

INFORME TÉCNICO

Protocolo de verificación a distancia de Potencia Máxima para Unidad Generadora TER 4

Central Yungay

17 de julio de 2023
Inf01E6.23-065



DATOS DEL PROYECTO

Empresa : Central Yungay S.A.

Planta : Central Termoeléctrica Yungay.

Coordinador Eléctrico Nacional : Eduardo González V.
Aldo Saavedra A.

Coordinador de planta C. Yungay : Paulo Olivares L.

Experto Técnico : Alberto Piel W.

Ingeniero de Apoyo : Gabriel Hellwig W.

Emisión	Datos	Preparó	Revisó	Aprobó
1	Nombre	MSV	APW	APW
	Fecha	07/06/2023	11/06/2023	12/06/2023
2	Nombre	GHW	MSV	MSV
	Fecha	16/06/2023	16/06/2023	16/06/2023
3	Nombre	GHW	APW	APW
	Fecha	28/06/2023	30/06/2023	30/06/2023
4	Nombre	GHW	APW	APW
	Fecha	07/07/2023	10/07/2023	10/07/2023
5	Nombre	GHW	APW	APW
	Fecha	14/07/2023	17/07/2023	17/07/2023
6	Nombre	GHW	APW	APW
	Fecha	17/07/2023	17/07/2023	17/07/2023



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	Observadores de otras empresas generadoras	8
5	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD Y CONDICIONES DE REFERENCIA	8
5.1	Información general del establecimiento	8
5.2	Descripción de la unidad de generación	9
5.2.1	Unidades Pratt & Whitney SwiftPac	9
5.2.2	Unidad General Electric	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	17
7.1	Planificación de la Prueba	17
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.....	19
7.6	Estabilidad de la operación	21
7.7	Registro de datos	21
7.8	Toma de muestras de combustible (sólo Diesel)	22
7.9	Finalización de la Prueba.....	23
8	CONDICIONES PARTICULARES	24
8.1	Interrupción de la Prueba	24



8.2	Suspensión de la Prueba	24
8.3	Fallas temporales	24
9	RESULTADOS	25
9.1	Potencia Máxima Medida	25
9.2	Potencia Máxima Corregida.....	25
9.3	Incertidumbre	25
9.4	Formato de reporte de resultados.....	26
Anexo 1: Curvas de corrección Turbina General Electric		27
Anexo 2: Diagrama Unilineal Eléctrico de la planta		30
Anexo 3: Plano de Disposición de la planta		31
Anexo 4: DIAGRAMA sistema de combustible general		32
Anexo 5: DIAGRAMA sistema de combustible turbina GE.....		33
Anexo 6: Certificados de contrastación de instrumentación		34
Anexo 7: Muestreo de Productos Líquidos (hidrocarburos)		35
Anexo 8: Límites de emisiones de acuerdo a RCA de central Yungay		36



1 INTRODUCCIÓN

El presente protocolo de ensayo establece los lineamientos base que permiten desarrollar la Prueba de Potencia Máxima (PMax) para la turbina a gas correspondiente a la unidad N°4 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 la unidad generadora N°4, correspondiente a una Turbina a Gas General Electric de 38 [MW], por un periodo continuo mínimo de 5 horas, en los bornes de salida del generador, operando con petróleo diésel como combustible, de acuerdo a las directrices especificadas en el Anexo Técnico “Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras.” del Coordinador Eléctrico Nacional.

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 derivado de 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.

Al momento de redacción de este protocolo, se encuentra pendiente la entrega de la siguiente información por parte del coordinado:

- Características del medidor de RPM rotor.



2 OBJETIVO DEL ENSAYO DE POTENCIA MÁXIMA

El objetivo del ensayo es verificar el valor de Potencia Máxima (PMax) de la Unidad Generadora N°4 de la central de Generación Eléctrica Yungay, correspondiente a 1 unidad General Electric. El parámetro de PMax 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) Potencia máxima bruta medida
- b) Potencia máxima neta medida
- c) Potencia máxima bruta corregida
- d) Potencia máxima neta corregida

Este valor de PMax se comparará finalmente con el último valor informado por la Empresa Generadora.

De acuerdo a lo indicado en el artículo 5 del Anexo Técnico, la prueba de PMax se realizará, debido a que la Central se encuentra en la siguiente situación: “5 años desde la última prueba de Potencia Máxima”.

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 consignen los resultados obtenidos, la hora de inicio y fin de la prueba, los participantes 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. En su defecto, el experto técnico remoto elaborará el acta diaria de pruebas.

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 lo indicado en el protocolo, considerando para esto lo señalado por el experto técnico de la prueba.

4.5 Observadores de otras empresas generadoras

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

Como el Anexo así lo establece, en un plazo de 10 días hábiles contados desde la fecha de publicación del informe técnico, cualquier empresa integrante podrá hacer observaciones fundadas al acta de prueba remota e informe técnico emitidos por el Experto Técnico remoto.

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 ¹	Diésel.
Potencia del establecimiento	218 [MW].

¹ Para la ejecución de los ensayos de verificación de Potencia Máxima.



Figura 5.1 Ubicación Central Termoeléctrica Yungay.

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

5.2 Descripción de la unidad de generación

Las unidades generadoras de central Termoeléctrica Yungay consisten en 4 turbogeneradores, de los cuales las 3 correspondientes al fabricante Pratt & Whitney modelo FT8 Swiftpac (Unidades 1, 2 y 3) 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 (Unidad 4).

Para este caso, los ensayos de Potencia Máxima se realizarán únicamente con petróleo Diesel para la Unidad 4 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.

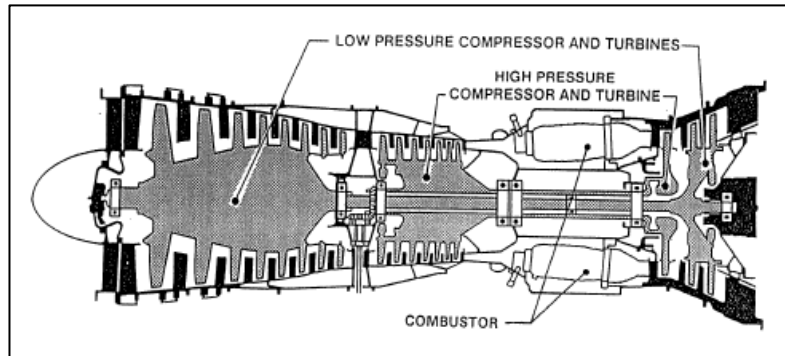


Figura 5.2.1 Esquema partes Turbina Pratt & Whitney.

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]

5.2.2 Unidad General Electric

La unidad General Electric se compone de 20 etapas en el compresor, 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]. En este tipo de turbogenerador, parte de la potencia generada por la turbina es consumida por el trabajo que requiere el compresor.

