



Mediciones



Laboratorio



Ingeniería



Diagnóstico



Asesoría

## INFORME TÉCNICO

### Protocolo de verificación a distancia de Potencia Máxima Unidades Generadoras 1, 2 y 3.

### Central Yungay

02 de diciembre de 2020  
Inf02E3.20-085



## DATOS DEL PROYECTO

Empresa : Central Yungay S.A.

Planta : Central Termoeléctrica Yungay.

Coordinador Eléctrico Nacional : Rabih Souki K.

Coordinador de planta C. Yungay : José Núñez P.  
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	30/10/2020	30/10/2020	04/11/2020
2	Nombre	MSV	APW	APW
	Fecha	19/10/2020	20/10/2020	20/11/2020
3	Nombre	MSV	APW	APW
	Fecha	02/12/2020	02/12/2020	02/12/2020



## ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN .....	5
2	OBJETIVO DEL ENSAYO DE POTENCIA MÁXIMA.....	6
3	DOCUMENTOS Y NORMAS APLICADAS.....	6
4	PERSONAL REQUERIDO Y RESPONSABILIDADES.....	7
4.1	Experto técnico remoto.....	7
4.2	Experto técnico interno.....	7
4.3	Coordinador representante de la empresa que ejecuta la prueba .....	7
4.4	Representante Remoto del Coordinador Eléctrico Nacional.....	8
4.5	Personal interno adicional de la planta .....	8
4.6	Observadores de otras centrales coordinadas .....	8
5	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD Y CONDICIONES DE REFERENCIA .....	9
5.1	Información general del establecimiento .....	9
5.2	Descripción de la unidad de generación .....	10
5.2.1	Unidades Pratt & Whitney SwiftPac .....	10
5.3	Configuración Actual de la central Yungay .....	11
5.4	Factores de corrección .....	11
6	PRUEBA DE POTENCIA MÁXIMA .....	12
6.1	Límites del sistema .....	12
6.2	Descripción general de la metodología .....	13
6.3	Instrumentación y mediciones .....	14
7	REALIZACIÓN DE LA PRUEBA .....	18
7.1	Planificación de la Prueba .....	18
7.2	Prueba preparatoria (Pre-test).....	18
7.3	Requisitos previos al inicio de la Prueba .....	18
7.4	Incremento de Carga.....	19
7.5	Desarrollo de la Prueba.....	20
7.6	Estabilidad de la operación .....	21
7.7	Registro de datos .....	21
7.8	Toma de muestras de combustible.....	22
7.9	Finalización de la Prueba.....	24
8	CONDICIONES PARTICULARES .....	25
8.1	Interrupción de la Prueba .....	25
8.2	Suspensión de la Prueba .....	25
8.3	Reanudación de la Prueba.....	25



---

<b>9</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>27</b>
9.1	Potencia Máxima Medida .....	27
9.2	Potencia Máxima Corregida.....	27
9.3	Incertidumbre .....	27
9.4	Formato de reporte de resultados.....	28
<b>Anexo 1: Curvas de corrección .....</b>		<b>29</b>
<b>Anexo 2: Diagrama Unilineal Eléctrico de la planta .....</b>		<b>32</b>
<b>Anexo 3: Plano de Disposición de la planta .....</b>		<b>33</b>
<b>Anexo 4: Certificados de contrastación de instrumentación .....</b>		<b>34</b>
<b>Anexo 5: Procedimiento TOMA DE MUESTRAS DE COMBUSTIBLES LIQUIDOS EN PLANTA Y TERMINALES (SGS).....</b>		<b>35</b>



## 1 INTRODUCCIÓN

El presente protocolo de ensayo establece los lineamientos base que permiten desarrollar la Prueba de Potencia Máxima para las turbinas a gas correspondientes a las unidades 1, 2 y 3 de la central de generación eléctrica Yungay, propiedad de Inkia, ubicada en la comuna de Cabrero, región del Bío-Bío. 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 al máximo valor de potencia activa bruta que puede sostener cada una de las tres unidades generadoras Pratt & Whitney por un periodo continuo mínimo de 5 horas, en los bornes de salida del generador, operando con petróleo diésel como combustible.

En el presente documento se informan las principales responsabilidades de las partes, los requisitos y metodología para realizar la prueba, el método, formato de cálculo, presentación de resultados y criterios de inicio, estabilidad, finalización y eventuales situaciones especiales durante la prueba.

Como factor adicional y debido a la situación sanitaria por la pandemia COVID19, se incluyen en este protocolo medidas adicionales para poder realizar todas las pruebas de forma remota, sin personal externo a la planta en terreno, basados en la “guía para efectuar pruebas de anexos técnicos con monitoreo a distancia”, emitido por el Coordinador Eléctrico Nacional.



## **2 OBJETIVO DEL ENSAYO DE POTENCIA MÁXIMA**

El objetivo del ensayo es verificar la Potencia Máxima de las 3 unidades Pratt & Whitney de Central Yungay, parámetro que debe ser informado al Coordinador Eléctrico Nacional conforme 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) Potencia máxima bruta medida
- b) Potencia máxima neta medida
- c) Potencia máxima bruta corregida
- d) Potencia máxima neta corregida

El motivo de la realización de esta prueba es: “El Coordinador identifica la necesidad técnica de revisar el valor de la potencia máxima de la Central”.

## **3 DOCUMENTOS Y NORMAS APLICADAS**

La realización del presente protocolo tiene como referencias las siguientes normas y documentación oficial:

- 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 679 de 2015, de la Comisión Nacional de Energía, que establece el Anexo Técnico de Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras.
- d) Guía para efectuar pruebas de anexos técnicos con monitoreo a distancia, emitido por el Coordinador Eléctrico Nacional.



## **4 PERSONAL REQUERIDO Y RESPONSABILIDADES**

### **4.1 Experto técnico remoto**

El experto técnico remoto será el responsable de desarrollar el protocolo de pruebas y de revisar y supervisar, de forma no presencial, la ejecución de todas las actividades descritas en este protocolo. En específico, sus actividades incluyen:

- a) Supervisar la prueba de potencia máxima en los términos del presente protocolo.
- b) Emitir un Acta de Prueba al finalizar el ensayo de potencia máxima, en el cual se consignan los resultados obtenidos, la hora de inicio y fin de la prueba y las principales observaciones.
- c) Entregar un Informe Técnico que contenga la información listada en el punto 9.4 del presente protocolo.

### **4.2 Experto técnico interno**

Profesional de las mismas características profesionales que el Experto técnico remoto, perteneciente al personal Coordinado que realizará las mismas funciones en terreno que el experto técnico en la modalidad presencial, y que tendrá contacto directo y permanente con el desarrollador de las pruebas.

Durante las pruebas debe estar en directa comunicación con el especialista del coordinador y con el experto técnico remoto.

El experto técnico interno confeccionará el acta diaria de pruebas, deberá revisarla y enviar al Coordinador y al experto técnico remoto para su revisión y firma.

### **4.3 Coordinador representante de la empresa que ejecuta la prueba**

El coordinador representante de la empresa que ejecuta la prueba será responsable de coordinar al personal a su mando en la operación de la unidad generadora, y corroborar que existan los recursos necesarios, incluyendo el personal calificado en la central para poder efectuar correcta e íntegramente la prueba.



#### **4.4 Representante Remoto del Coordinador Eléctrico Nacional**

El representante Remoto del Coordinador Eléctrico Nacional es responsable de coordinar la prueba de Potencia Máxima de acuerdo a la programación de la operación y las condiciones del sistema, considerando para esto el protocolo de pruebas.

