y 3B.
- h) Potencia Neta: Se adjunta Certificados de contrastación de medidores de Potencia Neta (año 2016) de Unidades 1A, 1B, 2A, 2B, 3 A y 3B.

### **Unidad General Electric**

- i) Presión manométrica de gases a la descarga de la turbina: Se adjunta Certificados de contrastación de medidores de Presión manométrica de gases a la descarga de la turbina Unidad 4.
- j) Temperatura del aire a la entrada del compresor: Se adjunta Certificados de contrastación de medidores de Temperatura del aire a la entrada del compresor de Unidad 4.
- k) Temperatura de los gases a la descarga de la turbina: Se adjunta Certificados de contrastación de 18 medidores de Temperatura de los gases a la descarga de la Unidad 4.
- l) Temperatura de los gases al interior de la turbina: Se adjunta certificados de contrastación de medidores de Temperatura en las etapas 1 y 2 al interior de la Unidad 4.





## ANEXO 8: PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRAS DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS EN PLANTA Y TERMINALES (SGS)

Documento PDF Adjunto: OGC-L3-SAM(CL)-INS-30I Muestreo de Combustibles  
Líquidos Derivados del Petróleo\_Rev02



SISTEMA DE GESTIÓN DE  
INTEGRIDAD OPERACIONAL

TOMA DE MUESTRAS DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS EN PLANTA Y TERMINALES		
GRUPO SGS EN CHILE	INSTRUCTIVO	OGC-L3-SAM(CL)-INS-30I
OIL, GAS & CHEMICALS	AREA INSPECCIONES, APLICACION NACIONAL	
Fecha Elaboración:	08/2018	
N° Edición:	02	
Fecha Edición:	09/2019	
Elaborado Por:	Asesor Técnico Inspecciones	
Revisado Por:	Jefe Area Técnica Inspecciones/Supervisor de Inspecciones	
Aprobado Por:	Gerente de sector	

CONTROL DE CAMBIOS		
N° Revisión:	Fecha:	Cambios desde la última revisión/edición:
01	08-2018	Se modifica Versión 01, Modificando el ítem 7.0 sobre Punto de Muestreo y modalidad de llenado de contenedores de muestreo.
02	09-2019	Se modifica el ítem 2: Alcance y Aplicación (Centrales de Generación de Electricidad).

© SGS Group Management SA - 2013 - Reservados todos los derechos - SGS es una marca comercial registrada de SGS Group Management SA

La impresión de este documento es una copia no controlada a menos que esté firmada por un signatario autorizado.  
La revisión vigente de este documento y la lista maestra se encuentra publicada en Intranet, base de datos OIMS.



## ANEXO 9: LÍMITES DE EMISIONES DE ACUERDO A RCA DE CENTRAL YUNGAY

### Unidades 1, 2 y 3:

Tabla N°4: Emisiones aprobadas para la Central Campanario

<b>Central Termoeléctrica Campanario</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Tasa de emisión de NOx	3.116	ton/año
Tasa de emisión de SO <sub>2</sub>	3.942	ton/año
Tasa de emisión de CO	442	ton/año
Tasa de emisión de PM10	328	ton/año
Tasa de emisión de THC	205	ton/año

### Unidad 4:

Tabla N°5 Características y emisiones asociadas a la operación del equipo TG4.

<b>Central Termoeléctrica Campanario</b>		
<b>Parámetro</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Número de chimeneas	1	
Altura chimenea	30	metros
Diámetro chimenea	3,2	metros
Temperatura de los gases	473	°K
Velocidad de los gases	6,51	m/s
Tasa de emisión de NOx	1771	ton/año
Tasa de emisión de SO <sub>2</sub>	2053	ton/año
Tasa de emisión de CO	6,6	ton/año
Tasa de emisión de PM10	24	ton/año