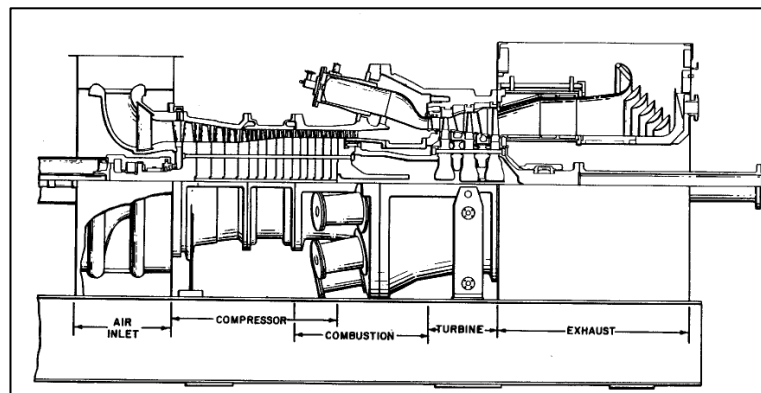


Figura 5.2.2 Esquema partes Turbina General Electric.



Tabla 5.3 Características técnicas Turbina General Electric.

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

5.3 Configuración Actual de la central Yungay

Un esquema de la configuración actual de central Yungay, se presenta en la figura 5.3.

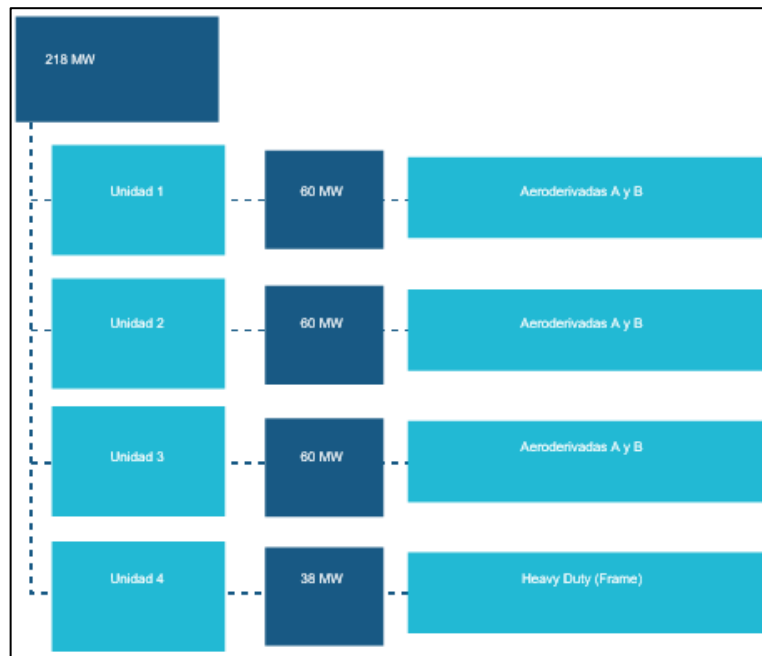


Figura 5.3 Configuración Central Termoeléctrica Yungay.

5.4 Factores de corrección

El valor de PMax determinado en la prueba será corregido 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 la turbina 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:

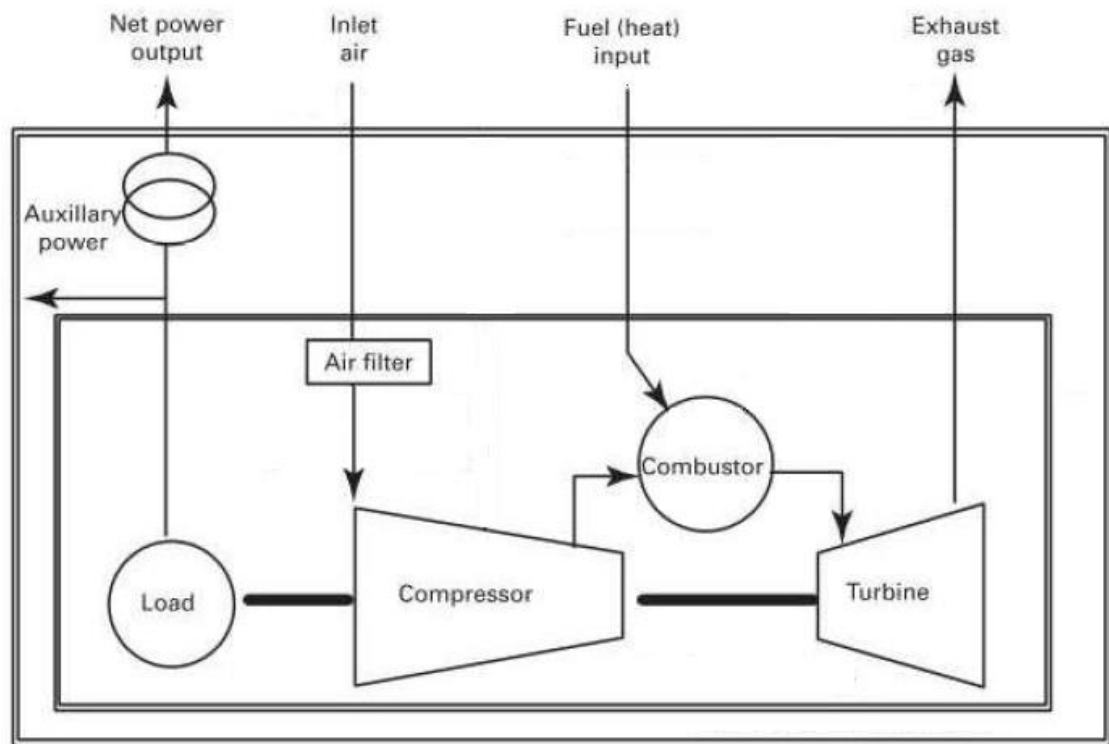


Figura 6.1: Esquema de la unidad de generación y sus equipos auxiliares.



6.2 Descripción general de la metodología

La prueba de Potencia Máxima 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 4. 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.

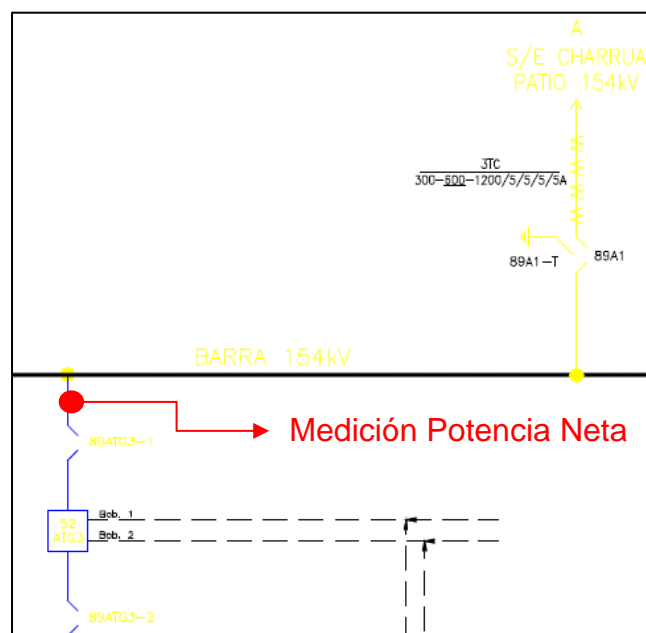


Figura: 6.2: Unilineal eléctrico de la central.