#### **4.5 Personal interno adicional de la planta**

Además del Experto técnico interno, el propietario de la instalación deberá contar para efectos del desarrollo de la prueba los siguientes especialistas:

- Especialista en control Interno
- Especialista de operaciones interno
- Especialista Técnico mecánico interno
- Especialista Técnico eléctrico interno

#### **4.6 Observadores de otras centrales coordinadas**

Los representantes de otras centrales coordinadas presentes en el ensayo podrán hacer observaciones fundadas al acta de pruebas y/o al informe técnico emitido por el experto técnico dentro de un plazo de 10 días contados desde su fecha de publicación.

Estos observadores no podrán participar en el desarrollo de la prueba en calidad de observadores presenciales, solo si así fuese requerido por alguno de ellos se coordinará con el coordinado la factibilidad de la visualización remota de la prueba.





## 5 DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD Y CONDICIONES DE REFERENCIA

### 5.1 Información general del establecimiento

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

**Tabla 5.1** 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 5.1** Ubicación Central Termoeléctrica Yungay.

La disposición general de la planta se presenta en el Anexo 3.

<sup>1</sup> Para la ejecución de los ensayos de verificación de Potencia Máxima.



## 5.2 Descripción de la unidad de generación

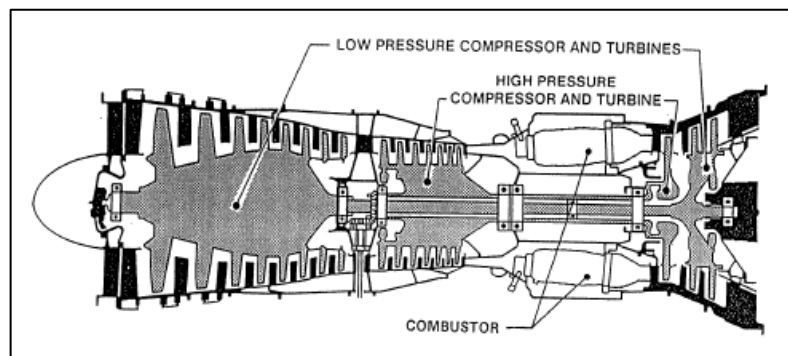
Las unidades generadoras de central Termoeléctrica Yungay consisten en 4 turbogeneradores, de los cuales las correspondientes al fabricante Pratt & Whitney modelo FT8 Swiftpac pueden operar con combustible Diésel y Gas Natural. Mientras que unidad del fabricante General Electric, frame 6B, sólo opera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

Debido a que para este caso se realizará la prueba de potencia máxima únicamente a las 3 unidades Pratt & Whitney, se especifica a continuación las características de estos equipos, dejando fuera la Turbina General Electric.

### 5.2.1 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 etapa de baja presión y las restantes 7 al de alta presión.

La etapa de baja presión está conectada a la turbina de baja presión mediante un eje, el cual pasa por el centro del turbogenerador. Por otra parte, la parte 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 5.2 Esquema partes Turbina Pratt & Whitney.*

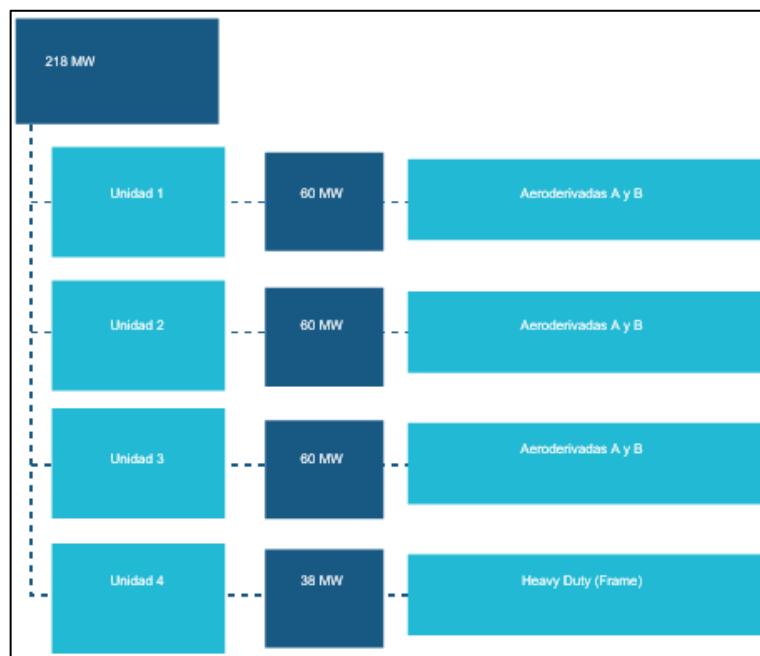


**Tabla 5.2** Características técnicas Turbinas Pratt & Whitney.

Turbina		
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]

### 5.3 Configuración Actual de la central Yungay

La configuración actual de central Yungay, se presenta en la figura 5.4.



**Figura 5.4** Configuración Central Termoeléctrica Yungay.

### 5.4 Factores de corrección

La Potencia Máxima determinada en la prueba será corregida según lo que indica el “Anexo Técnico” de la prueba en su artículo 34. Para ello, se hace uso de las



curvas o ecuaciones de corrección provistas por el fabricante por los siguientes motivos:

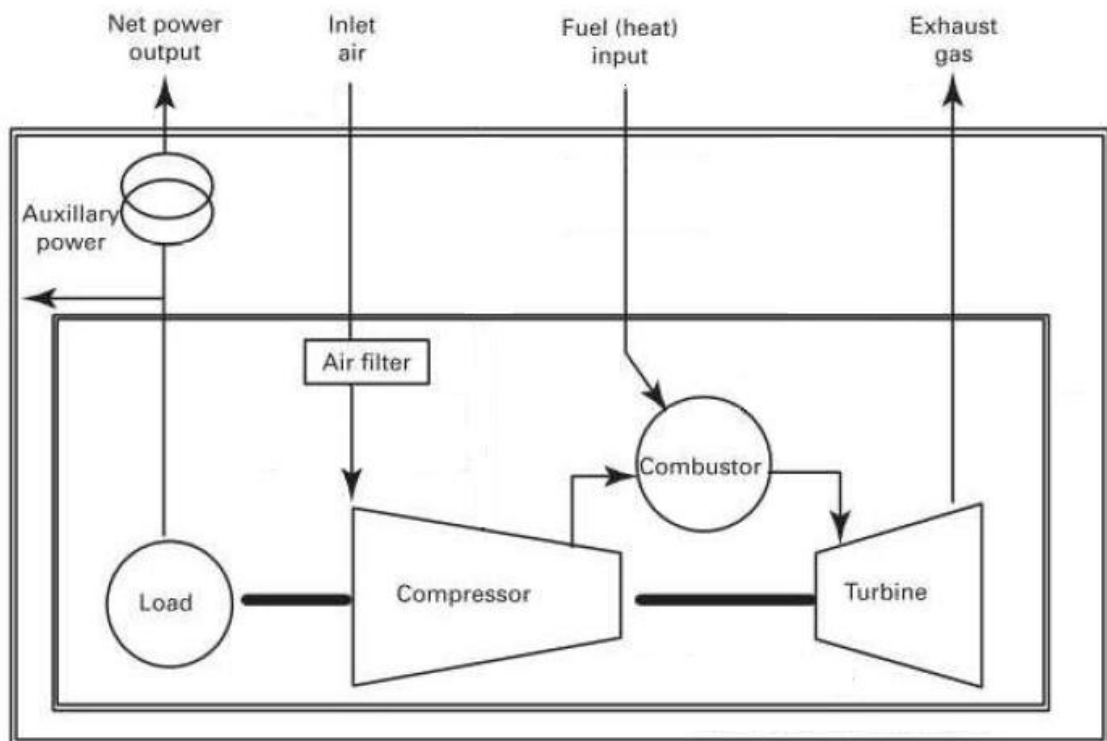
- a) Corrección por temperatura del aire de aspiración.
- b) Corrección por factor de potencia.
- c) Corrección por humedad relativa.