## ANEXO 10: DESVIACIONES DE DATOS RELEVANTES

- **Variaciones de datos Unidad 1:**

Test Run	T_adm [°F]	Cons. Comb. [lb/h]	Potencia Bruta [kWe]	Potencia Neta [kWe]	FP [-]	P atm [bar]	Vel Rot [RPM]
1	0,73	0,76%	0,89%	0,89%	0,12%	0,00%	0,08%
2	0,90	1,08%	1,48%	1,48%	0,18%	0,00%	0,15%
3	0,54	1,14%	1,54%	1,54%	0,19%	0,00%	0,18%
4	0,76	1,26%	1,82%	1,82%	1,73%	0,00%	0,14%
5	1,29	1,72%	2,37%	2,37%	0,37%	0,05%	0,09%
6	0,88	1,44%	2,51%	2,51%	0,27%	0,00%	0,07%
7	0,85	2,29%	3,95%	3,95%	1,06%	0,00%	0,08%

- **Variaciones de datos Unidad 2:**

Test Run	T_adm [°F]	Cons. Comb. [lb/h]	Potencia Bruta [kWe]	Potencia Neta [kWe]	FP [-]	P atm [bar]	Vel Rot [RPM]
1	1,31	0,81%	0,64%	0,64%	0,14%	0,00%	0,18%
2	1,29	0,65%	0,91%	0,91%	0,18%	0,00%	0,08%
3	1,10	0,87%	1,25%	1,25%	0,39%	0,00%	0,06%
4	1,21	1,20%	1,29%	1,29%	0,22%	0,05%	0,12%
5	1,00	0,80%	1,35%	1,35%	0,25%	0,00%	0,12%
6	0,91	1,02%	1,92%	1,92%	0,24%	0,00%	0,05%
7	0,92	1,57%	2,58%	2,58%	1,68%	0,00%	0,09%



- **Variaciones de datos Unidad 3:**

Test Run	T <sub>adm</sub> [°F]	Cons. Comb. [lb/h]	Potencia Bruta [kWe]	Potencia Neta [kWe]	FP [-]	P atm [bar]	Vel Rot [RPM]
1	1,03	0,56%	0,53%	0,53%	-0,06%	0,00%	0,08%
2	1,02	1,21%	1,57%	1,57%	-0,17%	0,00%	0,08%
3	0,98	1,38%	1,88%	1,88%	-0,18%	0,00%	0,10%
4	1,12	1,34%	1,93%	1,93%	-0,13%	0,00%	0,15%
5	0,98	1,65%	2,41%	2,41%	-0,15%	0,08%	0,12%
6	1,05	1,51%	2,28%	2,28%	-0,15%	0,00%	0,10%
7	0,89	4,25%	4,42%	4,42%	-0,25%	0,00%	0,10%

- **Variaciones de datos Unidad 4:**

Test Run	T <sub>adm</sub> [°C]	Cons. Comb. [m <sup>3</sup> /h]	Potencia Bruta [kWe]	Potencia Neta [kWe]	FP [-]	P atm [mbar]	Vel Rot [RPM]
1	0,25	0,51%	0,37%	0,38%	0,24%	0,00%	0,08%
2	0,34	1,93%	0,55%	0,54%	0,13%	0,00%	0,09%
3	0,43	0,53%	0,60%	0,59%	0,20%	0,00%	0,08%
4	0,34	0,72%	1,01%	0,98%	0,20%	0,00%	0,10%
5	0,61	0,67%	1,03%	1,03%	0,34%	0,00%	0,17%
6	0,27	0,59%	0,85%	0,90%	0,35%	0,05%	0,07%
7	0,21	0,90%	1,73%	1,72%	0,78%	0,00%	0,08%



# ANEXO 11: Resultados de análisis de combustibles

Documento PDF Adjunto: Análisis de combustible OS21-03219\_000008058



Reporte de Análisis: OS21-03219.001

Fecha: 21/12/2021

Central Yungay S.A.