6.3 Instrumentación y mediciones

Los rangos de incertidumbre admisibles por parámetro se rigen de acuerdo con código ASME PTC 22 para centrales con turbinas de gas, los cuales se muestran a continuación en la Tabla 6.3.1.

Tabla 6.3.1: Máximas incertidumbres permitidas de acuerdo con ASME PTC 22

Table 4-1.2.1-1 Maximum Allowable Measurement Uncertainties

Parameter or Variable	Uncertainty
AC power	0.25%
Auxiliary power	5%
DC power	0.5%
Torque	1.5%
Speed	0.1%
Time	0.05%
Inlet air temperature	1°F (0.6°C)
Barometric pressure	0.075%
Humidity: Wet bulb, or RH from meter	3°F (2°C) 2%
Extraction/injection flows (water, steam, N ₂ , rotor cool)	2%
Extraction/injection temperature	5°F (3°C)
Gas fuel heat input [Note (1)]	0.75%
Oil fuel heat input [Note (1)]	0.65%
Gas fuel temperature (for sensible heat calculation)	3°F (2°C)
Oil fuel temperature (for sensible heat calculation)	3°F (2°C)
Inlet total pressure drop	10%
Exhaust static pressure drop	10%
Exhaust temperature (Mandatory Appendix I)	10°F (6°C)

Las variables a medir y el método de medición propuesto se indican en la tabla 6.3.2. Las mediciones ambientales se muestran en la tabla 6.3.3.

En el Anexo 6 se adjuntan los certificados de contrastación de la instrumentación a utilizar, disponibles a la fecha.



Tabla 6.3.2: Variables e instrumentos de medición para la Unidad 4.

Variable	Método de medición propuesto	TAG	Sistema para el registro
Mediciones en Aire aspiración			
Temperatura	Marca: SENSOR DE RTD Tipo: PT100 Error permisible $\pm 0,6^{\circ}\text{C}$	Equipo externo	Datalogger Externo
Presión	Transmisor de presión Error permisible $\pm 10\%$	L63AD1L	DCS planta
Presión Diferencial	Marca: SIEMENS Modelo: 7MF0410-1PL11-5BM2-Z SN: N1N61710159456 Error permisible $\pm 10\%$	PT_2	DCS planta
Mediciones de Combustible			
Caudal	Transducer: CDM1NZT SN: 120426 Transmitter: Fluxus F601 SN: 60111660 Error permisible $\pm 0,5\%$ Las mediciones de flujo volumétrico no deben estar compensadas por temperatura.	Equipo externo	Datalogger Externo
Temperatura	Marca: TEMPO Modelo: PT100/1 Error permisible $\pm 2^{\circ}\text{C}$	TEMP_2	Datalogger Externo
Presión	Marca: YOKOGAWA Modelo: EJA530A-ECS7N-07EF/FU1/D3 SN: 456763433	Equipo externo	Datalogger Externo
Mediciones en Gases escape			
Temperatura	18 Termocuplas tipo K Estación HMI SIMPLICITY; Error permisible $\pm 6^{\circ}\text{C}$	TT-XD-1_01 TT-XD-1_... TT-XD-1_18	DCS planta
Presión	Marca: SIEMENS Modelo: 7MF1566-3AA00-1GA1 SN: LKK423462010001 Error permisible $\pm 10\%$	PT_1	DCS planta
Mediciones en Compresor			
Presión descarga	Marca: AMETEK Tipo: TRANSMISOR DE PRESION SN: 353A4330P005 y 353A4330P015 Error permisible $\pm 10\%$	9CD-1A 9CD-2A	DCS planta



Tabla 6.3.3: Variables e instrumentos de medición (continuación).

Variable	Método de medición propuesto	TAG	Sistema para el registro
Mediciones de Potencia y relacionadas			
Potencia bruta	ION8650 Parte: M8650A4C0H5E1B0A SN: MW-2005A233-02 Error permisible $\pm 0,25\%$	T1_DWATT	HMI - Simplicity
Potencia activa		Pendiente	HMI - Simplicity
Potencia reactiva		T1_DVAR	HMI - Simplicity
Factor de potencia		T1_DPF	HMI - Simplicity
Tensión		T1_DVX	HMI - Simplicity
Frecuencia		T1_Frecuencia	HMI - Simplicity
Potencia neta	Marca: Schneider Electric Modelo: M8650A4C0H5E1B0A SN: MW-1811A713-02 Error permisible $\pm 5\%$	Equipo externo	Datalogger Externo
Velocidad rotor	Sensor de velocidad TNH; Error permisible $\pm 0,1\%$	T1_TNH_RPM	HMI - Simplicity
Potencia SSAA	Marca: Schneider Electric Modelo: P8600A4C0H5E0B0A SN: PT-0901A031-01 Error admisible $\pm 5\%$	Equipo externo	Datalogger Externo
Interior Turbina			
Temperaturas	4 termocuplas tipo K	WS1A01 WS1A02 WS2F01 WS2F02	DCS Planta
Mediciones Ambientales			
Temperatura y Humedad	Marca: Campbell Scientific Modelo: HMP60-L Air Temperature and Relative Humidity Sensor Error admisible: $\pm 0,6^{\circ}\text{C}$ Error admisible: $\pm 3\%$ a $\pm 5\%$	Equipo externo	Datalogger Externo
Presión barométrica	Marca: Campbell Scientific Modelo: CS106 Batometer Error admisible: $\pm 1,5$ hPa	Equipo externo	Datalogger Externo



Nota: Tablas 6.3.2 y 6.3.3 fueron construidas con información disponible a la fecha de elaboración del presente protocolo de pruebas, requiere revisión y confirmación complementaria por parte del Coordinado.

Para la prueba se contempla un medidor para la potencia de Servicios Auxiliares (SSAA), por lo tanto. 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 unilineal 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 $\pm 0,2\%$ 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. El tiempo de muestreo de las variables eléctricas será de 5 segundos.

El tiempo de muestreo máximo de variables de temperatura y presión atmosféricas serán cada 1 minutos, igualmente para las mediciones de flujo de combustible, el tiempo de muestreo máximo será de 1 minuto. Recomendamos registros cada 5 segundos.

7 REALIZACIÓN DE LA PRUEBA

7.1 Planificación de la Prueba

La fecha programada para la prueba de Potencia Máxima de la Unidad 4 de central Yungay será el día 19 de julio de 2023. Las pruebas se realizarán en modalidad Teledirigidas, en jornada nocturna.

Como se mencionó anteriormente, la prueba de potencia máxima debe 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 y de registro se encuentran en óptimas condiciones. Además, por tratarse de pruebas remotas, se deberá corroborar el efectivo a visualización en tiempo real de las pantallas de control operacional de la turbina. La realización del Pretest se define realizar el jueves 06/07/2023. A partir de lo observado en la prueba preparatoria podrán efectuarse comentarios y correcciones a ser implementadas previa aprobación en conformidad del Coordinador.