Las curvas de corrección disponibles, entregadas por el fabricante, se encuentran en el Anexo 1.

## 6 PRUEBA DE POTENCIA MÁXIMA

### 6.1 Límites del sistema

La unidad generadora se compone principalmente de las turbinas y el generador eléctrico, más los equipos auxiliares que permiten el adecuado funcionamiento de la unidad como un conjunto. Los equipos principales y auxiliares considerados se muestran en el esquema de la figura 6.1:



**Figura 6.1:** Esquema de la unidad y sus equipos auxiliares.



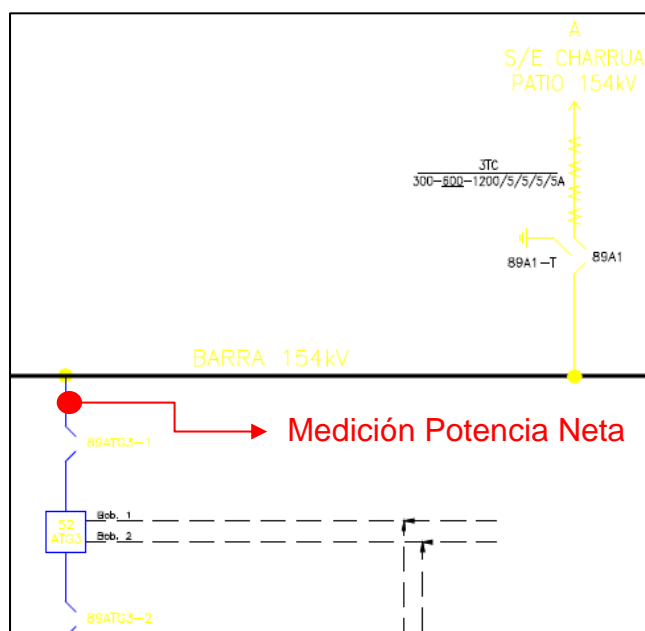
## 6.2 Descripción general de la metodología

La prueba consiste en llevar la turbina a su máxima carga técnica y sostener este modo de operación por al menos 5 horas continuas. Durante este periodo, deben tomarse mediciones periódicas de la Potencia Bruta, Potencia Neta y otras variables de interés de la unidad. En este caso sólo se utilizará petróleo diésel como combustible, por lo que no es necesario realizar diversas pruebas utilizando distintos tipos de combustible.

La Potencia Bruta de la central corresponde a la potencia activa medida en los bornes del generador. La Potencia Neta corresponde a la potencia medida en el lado alta tensión del transformador. La figura 6.2 muestra el punto de medición de la potencia neta de la Unidad 3. El diagrama Unilineal completo de la central se muestra en el Anexo 2 Las demás variables registradas durante el ensayo se indican en punto 6.3.

Las mediciones durante las 5 horas de ensayo se dividen en “test-run” o corridas de medición, con una duración de 30 minutos cada una. Todos los datos medidos dentro de cada test run son promediados para garantizar que los registros en cada carga sean representativos de una condición de operación estable. Lo anterior basado en recomendaciones ASME PTC 22 / 3-3.4.

Figura: 6.2: Unilineal eléctrico de la central.





### 6.3 Instrumentación y mediciones

Las variables a medir y el método de medición propuesto se indican en la tabla 6.2. Los rangos de incertidumbre admisibles por parámetro se rigen de acuerdo a código ASME PTC 22 para centrales con turbinas de gas, los cuales se muestran a continuación en la Tabla 6.1.

Tabla 6.1: Máximas incertidumbres permitidas de acuerdo a ASME PTC 22

Parameter or Variable	Uncertainty
AC power (RSS of VTs, CTs and meters)	0.25%
Auxiliary power	5%
DC power	0.5%
Torque	1.5%
Speed	0.1%
Time	0.05%
Inlet temperature	1°F or 0.6°C
Barometric pressure	0.075%
Humidity: Wet bulb, or RH from meter	2°F or 1.1°C 2%
Extraction/injection flows (Water, steam, N <sub>2</sub> , rotor cool)	2%
Extraction/injection temperature	5°F or 2.8°C
Gas fuel heat input	
Orifice factors (orifice meter)	0.4%
Mass flow (turbine meter)	0.5%
% volume of constituents	0.33%
Oil fuel heat input	
Mass flow	0.5%
Heat value	0.4%
Gas fuel temperature (for sensible heat calculation)	5°F or 2.8°C
Oil fuel temperature (for sensible heat calculation)	5°F or 2.8°C
Inlet total pressure drop	10%
Exhaust static pressure drop	10%
Exhaust temperature (Appendix A)	10°F or 5.6°C



En el Anexo 4 se adjuntan los certificados de contrastación de la instrumentación a utilizar, disponibles a la fecha.

Tabla 6.2.1: Variables e instrumentos de medición.

Variable	Método de medición propuesto	Sistema para el registro
<b>Mediciones en Aire aspiración</b>		
Temperatura	TE010 Estación HMI-Citec, instalada en entrada aire aspiración a turbina (luego de filtros de aire). Error permisible 0,6 °C.	DCS planta
Presión	Transmisor de presión diferencial Marca Tecsis, error permisible $\pm 10\%$ (SN Unidad 1A: 141870) Transmisor de presión diferencial Marca Honeywell Modelo pdw error permisible $\pm 10\%$ (SN Unidad 1B: 1196326) Transmisor de presión diferencial Marca SENSOTEC Modelo CT117915-2/J688-01 error permisible $\pm 10\%$ (SN Unidad 2A 060-J688-01:) Transmisor de presión diferencial Marca Honeywell Modelo CT117915-2/J688-01 error permisible $\pm 10\%$ (SN Unidad 2B: 1196326; Unidad 3A, 3B: 1145653)	DCS planta
<b>Mediciones de Combustible</b>		
Caudal	Diesel: Mass Flow Sensor, tipo coriolis, marca Micro-Motion (SN 756242, 756259, 756263, 756247, 14040661, 14040215) Mass Flow Sensor, tipo coriolis, marca Endress+Hauser (SN 62060102000)	DCS planta
Temperatura	Los medidores de caudal considerados indican la temperatura del combustible medido. TAG: TE1001 Error permisible $\pm 1\%$	DCS planta
<b>Mediciones en Gases escape</b>		
Temperatura	Los medidores de presión considerados indican la temperatura de los gases medidos. TAG: TE1502 Error permisible 5,6 °C	DCS planta
Presión	Se informa que se utilizarán medidores externos a cada unidad. (Certificado de calibración/contrastación pendiente a la fecha del documento). Precisión requerida 10% o superior	Datalogger Externo



<b>Mediciones en Compresor</b>		
Presión entrada	Medidor de presión absoluta presente en entrada del compresor marca SENSOTEC modelo 811-FMA/1535-16-01, error permisible $\pm 1\%$ (SN Unidad 1A: 771007; Unidad 1B: 785027; Unidad 2A: 785017; Unidad 2B: 785027; Unidad 3A: 1159969; Unidad 3B: 1176441)	DCS planta
<b>Mediciones de Potencia y relacionadas</b>		
Potencia bruta	Se informa que se utilizarán medidores externos a cada unidad. (Certificado de calibración/contrastación pendiente a la fecha del documento).  Se requieren medidores de energía clase 0,2 o superior	Datalogger Externo
Potencia activa		Datalogger Externo
Potencia reactiva		Datalogger Externo
Factor de potencia		Datalogger Externo
Potencia neta		Datalogger Externo
Tensión		Datalogger Externo
Frecuencia		Datalogger Externo
Velocidad rotor	Registrada, TAGS medidores NL, NH y NP Speed Error permisible 0,1%.	DCS planta
Potencia SSAA	Calculada a partir de la diferencia entre potencia Bruta y Potencia Neta.	N/A

Tabla 6.2.2: Variables e instrumentos de medición (continuación).

