



Mediciones



Laboratorio



Ingeniería



Diagnóstico



Asesoría

INFORME TÉCNICO

Ensayo Verificación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras 1, 2, 3 y 4.

Central Yungay

14 de Enero del 2020
Inf03E1.19-079



DATOS DEL PROYECTO

Empresa : Central Yungay S.A.

Planta : Central Termoeléctrica Yungay.

Coordinador Eléctrico Nacional : Nelson Jiménez V.

Coordinador de planta C. Yungay : José Núñez P.
Paulo Olivares L.

Experto Técnico : Alberto Piel W.

Ingeniero de Apoyo : Diego Uribe R.

Emisión	Datos	Preparó	Revisó	Aprobó
1	Nombre	DUR	APW	APW
	Fecha	03/01/2020	09/01/2020	14/01/2020
2	Nombre			
	Fecha			
3	Nombre			
	Fecha			



ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO	5
1 OBJETIVO	6
2 ALCANCE	6
3 DEFINICIONES Y ABREVIACIONES	6
4 DOCUMENTOS Y NORMAS APLICADAS.....	7
5 DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL Y UNIDADES GENERADORAS	8
5.1 Información general del establecimiento	8
5.2 Descripción de las unidades generadoras	8
5.2.1 Unidades Pratt & Whitney SwiftPac	9
5.2.2 Unidad General Electric	9
6 MÍNIMO TÉCNICO.....	11
6.1 Mínimo Técnico de la Unidad Generadora.....	11
6.1.1 Máxima inestabilidad permisible de la Potencia.....	11
6.1.2 Mínimo Técnico Unidad N°1	12
6.1.3 Mínimo Técnico Unidad N°2	13
6.1.4 Mínimo Técnico Unidad N°3	14
6.1.5 Mínimo Técnico Unidad N°4	16
6.2 Mínimo Técnico Ambiental de la Unidad Generadora.....	17
6.2.1 Mínimo Técnico Ambiental Unidad N°1	17
6.2.2 Mínimo Técnico Ambiental Unidad N°2	18
6.2.3 Mínimo Técnico Ambiental Unidad N°3	19
6.2.4 Mínimo Técnico Ambiental Unidad N°4	19
7 CONCLUSIONES	21
Anexo A: Curva operación unidad Pratt & Whitney	22
Anexo B: Curva operación unidad General Electric	23
Anexo C: Perfil de Temperaturas Gases de Escape Unidad N°1	24
Anexo D: Perfil de Temperaturas Gases de Escape Unidad N°2	25
Anexo E: Perfil de Temperaturas Gases de Escape Unidad N°3.....	26
Anexo F: Perfil de Temperaturas Gases de Escape Unidad N°4.....	27



Anexo G: Plano Disposición de Planta.....	28
Anexo H: Diagrama Unilineal Eléctrico.....	29
Anexo I: Escalones de Carga Ensayo Mínimo Técnico.	30
Anexo J: Condiciones de referencia de los Ensayos	31
Anexo K: Registros operacionales.....	32



RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe incluye e integra todos los requisitos especificados en el Anexo Técnico “Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras”, declarando y actualizando el parámetro de mínimo técnico de las Unidades 1, 2, 3 y 4 de la Central Yungay, basado en ensayos y pruebas ejecutadas en terreno.

La central Yungay, ubicada en la comuna de Cabrero, Región del Bío bio, es 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.

Conforme a la resolución de la CNE, las empresas generadoras deberán determinar e informar a la Dirección de Operaciones del Mínimo Técnico de sus unidades generadoras en conformidad a las disposiciones del Anexo Técnico.

Bajo este contexto, se determina, para Central Yungay, los siguientes valores de potencia mínima:

Unidad	Mínimo Técnico	Mínimo Téc. Ambiental
N°1 – P&W	15 [MW]	15 [MW]
N°2 – P&W	19 [MW]	19 [MW]
N°3 – P&W	17 [MW]	17 [MW]
N°4 – GE	9 [MW]	9 [MW]



1 OBJETIVO

El presente documento tiene por objetivo informar y respaldar los valores de Mínimo Técnico y Mínimo Técnico Ambiental de la Central Yungay, para la operación de los turbogeneradores en modo ciclo abierto, utilizando combustible Diésel, conforme a lo establecido en el Anexo Técnico de la NTSyCS.

2 ALCANCE

El alcance consiste en realizar ensayos y/o pruebas, de verificación de Mínimo Técnico, a los turbogeneradores Pratt & Whitney correspondientes a las unidades N°1, N°2 y N°3 de Central Yungay, además de la unidad N°4 del fabricante General Electric.