7.3 Requisitos previos al inicio de la Prueba

Antes del inicio de las pruebas se debe verificar 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 interno.
 - Todos los dispositivos de control y protecciones, incluyendo alarmas, deben estar habilitados y operativos, esto deberá ser verificado en terreno por el Experto Técnico 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. Este modo de operación debe ser verificado antes de la realización de la prueba.
 - En caso de que aplicase, 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 u 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.



- Sólo 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) Verificar que los sistemas de adquisición de datos de instrumentos provisorios estén operativos.
 - f) 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

Una vez que la central esté en operación estable, se da inicio el periodo formal de la prueba y Experto Técnico externo registrará la hora de inicio.

El Experto Técnico interno verificará que la prueba se extienda por un período mínimo de 5 horas (10 test-run de 30 minutos cada uno) 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, 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 sección 6.3 serán registradas en un intervalo regular de 1 minuto o menos. Se utilizará el sistema de registro de planta para almacenar los datos indicados, en adición con cualquier otro sistema de registro provisorio tipo datalogger que se cuente para la prueba.

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.



No se contempla registro manual de datos para esta prueba. En el caso eventual que tengan que realizarse, estos deben ser informados al experto técnico y deben ser registrados en intervalos de cada 3 o 4 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 (sólo Diesel)

Las tomas de muestra de combustible deben provenir de un solo tanque o ser de una sola partida. A continuación, en la tabla 7.8.1 se presentan los detalles de la toma de muestra de combustible. Se deberá evitar en lo posible la recarga de combustible en estanques durante las pruebas. Los diagramas del sistema de combustible se presentan en Anexo 4 (General), Anexo 5 (Unidad GE).

Tabla 7.8.1: Detalles para toma de muestras de combustible

Punto de muestreo	Interior estanque de diésel o en línea de alimentación a turbinas
Procedimiento de muestreo	Instrucciones Técnicas de LIQUIDOS: Muestreo de Productos Líquidos (hidrocarburos), Empresa OTI IT/010/LIQ (adjunto en Anexo 7)
Frecuencia toma de muestras	Dos muestras por día de 1 litro cada una durante la realización del ensayo (1 para análisis y 1 para respaldo) En el caso eventual que se realice recarga de Diesel en el estanque de combustible, se deberá realizar una toma de muestra adicional.
Ejecuta toma de muestras	OTI
Ejecuta análisis de muestras	OTI
Procedimiento de análisis	Procedimiento de acuerdo con tabla 7.8.2, (adjunto en Anexo 7)



Tabla 7.8.2: Procedimientos a seguir para análisis de muestras de combustible

Parámetros a analizar	Norma Utilizada	Procedimiento OTI
Poder Calorífico	ASTM D4868	ITL/003/ME
Contenido elemental de C, H y N	ASTM D5291	
Contenido de Azufre	ASTM D5453	ITL/042/ME
Gravedad específica o densidad	ASTM D1298	ITL/018/ME

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 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 de cómo 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, si aplicase.



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 Sistema Interconectado (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 5 horas continuas.

8.2 Suspensión de la Prueba

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

Asimismo, el Coordinador podrá suspender la prueba en la operación en tiempo real, en caso de 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 interconectado lo permiten. En caso contrario, el Coordinador reprogramará la realización de la prueba para una nueva fecha.

8.3 Fallas temporales

En caso de que exista una falla temporal de algún equipo auxiliar que afecte al valor del ensayo, se informará qué equipo es el que está fuera de servicio, con falla o pérdida de eficiencia y cuánto impacta al resultado.



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 y se calculará de 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 Eléctrico 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

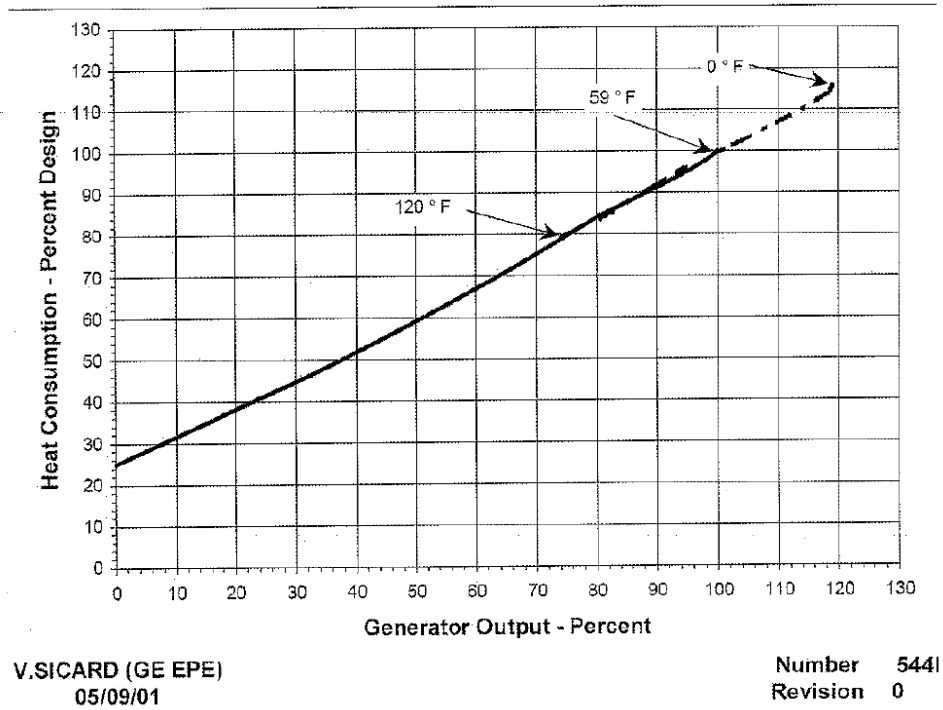
Alberto Piel Westermeyer
Gerente de Ingeniería
Proterm S.A.

Gabriel Hellwig Wendler
Jefe Proyectos
Proterm S.A.