<b>Variable</b>	<b>Método de medición propuesto</b>	<b>Sistema para el registro</b>
<b>Mediciones Ambientales</b>		
Humedad	Medición de Humedad relativa del aire al ingreso del compresor; error permisible $\pm 2\%$ ; TAG: RH014	DCS planta
Presión barométrica	Será registrado por equipo externo (estación meteorológica), precisión requerida 0,075% o superior (Certificado de calibración/contrastación pendiente a la fecha del documento).	Datalogger Externo

La temperatura en la cámara de combustión de cada unidad es registrada por 9 sensores por cada unidad (TAGS: TE001 a TE009) conectados a DCS Planta.





No existe en planta un medidor para la Potencia SSAA, por lo tanto, será calculada a partir de la diferencia entre potencia Bruta y Potencia Neta. Debido al bajo régimen de funcionamiento, la turbina no alimenta con energía otras instalaciones que no sean estrictamente servicios auxiliares de la turbina. Así también se observa en el unilíneal eléctrico de la central.

Los datos registrados por el sistema DCS de planta serán rescatados mediante software del mismo sistema que permite generar archivo con los datos registrados en la frecuencia de tiempo seleccionada. El personal de planta prestará apoyo en el rescate de estos datos.

Todos los equipos de medición de variables eléctricas a ser utilizados en los procesos de verificación deben ser de Clase +/- 0,2 % o superior, adicionalmente como mínimo el equipamiento utilizado deberá ser capaz de almacenar los valores capturados en unidades de medida (por ejemplo, potencia, temperaturas, flujos, presión, etc.) sin ser afectados por escalas, filtros u otras adaptaciones, y estar disponibles para su rescate al término de cada prueba.



## **7 REALIZACIÓN DE LA PRUEBA**

### **7.1 Planificación de la Prueba**

La fecha programada para las pruebas de Potencia Máxima de central Yungay son los días 9, 10 y 11 de diciembre de 2020.

Como se mencionó anteriormente, las pruebas de cada unidad deben ser de al menos 5 horas continuadas.

### **7.2 Prueba preparatoria (Pre-test)**

En reunión de inicio y en conformidad a lo recomendado por la Norma ASME PTC 22 / 3.2-6, se acordó la realización de una Prueba Preparatoria en la central, orientada a confirmar que la operación de la central y que los instrumentos de medición se encuentran en óptimas condiciones. La fecha agendada para la realización de este pre-test corresponde al día lunes 23 de noviembre de 2020 a las 10:00 hrs. A partir de lo observado en la prueba preparatoria podrán efectuarse comentarios y correcciones al presente protocolo de ensayo, las que deberán ser revisadas y aprobadas por el Coordinador Nacional y la Central Generadora.

### **7.3 Requisitos previos al inicio de la Prueba**

Antes del inicio de la prueba se debe efectuar el siguiente checklist:

- a) Verificar condiciones de operación de la central:
  - Los instrumentos de medición de los distintos parámetros relevantes para la prueba deben encontrarse calibrados y verificados con anterioridad por el experto técnico.
  - Todos los dispositivos de control y protecciones, incluyendo alarmas, deben estar habilitados y operativos, esto deberá ser verificado en terreno por el Experto Interno.
  - Las unidades generadoras en prueba no participarán en el control de frecuencia y deberán operar en modo control de carga. Se entenderá por modo control de carga, al modo en el cual la unidad generadora está consignada, en forma exclusiva y mediante su respectivo lazo de control automático, al seguimiento del nivel de generación de referencia, debe ser verificado durante la realización de la prueba.



- En aquellas turbinas de gas que posean diferentes sistemas de enfriamiento de aire de aspiración: “Inlet Chilling”, “Fogging o niebla de agua”, “Enfriador Evaporativo”, “Intercooling Evaporative o Overspray”, entre otros, dicho sistema deberá estar fuera de servicio durante las pruebas, dado que pueden introducir distorsiones importantes en la determinación de la temperatura de aspiración del compresor. (ASME PTC 46 “Performance Test Code on Overall Plant Performance”, párrafo 5.5.2) y debe quedar verificado al inicio y durante la realización de la prueba.
  - Solo podrá eventualmente regularse manualmente la carga de la unidad a fin de mantener la potencia activa en la carga de consigna, siendo comunicada al experto técnico remoto el uso de ajustes durante la prueba.
  - Ajustar el factor de potencia (FP) a 0.95.
- b) Verificar lectura de los equipos de medición principales.
  - c) Verificar sincronización horaria entre los distintos equipos de medición.
  - d) Verificar que el sistema de adquisición de datos de planta esté operativo.
  - e) El personal descrito en el capítulo 4 (Experto Técnico remoto, Experto Técnico interno, Operaciones, Representante del Coordinador) debe estar listo para dar comienzo a la prueba.

A parte del listado anterior, se recomienda al personal de la central:

- a) Efectuar inspección y limpieza de los equipos previos a la prueba de acuerdo a instrucciones del fabricante.
- b) Realizar inspección, y eventual reemplazo de filtros de aire de la turbina, según recomendaciones del fabricante.

#### **7.4 Incremento de Carga**

Luego de que todas las verificaciones del punto 7.3 son realizadas, la unidad debe ser llevada a su condición de máxima potencia.

Para alcanzar la carga máxima de la turbina, es necesario incrementar la potencia de la unidad de forma paulatina, manteniendo el factor de potencia al valor más cercano posible a 0,95, sin alcanzar los niveles máximos de voltaje permisibles de la red.



## 7.5 Desarrollo de la Prueba

El Experto técnico interno verificará que la prueba se extienda por un período mínimo de 5 horas (10 test-run de 30 minutos) durante el cual la unidad deberá permanecer en condiciones estables según lo indicado en el punto 7.6. La principal actividad del Experto Técnico remoto y Experto técnico interno será supervisar la realización de la prueba, considerando lo indicado en los siguientes puntos del protocolo.

Los datos registrados con equipos datalogger externos, deberán ser enviados en formato legible en intervalos idealmente de cada 30 minutos, para así validar la variabilidad de los parámetros registrados para cada test-run.

El Experto Técnico interno registrará la hora de inicio de la prueba.

Dada la condición particular de monitoreo remoto de las pruebas por parte del experto técnico remoto y por parte del Coordinador, es necesario de condiciones especiales al momento de la realización de la misma, las cuales se presentan en la “Guía para efectuar pruebas de anexos técnicos con monitoreo a distancia” y se detallan a continuación:

- Comunicación directa del experto técnico interno con el especialista del Coordinador.
- Comunicación directa del experto técnico interno con el Experto Técnico Remoto.
- Acceso remoto del Experto técnico remoto a las pantallas de control del DCS u otras de las instalaciones de manera remota.
- Acceso remoto del Experto técnico remoto a las pantallas de gráficos de tendencias de la unidad en prueba o datos en tiempo real para su obtención.
- Acceso remoto del Experto técnico remoto a las pantallas de alarmas en tiempo real de las unidades en prueba.
- Acceso visual remoto a las instalaciones de terreno: Proceso de toma de muestras, visión de equipos primarios de medidas relevantes, equipos adicionales externos instalados, equipos de medida relevantes de planta.