Cerro El Plomo 5001 Puro 10 Oficina 1000, Edif. De Las Alas,

Las Condes - Santiago, Las Condes

Chile

Los resultados obtenidos en este reporte de ensayo representativos se refieren a la muestra (o muestras) según se han recibido a menos que se indique lo contrario. Todos los ensayos se han realizado de acuerdo a los métodos estándar de los métodos indicados, a menos que se indique lo contrario en el reporte. Los parámetros de prueba se refieren a la identificación de los resultados obtenidos. Las concentraciones de los resultados analizados, cuando se relacionan la conformidad con los requisitos normativos o regulatorios, deben tener en cuenta las tolerancias permitidas de ASTM D 3241, IPMT o ISO 9000 en sus versiones, al nivel de confianza preestablecido de los pruebas de prueba de los resultados en el nivel de confianza del 95%. Siempre consultar siempre a los métodos 7.3.6, 7.3.7 y 7.3.8 de la ASTM D 3241. Este reporte de ensayo se debe publicar bajo las Condiciones Generales de Servicio de la Compañía (como se describe en la página web de la compañía en [www.sgs.com](http://www.sgs.com) o bajo solicitud). Se recomienda la atención de los clientes sobre la inclusión de responsabilidades, indemnización y jurisdicción aplicable en el mismo. Si presenta reporte en un país no representado previamente o en su totalidad en la conformidad con el método.

La muestra(s) a la que se refieren los resultados obtenidos en el presente documento fueron tomadas por el cliente o por un agente que actúa bajo la dirección del cliente. Los resultados no constituyen garantía de representatividad de la muestra de las muestras y se refieren exclusivamente a la muestra(s). La Compañía no asume ninguna responsabilidad en relación con el origen o la forma de la muestra(s) enviada.

Este laboratorio está acreditado de acuerdo a la Norma Internacional ISO/IEC 17025:2017 y opera bajo un sistema de gestión de calidad reconocido formalmente competente tanto para la ejecución de los ensayos científicos en el sistema SI, SI (o) que no se encuentran dentro de nuestra categoría de acreditación.

CLIENTE/ORDEN NO:	LASER-03219EN-1490001	SISE ORDEN NO:	---
LOCALIDAD:	NA.	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO:	Diésel - Ultra-low SFA
GRUPO DE LA MUESTRA:	Como se suministró	ORDEN ID:	Muestra 01001
PUNTO DE MUESTRA:	Muestreo Portual	MUESTRO/ACQ POR:	Cliente
MUESTREO:	21/12/2021	RECIBIDO:	21/12/2021
ANÁLISIS:	21/12/2021	COMPLETADO:	21/12/2021
IMPRESIÓN:	00136		

Los análisis de laboratorio acreditados para los ensayos en el Laboratorio Subordinado son:  
S1 - Subordinado a un laboratorio externo a SGS

ANÁLISIS	MÉTODO	RESULTADO/UNIDAD
Contenido de Agua y Sedimentos	ASTM D3298	<0.01 % (w/w)
Peso Molecular	ASTM D4052	100.036 g
Densidad	ASTM D4052	<0.010 % (w/w)
S4 - Carbono	ASTM D5291 (Método A)	85.8 % (w/w)
S4 - Hidrógeno	ASTM D5291 (Método A)	13.7 % (w/w)
S4 - Nitrógeno	ASTM D5291 (Método A)	<0.18 % (w/w)
Contenido de azufre	ASTM D4052	7.7 mg/kg
Punto final de ebullición (90%)	ASTM D405	182.0 °C
90% Recuperado a	ASTM D405	342.8 °C
Punto final de ebullición (95%)	ASTM D405	377.4 °C
Gravedad API a 60°F	ASTM D1298	27.8 °API
Densidad a 15°C	ASTM D1298	0.8204 g/ml
Densidad a 15°C	ASTM D1298	828.4 kg/m³
Poder Calorífico Bruto	ASTM D4058	10801 kcal/kg
Poder Calorífico Neto	ASTM D4058	10225 kcal/kg
Viscosidad Cinemática a 50°C	ASTM D4052	4.666 mm²/s

ANÁLISIS AUTORIZADO

Valeria Osorio  
Encargada de Representación

SI 02021120000008058

ANÁLISIS AUTORIZADO

Cecilia Sepulveda  
Jefa de Laboratorio

Página 1 de 9

SGS Chile S.A. Av. Tres Puercos 17 800 Maipo, Santiago, 8080000 Chile

000\_04\_00000210\_1512\_000

Member of SGS Group (SGS SA)