3 DEFINICIONES Y ABREVIACIONES

Definiciones

Tabla 3.1 Definiciones

Mínimo Técnico	Potencia activa bruta mínima con la cual una unidad puede operar en forma permanente, segura y estable, inyectando energía al SI en forma continua ¹ .
Mínimo Técnico Ambiental	Mínima carga de operación, que permite garantizar el cumplimiento de los límites de emisiones que aplican para la central Yungay.
Unidad	Equipo turbogenerador responsable de generar energía eléctrica.

Abreviaciones

Tabla 3.2 Abreviaciones

TG	Turbina de Gas.
SI	Sistema Interconectado.
MT	Mínimo Técnico.
MTA	Mínimo Técnico Ambiental.
P&W	Pratt & Witney.
GE	General Electric.
WI	Water Inyection (Inyección de Agua).

¹ Definición extraída del Anexo Técnico "Determinación de Mínimo Técnico de Unidades Generadoras.



DS 13	Decreto Supremo N°13, establece norma de emisión para centrales termoeléctricas.
CEMS	Sistema de Monitoreo Continuo de Emisiones.
RCA	Resolución de Calificación Ambiental.
CO	Monóxido de Carbono.
O2	Oxígeno.
NOx	Óxidos de Nitrógeno.

4 DOCUMENTOS Y NORMAS APLICADAS

Los documentos aplicables para la determinación del Mínimo Técnico, se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 4.1 Documentos y normas

1	Anexo Técnico "Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadoras.
2	DS N°13 Norma de Emisiones para Centrales Termoeléctricas.
3	Resolución Calificación Ambiental del proyecto "Central Termoeléctrica Ciclo Combinado Campanario".
4	Manuales de Operación y Mantenimiento para unidades P&W y GE.
5	Registros Operacionales.
6	Informe previo "Determinación Mínimo Técnico Unidades Generadoras Central Yungay.
7	P&ID Turbina P&W y GE.
8	Gráfico Secuencia de Partida Turbinas P&W y GE.



5 DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL Y UNIDADES GENERADORAS

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 ²	Diésel.
Potencia del establecimiento	218 [MW].



Figura 5.1 Ubicación Central Termoeléctrica Yungay.

5.2 Descripción de las unidades generadoras

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.

² Para la ejecución de los ensayos de verificación de Mínimo Técnico.



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. De la turbina de baja presión, se conecta hacia el generador eléctrico.

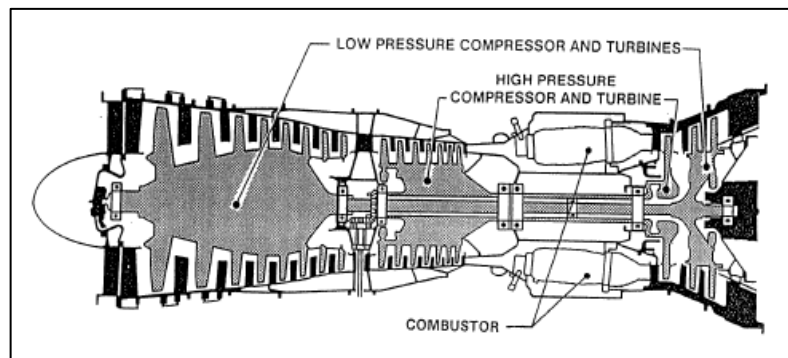


Figura 5.2 Esquema partes Turbina Pratt & Whitney.

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]

5.2.2 Unidad General Electric

La unidad se compone de 16 etapas en el compresor, de las cuales 13 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.

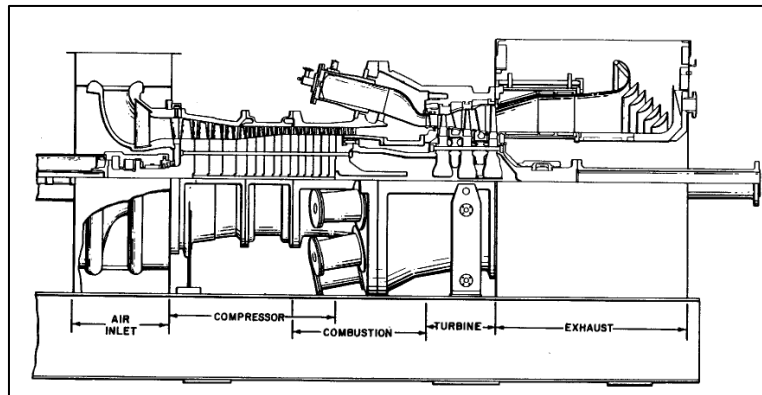


Figura 5.3 Esquema partes Turbina General Electric.