- Acceso remoto para Coordinados que conforme los Artículos 11 del Anexo de Potencia Máxima y artículo 12 de pruebas de CEN, referente a participantes de la prueba, presenten interés en participar de las pruebas de manera remota limitándose esto a las restricciones técnicas de accesos determinado por el propietario de las instalaciones y por el Coordinador. Los costos de estos accesos para la participación en las pruebas serán de cargo del solicitante.

El Coordinado contará con el personal disponible para todas las tareas de verificación, monitoreo, y trabajos en terreno para el correcto desarrollo de las pruebas.

Todo el personal de pruebas estará en comunicación directa con el experto técnico interno, para todas las comunicaciones de maniobras registros o eventos durante el desarrollo de la prueba.

## 7.6 Estabilidad de la operación

La norma ASME PTC 22 define en su numeral 3.3-5 la desviación máxima aceptable para los parámetros medidos durante la Prueba. La tabla 7.6 es un extracto de la norma. La desviación de cada parámetro se calcula respecto al promedio de cada test-run.

Tabla 7.6: Desviación máxima permisible durante la Prueba (ASME PTC 22).

**Table 3-3.5-1 Maximum Permissible Variations in Operating Conditions**

Variable	Sample Standard Deviation
Power output (electrical)	0.65%
Torque	0.65%
Barometric pressure	0.16%
Inlet air temperature	1.3°F (0.7°C)
Fuel flow	0.65%
Rotating speed	0.33%

## 7.7 Registro de datos

El registro de datos debe mantenerse activo durante toda la duración de la Prueba. Todas las variables listadas en la tabla 6.2.1 y 6.2.2 serán registradas en un



intervalo regular de 1 minuto o menos. Se utilizará el sistema de registro de planta para almacenar los datos indicados.

La medición de potencia y factor de potencia se realizará con lecturas obtenidas directamente del medidor o por adquisición vía software dedicado, realizadas directamente en terreno y con un tiempo de muestreo máximo de 5 segundos.

Para los datos de registro manual, habrá una persona dedicada al registro de equipos que presenten esta modalidad. El registro manual de variables se realizará a intervalos regulares de 10 minutos.

El Coordinado es responsable de mantener operativo tanto el sistema de registro de datos de planta como los sensores que alimentan esta base de datos.

El Experto técnico interno y experto técnico remoto son responsables de verificar que todos los datos de instrumentación considerados para la prueba estén siendo registrados adecuadamente, ya sea en sistema de registro de planta o en sistema de adquisición de datos independiente.

## 7.8 Toma de muestras de combustible

### a) Diésel

Punto de muestreo	Interior estanque de diésel o en línea de alimentación a turbinas
Procedimiento de muestreo	Procedimiento Toma de Muestras de Combustibles Líquidos en Planta y Terminales (SGS). (Procedimiento adjunto en Anexo 5)
Frecuencia toma de muestras	Dos muestras al inicio del ensayo y dos muestras al final (4 muestras en total: 2 para análisis y dos para respaldo)
Ejecuta toma de muestras	Empresa SGS
Ejecuta análisis de muestras	Laboratorios de SGS Chile de Maipú
Procedimiento de análisis	Análisis elemental y Poder Calorífico Procedimiento de acuerdo a tabla 7.8

Tabla 7.8: Procedimientos a seguir para análisis de muestras de combustible



---

<b>Parámetro a analizar</b>	<b>Norma Utilizada</b>
Poder Calorífico	ASTM D4868
Contenido de C,H y N	ASTM D5291 (Método A)
Contenido de Azufre	ASTM D5453

Las tomas de muestra serán supervisadas de forma remota a través de toma de video por el Experto Técnico remoto. El encargado de registrar los videos de las muestras será el Experto Técnico Interno. Por cada toma de muestra de combustible se debe dejar una de respaldo en poder del Coordinado o del laboratorio que realice la toma de muestras.



## 7.9 Finalización de la Prueba

La prueba se dará por finalizada cuando se cumpla un periodo mínimo de 5 horas de operación estable de la unidad. Al finalizar la Prueba, el Experto Técnico Remoto levantará un Acta de Pruebas, la cual debe consignar los horarios de la prueba, resultados preliminares y comentarios relevantes que se consideren necesarios. Esta acta deberá ser aprobada por cada uno de los participantes de la Prueba, dejando constancia de observaciones si las hubiera.

De modo análogo, al culminar la verificación en campo, el Coordinado entregará al Experto Técnico remoto un acta de pruebas diarias indicando los principales resultados obtenidos y las observaciones al proceso. Esta acta deberá ser firmada por todos los participantes internos de la prueba.

El acta de pruebas diarias a ser emitido por el experto interno debe contener los siguientes puntos:

- Nombre del experto técnico interno, experto técnico remoto, de los representantes del Coordinado, los representantes del Coordinador e invitados de otras empresas si los hubiese.
- Fecha, Hora de inicio y de término.
- Condiciones como se efectuó la prueba (niveles de carga, combustible usado, incomunicaciones de válvulas, equipos fuera de servicio, etc.)
- Anormalidades ocurridas y la forma como se resolvieron.
- Adjuntar planillas de datos, manuales y de registros del DCS.
- Detalle de las muestras tomadas de combustibles, cenizas, escorias y calizas según corresponda





## **8 CONDICIONES PARTICULARES**

### **8.1 Interrupción de la Prueba**

Cuando se deba interrumpir la prueba de Potencia Máxima de una unidad generadora por causas atribuibles a su operación o a la operación del SI, antes de completar el periodo de medición de la prueba, y la misma no pueda reiniciarse, y no se haya completado el 80% del tiempo de duración establecido de la prueba, esta no tendrá validez y deberá programarse nuevamente por el Coordinador.

Si se ha completado al menos el 80% del tiempo de duración de la prueba, a criterio del experto técnico y con aprobación del Coordinador, se podrá considerar la prueba como completada.

En cualquier caso, el tiempo real de duración de la prueba no podrá ser menor a las 5 horas continuas a las que hace referencia el Artículo 16 del presente Anexo.

### **8.2 Suspensión de la Prueba**

En caso que se produzca una falla de la unidad generadora a verificar, o de existir perturbaciones que lleven al SI al Estado de Emergencia, el Coordinador podrá suspender la prueba.

El Coordinador podrá suspender la prueba en la operación en tiempo real en caso que lo considere necesario dadas las condiciones del sistema.

Una vez superada la condición antes indicada, el Coordinador podrá autorizar la reanudación de la prueba si las condiciones del sistema lo permiten. En caso contrario, el Coordinador reprogramará la realización de la prueba.

### **8.3 Reanudación de la Prueba**

Debe existir un consenso entre el Experto técnico remoto y el Representante del Coordinador Nacional para reanudar una prueba luego de que ésta ha sido interrumpida o suspendida.



---

En caso de reanudarse la Prueba, el test-run en proceso debe ser invalidado. Al reanudar el funcionamiento de la unidad, se debe lograr la estabilidad en primera instancia para luego dar la señal de reinicio de la Prueba. La prueba debe continuar hasta que se completen las 5 horas mínimas de operación.

El Experto Técnico interno es el responsable de registrar todas las horas y comentarios de interés frente a las situaciones de interrupción, suspensión y reanudación de la Prueba.



## 9 RESULTADOS

### 9.1 Potencia Máxima Medida

La Potencia Máxima que será considerada como resultado de la prueba será igual al promedio de valores de potencia bruta obtenido en cada test-run. Dichos valores serán a su vez el promedio de todas las lecturas de potencia bruta tomada en los bornes del generador durante la ejecución de cada test-run.

La Potencia Neta Medida que será reportada en el informe técnico se calculará por manera análoga considerando las mediciones puntuales de Potencia Neta efectuadas durante el ensayo.