ANEXO 1: CURVAS DE CORRECCIÓN TURBINA GENERAL ELECTRIC

a) Curva de corrección por temperatura



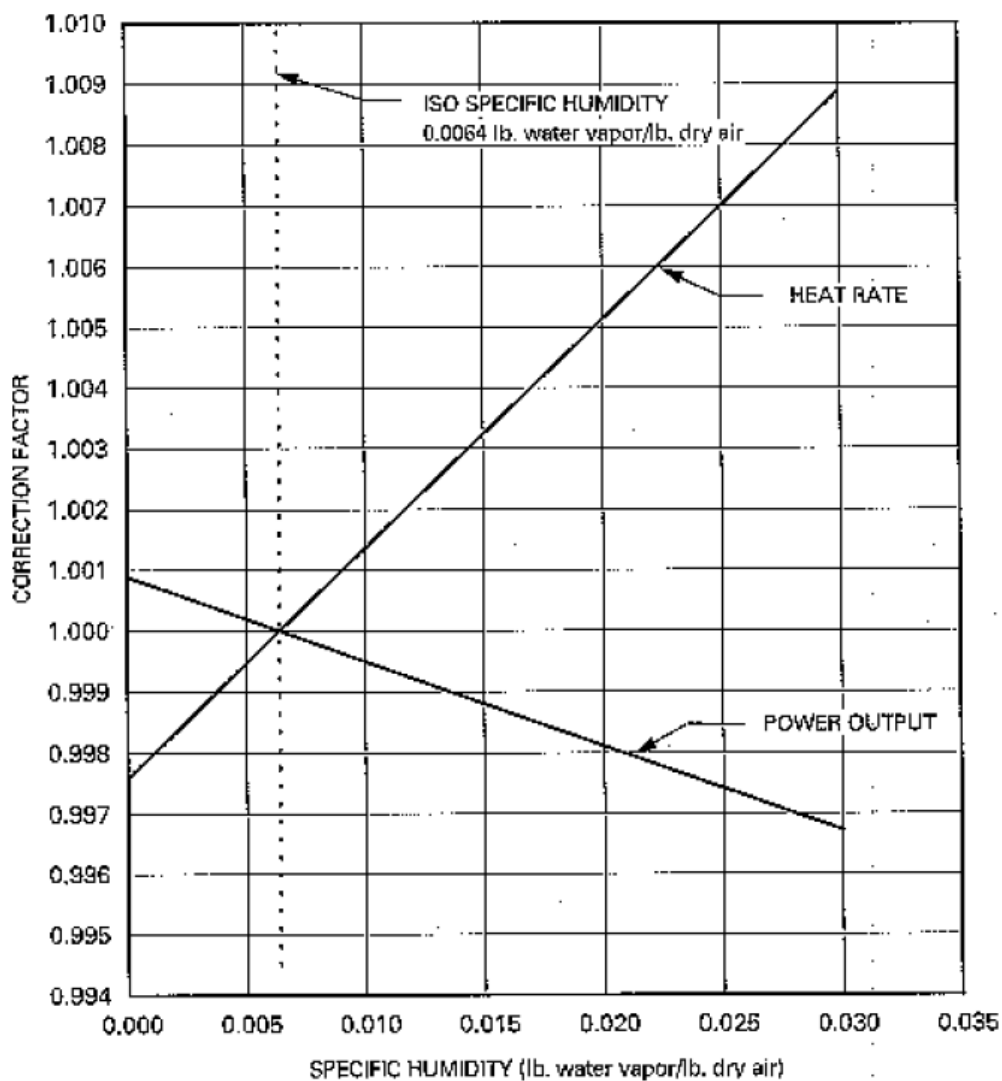


b) Curva de corrección por humedad

General Electric MS6001, MS7001 And MS9001 Gas Turbines

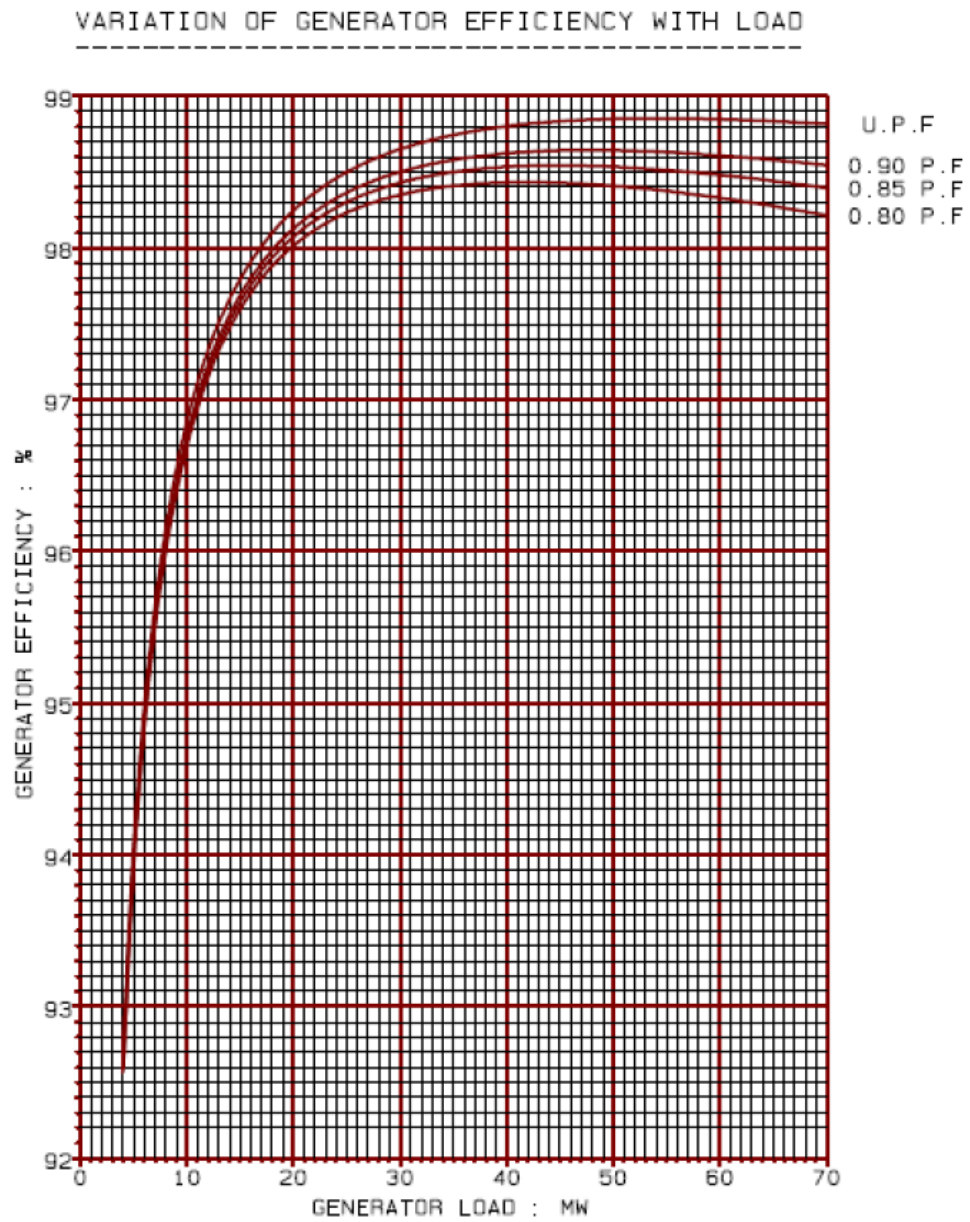
Corrections To Output And Heat Rate
For Non-Iso Specific Humidity Conditions