### 9.2 Potencia Máxima Corregida

La Potencia Máxima bruta determinada en la prueba correspondiente, será corregida según lo indicado en el Anexo Técnico de la prueba, en su artículo 34. Para ello se hace uso de las curvas de corrección provistas por el fabricante. La potencia corregida (tanto bruta como neta) será calculada según la siguiente fórmula:

$$P_{corr} = P_{med} * F_T * F_H * F_{FP}$$

Donde:

- $P_{corr}$  Potencia corregida
- $P_{med}$  Potencia medida
- $F_T$  Factor de corrección por temperatura de aire de aspiración
- $F_H$  Factor de corrección por humedad relativa
- $F_{FP}$  Factor de corrección por factor de potencia

### 9.3 Incertidumbre

La incertidumbre de los resultados obtenidos será calculada según las directrices de las normas ASME PTC 22 Y ASME PTC 19.1. El resultado de Potencia Máxima obtenido no será corregido por la magnitud de incertidumbre obtenida, sin embargo, será informada en el Informe Técnico de la Prueba.



## 9.4 Formato de reporte de resultados

En el plazo de 15 días hábiles después de realizada la prueba de Potencia Máxima, el experto técnico enviará al Coordinador Nacional el acta de la prueba y un Informe Técnico que contendrá la memoria de cálculo, análisis, registros de las mediciones consignadas en el acta de la prueba y las conclusiones obtenidas. El informe será publicado en el sitio web del Coordinador Eléctrico Nacional.

El informe técnico contendrá la siguiente información:

- a) Responsable o responsables del ensayo, cuya firma y aclaración deberá constar al final del mismo y en las hojas de cálculo.
- b) Objeto del ensayo.
- c) Descripción técnica de los equipos principales.
- d) Descripción del ensayo.
- e) Normas aplicadas.
- f) Memoria técnica del procedimiento: condiciones del ensayo, metodología, instrumental empleado.
- g) Hojas de cálculo completas del ensayo.
- h) Anexos: Curvas de corrección, certificados de contraste de instrumentos, protocolos de análisis de combustible, protocolos de mediciones, esquemas de mediciones principales, protocolo de parámetros ambientales, esquemas de balances térmicos y toda información adicional que se considere de utilidad para una mejor interpretación del informe.

Además, se indicarán los siguientes resultados:

- a) Potencia máxima bruta medida
- b) Potencia máxima neta medida
- c) Potencia máxima bruta corregida
- d) Potencia máxima neta corregida

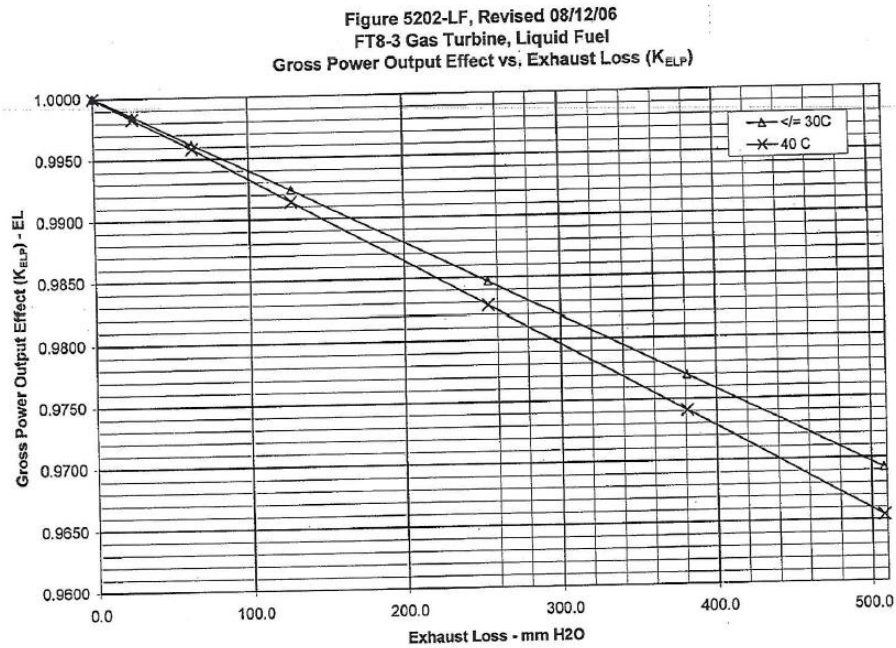
Alberto Piel Westermeyer  
Gerente de Ingeniería  
Proterm S.A.

Martin Saelzer Vilaboa  
Ingeniero de Proyectos  
Proterm S.A.

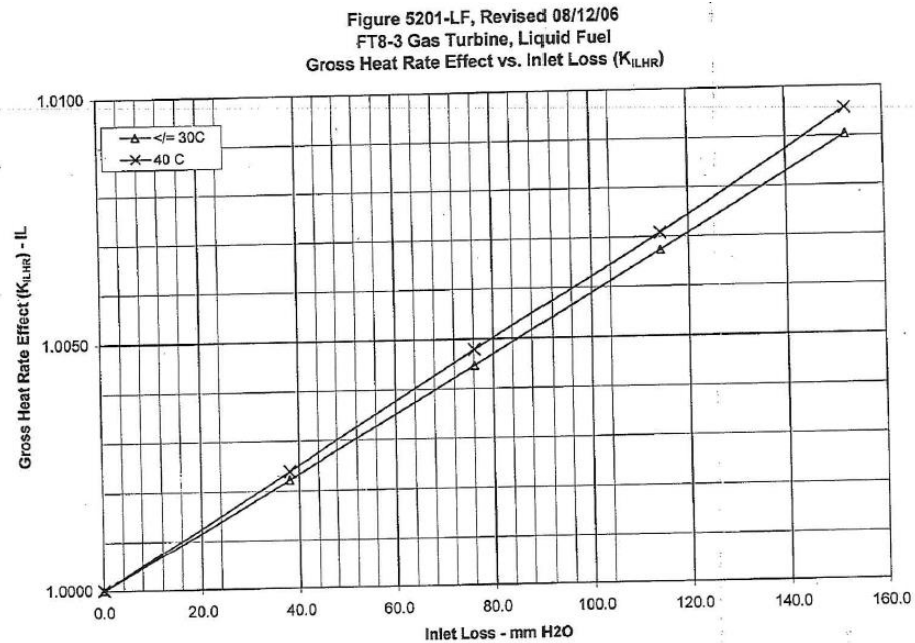


## ANEXO 1: CURVAS DE CORRECCIÓN

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



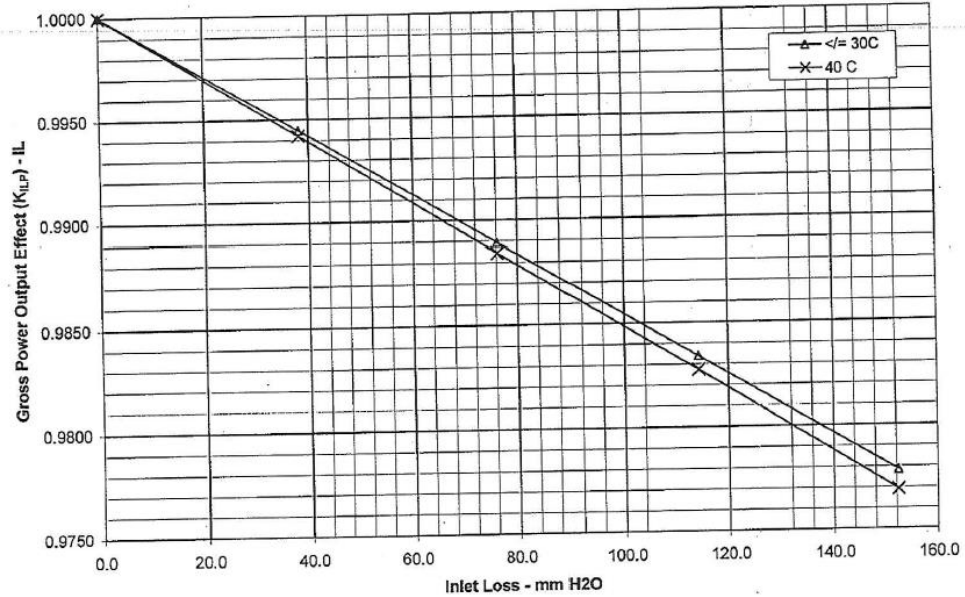
b) Curva de corrección (Heat Rate) por pérdida de carga en la admisión de aire





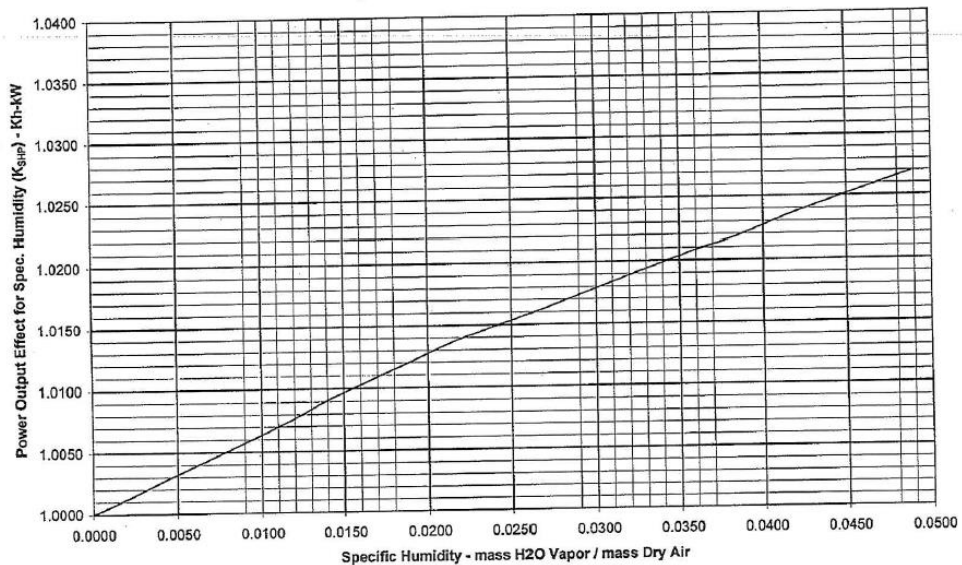
c) Curva de corrección (P) por pérdida de carga en la admisión de aire

Figure 5200-LF, Revised 08/12/06  
FT8-3 Gas Turbine, Liquid Fuel  
Gross Power Output Effect vs. Inlet Loss ( $K_{ILP}$ )



d) Curva de corrección por Humedad Específica

Figure 5198-LF, Revised 08/12/06  
FT8-3 Gas Turbine, Liquid Fuel  
Gross Power Output Effect vs. Specific Humidity ( $K_{SHp}$ ) - Kh-kW

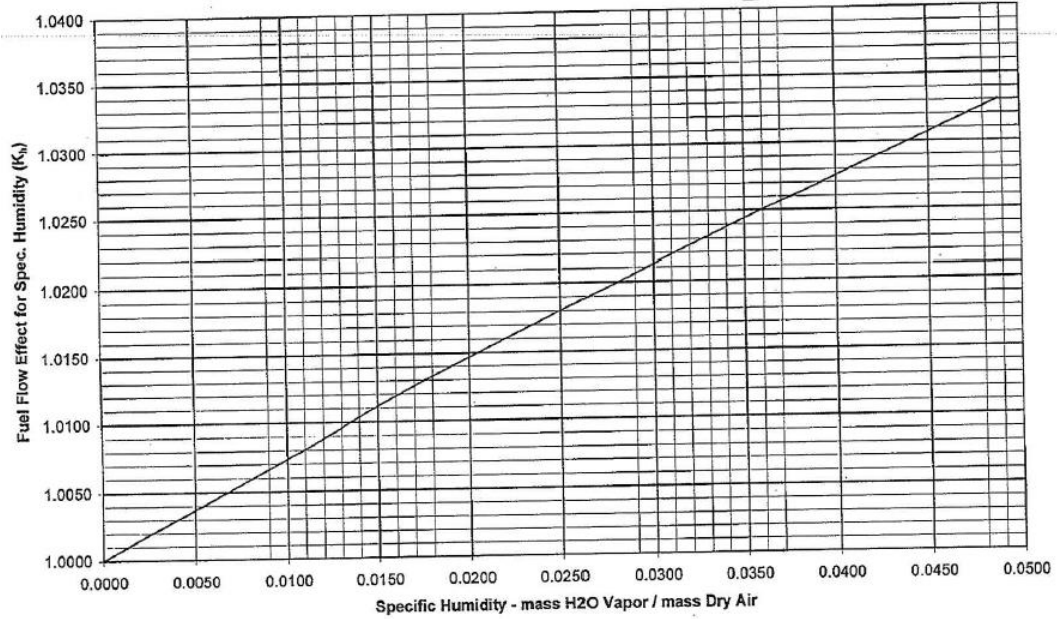




e) Curva de corrección (Flujo de Combustible) por Humedad Específica

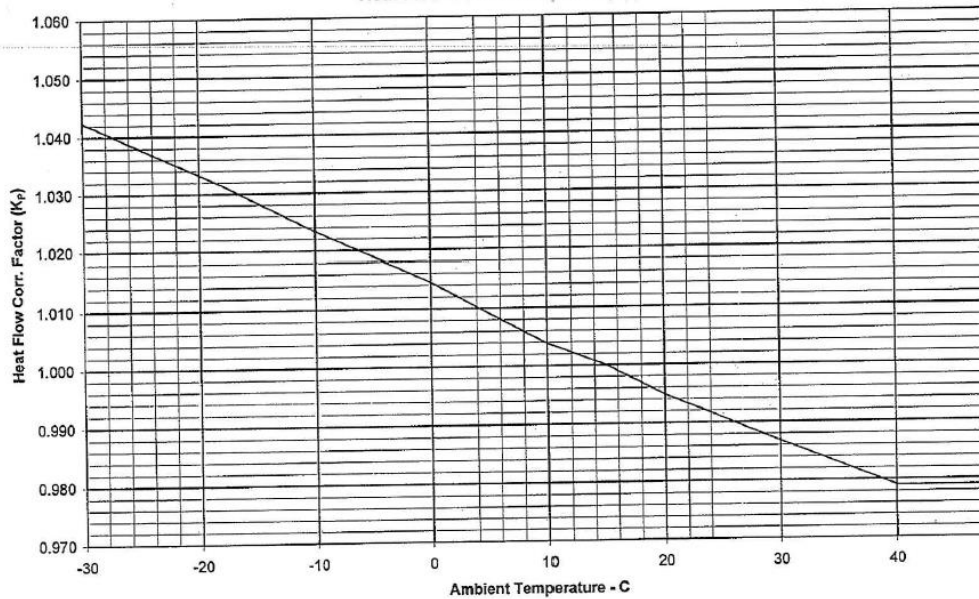
Figure 3-LF, Revised 08/12/06  
FT8-3 Gas Turbine, Liquid Fuel  
Fuel Flow Effect vs. Specific Humidity ( $K_h$ )

$K_h$  Correction is to be applied to fuel flow only, and should never be used in heat rate calculation.