For Operation At Base Load On Exhaust
Temperature Control Curve



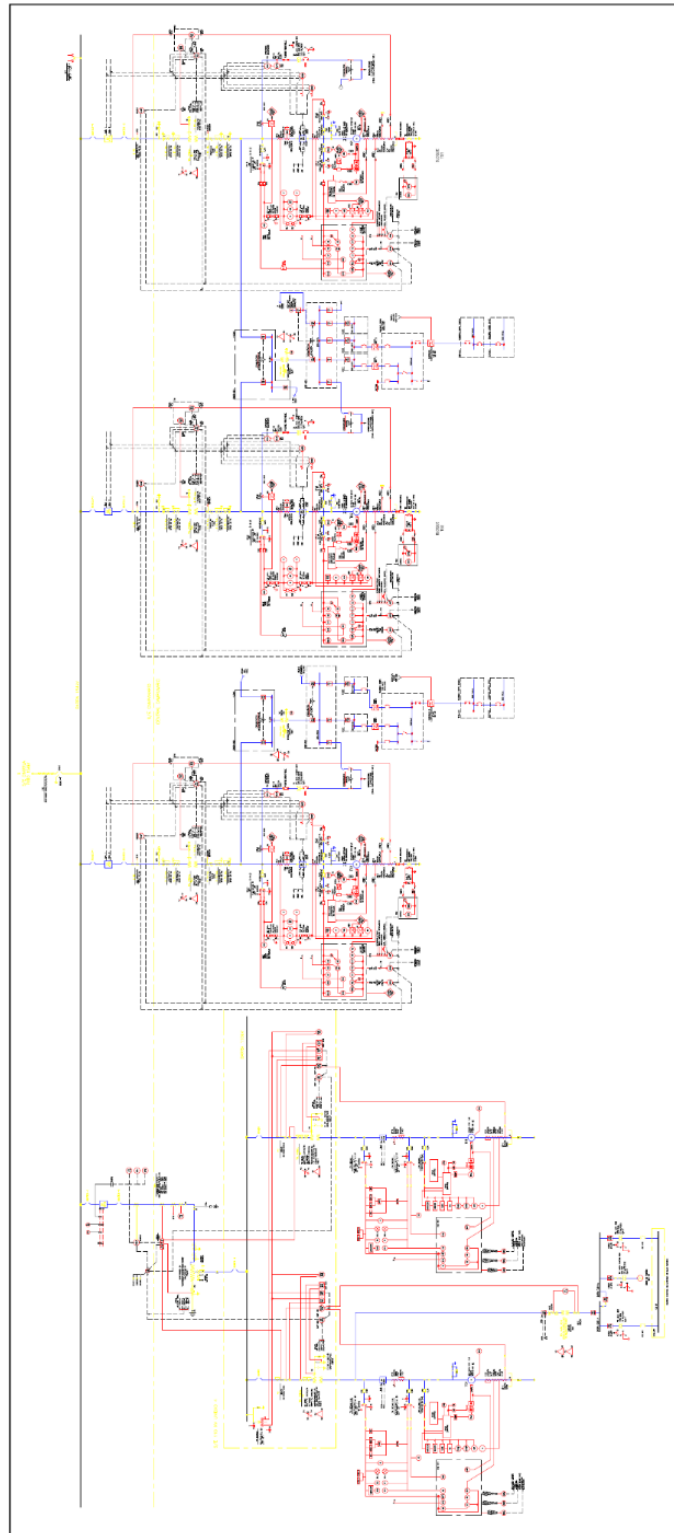


c) Curva de corrección por factor de potencia



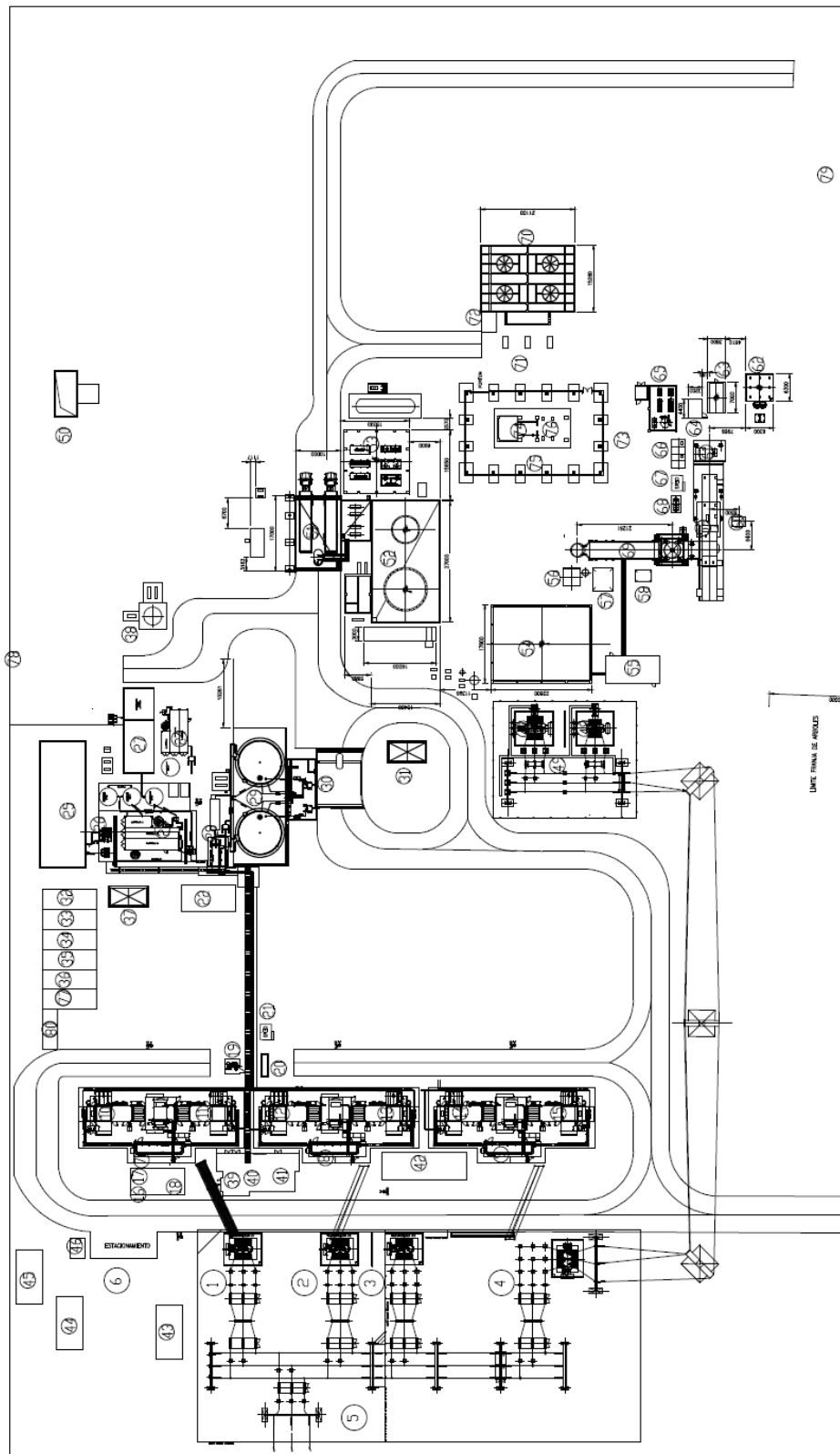


ANEXO 2: DIAGRAMA UNILINEAL ELÉCTRICO DE LA PLANTA



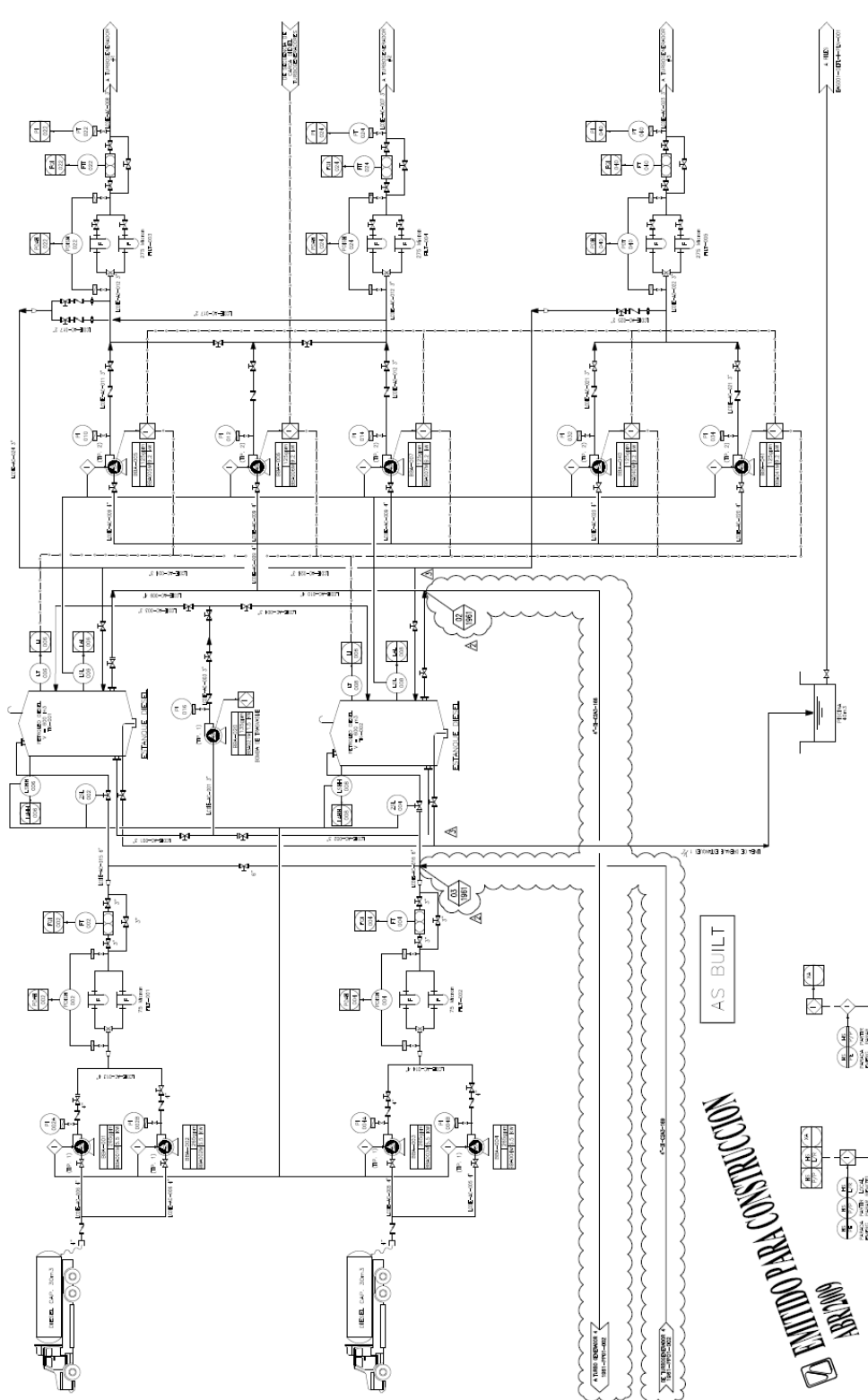


ANEXO 3: PLANO DE DISPOSICIÓN DE LA PLANTA



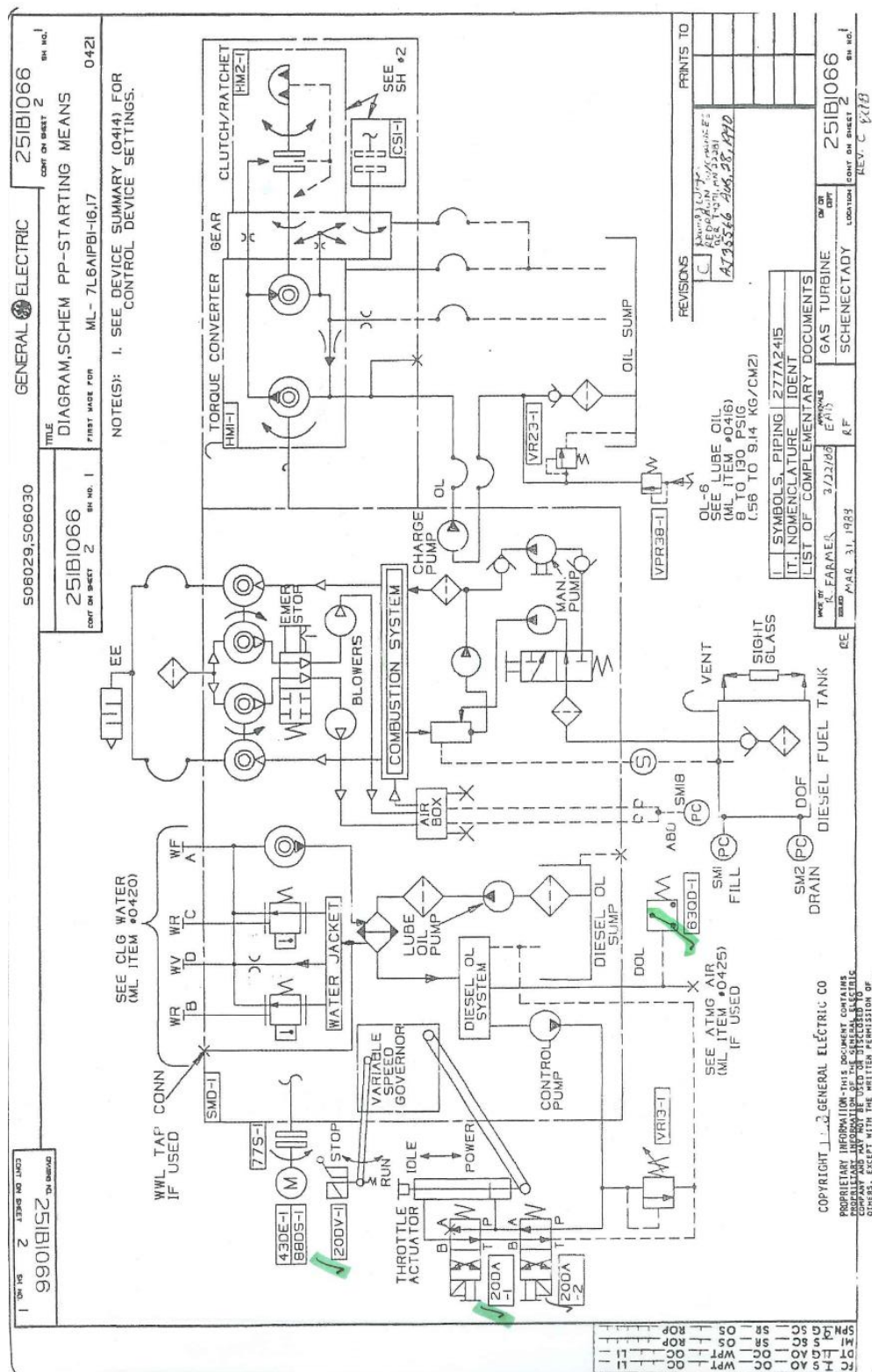


ANEXO 4: DIAGRAMA SISTEMA DE COMBUSTIBLE GENERAL





ANEXO 5: DIAGRAMA SISTEMA DE COMBUSTIBLE TURBINA GE





ANEXO 6: CERTIFICADOS DE CONTRASTACIÓN DE INSTRUMENTACIÓN

Se adjunta Certificados de contrastación de instrumentación de la turbina Unidad 4.

A6.1.	Temperatura aire aspiración	SMT290523_17
A6.2.	Presión aire aspiración	No requerido
A6.3.	Presión diferencial aire aspiración	SMT290523_21
A6.4.	Caudal combustible Diesel	20201029-012, FT20201104.005
A6.5.	Temperatura combustible Diesel	SMT290523_28
A6.6.	Presión combustible Diesel	SMT290523_20
A6.7.	Temperatura gases de escape turbina	SMT290523_01 al 12 y SMT290523_22 al 27
A6.8.	Presión gases de escape turbina	SMT290523_19
A6.9.	Presión descarga compresor	SMT070723_29, SMT070723_30
A6.10.	Potencia bruta	MW-2005A233-02_12.07.2023_39654
A6.11.	Potencia activa	MW-2005A233-02_12.07.2023_39654
A6.12.	Potencia reactiva	MW-2005A233-02_12.07.2023_39654
A6.13.	Factor de potencia	MW-2005A233-02_12.07.2023_39654
A6.14.	Tensión	MW-2005A233-02_12.07.2023_39654
A6.15.	Frecuencia	MW-2005A233-02_12.07.2023_39654
A6.16.	Potencia Neta	MW-1811A713-02_19.01.2022_38584
A6.17.	Velocidad rotor	No permite calibración
A6.18.	Potencia Servicios Auxiliares	PT-0901A031-01_02.03.2022