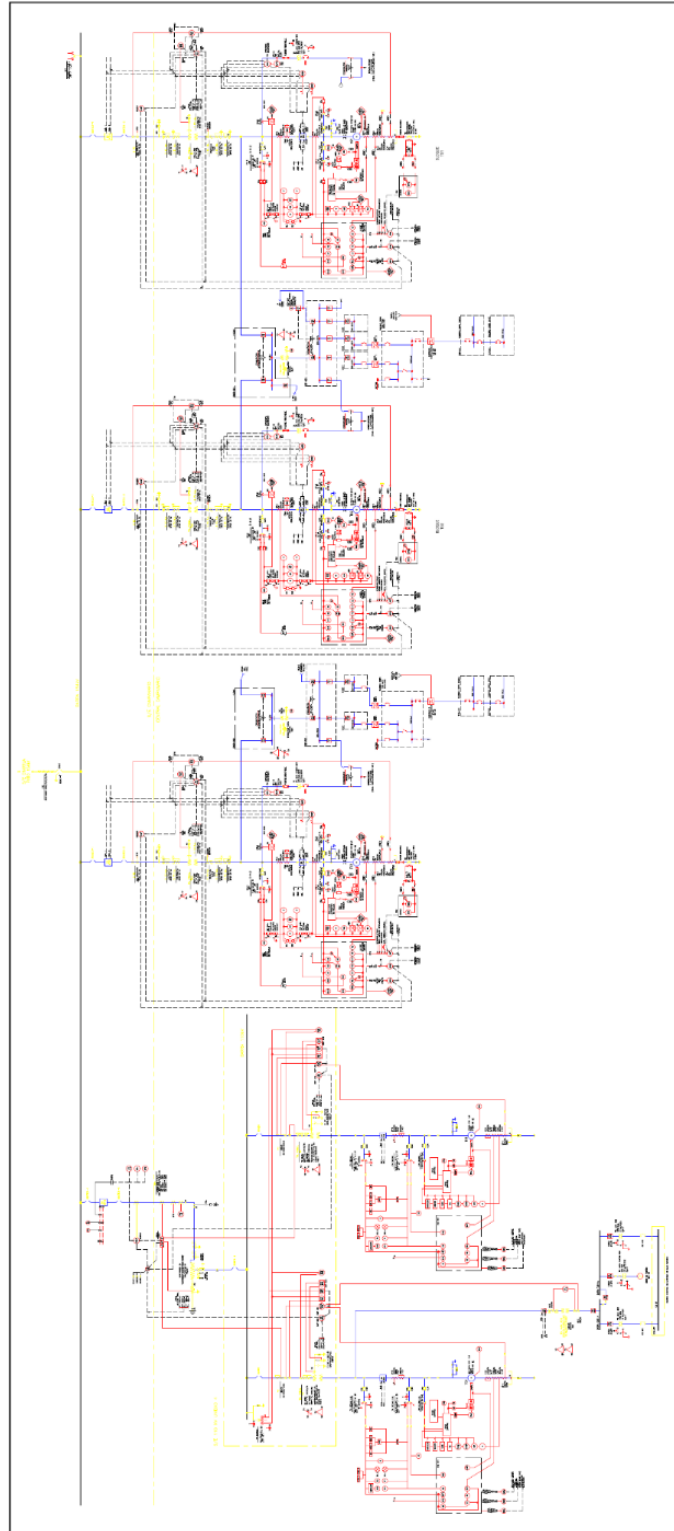
f) Curva de corrección por temperatura ambiente

Figure 2-LF, Revised 08/12/06  
FT8-3 Gas Turbine, Liquid Fuel  
Heat Flow Correction Factor ( $K_p$ )





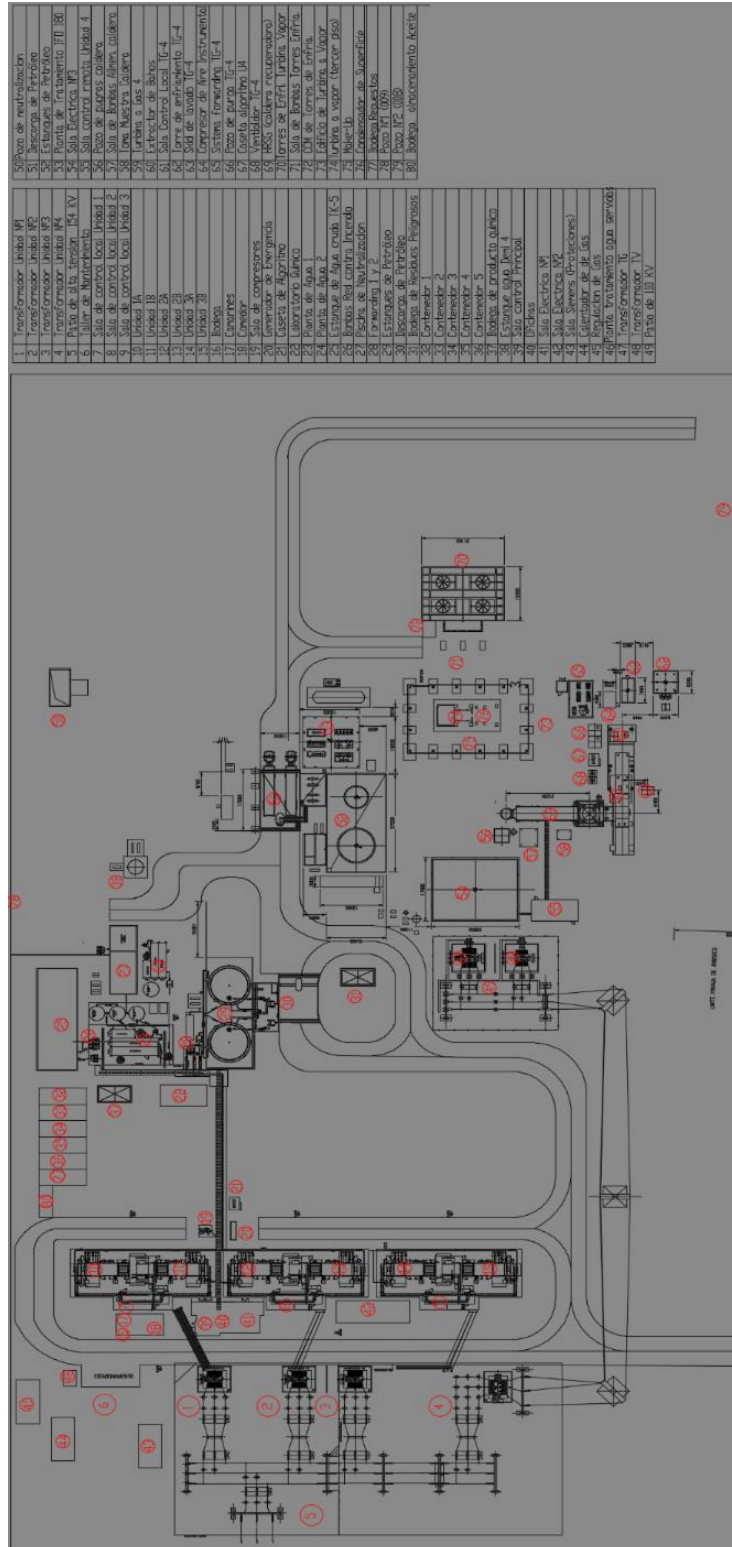
## ANEXO 2: DIAGRAMA UNILINEAL ELÉCTRICO DE LA PLANTA







## ANEXO 3: PLANO DE DISPOSICIÓN DE LA PLANTA





---

#### **ANEXO 4: CERTIFICADOS DE CONTRASTACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN**

- 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 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
- d) 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
- e) 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
- f) 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



## ANEXO 5: 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.