A6.19.	Temperatura interior turbina	SMT290523_13, SMT290523_14, SMT290523_15, SMT290523_16
A6.20.	Humedad ambiental	23-01-2023 CAL Sensor humedad
A6.21.	Presión barométrica ambiental	23-01-2023 CAL Sensor P.Barométrica



ANEXO 7: MUESTREO DE PRODUCTOS LÍQUIDOS (HIDROCARBUROS)


A7.1: IT-010-LIQ_Tipos de Muestreo de Prod Liquidos-rev00

A7.2: ITL-003-ME ASTM D4868 Estimación del Calor de Combustión Neto y bruto

A7.3: D 5291 – 02 ;RDUYOTE_

A7.4: ITL-042-ME ASTM D5453 Azufre Total por Fluorescencia Ultravioleta

A7.5: ITL-018-ME ASTM D1298 Densidad, Densidad Relativa, o Gravedad API por Hidrómetro



PETRO & CHEMICAL DIVISION

Instrucciones Técnicas de LIQUIDOS			
Fecha efectiva: 2013-07-12	Emisión / Revisión: 02/00	Página: 1 de 7	Código #: IT/010/LIQ
Elaborado: Carlos Hernández	Revisado: Grupo de Soporte	Aprobado: Leonel Cruz	
Título: <div style="text-align: center; font-weight: bold; margin-top: 5px;">Muestreo de Productos Líquidos (hidrocarburos)</div>			

1.0 Objetivo:

- 1.1 El objetivo de este documento es describir los lineamientos a seguir por personal de la OTI para sacar (tomar) muestras de hidrocarburos, asimismo podría tomarse como referencia para muestrear otros productos líquidos.

2.0 Alcance y Aplicación:

- 2.1 El muestreo de Gas LP queda excluido del alcance de esta instrucción.
- 2.2 Aplica fundamentalmente a muestreo de petróleo, productos derivados, y productos tales limpios (refinados, petroquímicos), como residuales (fuel), y asfalto.

Aplicación	Tipo de Contenedor	Tipo de Muestreo
Líquidos no más de 101.32 kPa (14.7 psia) RVP.	Tanques de almacenamiento, tanques de Buque y barcaza, carros-tanque y camiones-tanque Tanques de almacenamiento con llaves	Botella o ladrón
Líquidos de 101.32 kPa (14.7 psia) RVP, o menos.	Tanques de almacenamiento, tanques de Buque y barcaza, carros-tanque y camiones-tanque	Botella o llave
Muestreo de fondo, Líquidos de 13.8 kPa (2 psia) RVP, o menos.	Tanques de almacenamiento con llaves Tubos o Líneas	Botella o llave
Líquidos de 101.32 kPa (14.7 psia) RVP o menos	Camioneros, Autotanques o Líneas	Botella o llave
Líquidos de 13.8 kPa (2 psia) RVP o menos.	Flujos de descarga libres o abiertos,	Cucharon
Líquidos de 13.8 kPa (2 psia) RVP o menos.	Tanques abiertos o calderas con salidas abiertas, carros y camiones tanque, bidones	Tubo
Muestreo de fondo, Líquidos de 13.8 kPa (2 psia) RVP, o menos.	Carro-tanques o tanques de almacenamiento	botella
Líquidos y semi-líquidos de 13.8 kPa (2 psia) RVP o menos.	Flujos de descarga libres o abiertos, tanques abiertos o calderas con salidas abiertas, carros y camiones tanque, bidones.	Cucharon
Petróleo crudo	Tanques de almacenamiento, tanques de Buque y barcaza, carros y camiones tanque, tubería	Automático Ladrón Botella Llave
Hidrocarburos aromáticos Industriales	Tanques de almacenamiento, tanques de barco y barcaza	Botella
Ceras, bitúmenes sólidos, otros sólidos suaves	Barriles, estuches, bolsas	Perforación



ANEXO 8: LÍMITES DE EMISIONES DE ACUERDO A RCA DE CENTRAL YUNGAY

Unidad 4:

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

Central Termoeléctrica Campanario		Unidad
Parámetro	Cantidad	
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 SO2	2053	ton/año
Tasa de emisión de CO	6,6	ton/año
Tasa de emisión de PM10	24	ton/año