Tabla 5.3 Características técnicas Turbina General Electric.

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

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

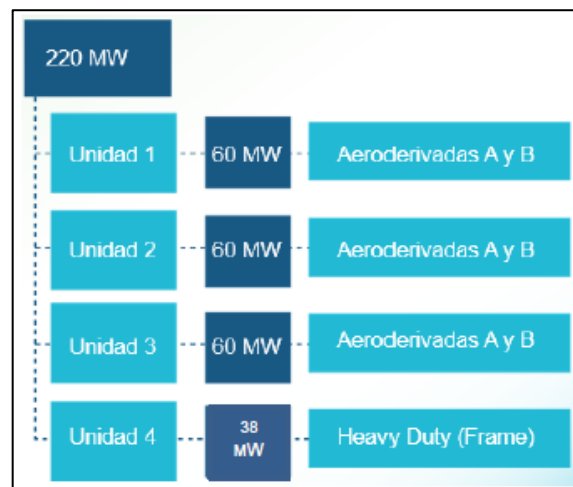


Figura 5.4 Configuración Central Termoeléctrica Yungay.



6 MÍNIMO TÉCNICO

Para Central Yungay, se verificó la mínima potencia de generación de las cuatro unidades por las cuales pueden operar de manera segura y estable, inyectando energía al sistema, además de la potencia mínima ambiental.

Mínimo Técnico de la Unidad

La unidad generadora posee un valor de Mínimo Técnico propio de la máquina. Esto corresponde a la mínima potencia que la unidad puede generar de manera estable, segura y constante, sin considerar limitaciones ambientales.

Mínimo Técnico Ambiental

Este parámetro está asociado a las limitaciones ambientales de la central, conforme al cumplimiento de lo establecido en el DS 13 y RCA del proyecto.

6.1 Mínimo Técnico de la Unidad Generadora

6.1.1 Máxima inestabilidad permisible de la Potencia

Para definir la máxima inestabilidad permitida en cada escalón de carga, efectuado durante la ejecución de los ensayos, se registrará y utilizará el factor indicado en el punto 3-3.5 “Maximum Permissible Variations in Operating Conditions” de la norma ASME PTC 22 “Gas Turbines”.

Bajo este criterio, en conjunto con la definición de MT especificado en el Anexo Técnico, se definirá los valores de potencia mínima de cada unidad generadora.

Variable	Relative Standard Deviation for Station [Note (1)]
Power output (electrical)	1.3%
Torque	1.3%
Barometric pressure	0.33%
Inlet air temperature	1.3°F
Pressure—gaseous fuel as supplied to gas turbine	0.65%
Fuel flow	1.3%
Absolute exhaust back pressure	0.33%
Rotating speed	0.65%

NOTE:
(1) It is the standard deviation of the population.

Figura 6.1 Desviación máxima permisible de las mediciones.



6.1.2 Mínimo Técnico Unidad N°1

Conforme a la información de operación obtenida durante los ensayos del Lunes 16 de Diciembre del 2019, se verifica en el gráfico 6.1, que al bajar carga por debajo de 15 [MW] de generación, ésta comienza con significativas fluctuaciones en la potencia, muy por sobre un 1,3 [%]³, nivel de referencia considerado en la norma ASME PTC-22, para variaciones permitidas en la potencia en ensayos de eficiencia de turbinas a gas.

Tabla 6.1 Cálculo porcentaje desviación estándar niveles de carga Unidad N°1.

Carga [MW]	Promedio [MW]	Desv. Estandar	% Desv. Est.
42	41,96	0,24687	0,59%
28	27,99	0,43927	1,57% ⁴
25	25,00	0,29127	1,17%
22	22,01	0,20656	0,94%
21	20,96	0,19346	0,92%
20	18,93	0,25587	1,35%
19	18,93	0,25587	1,35%
18	17,98	0,18286	1,02%
17	17,12	0,21952	1,28%
16	15,92	0,24821	1,30%
15	14,97	0,15194	1,01%
14	13,97	0,36108	2,59%
13	12,76	0,44138	3,46%
12	12,03	0,16005	1,33%

Además, en el gráfico 6.1, se verifica que bajo los 15 [MW] de generación en la turbina, los niveles de concentración Monóxido de Carbono (CO), aumentan hasta los 16 [ppm] (con porcentaje de O₂ de 18 [%]), evidenciando una deficiente combustión en el turbogenerador a estos niveles de carga.

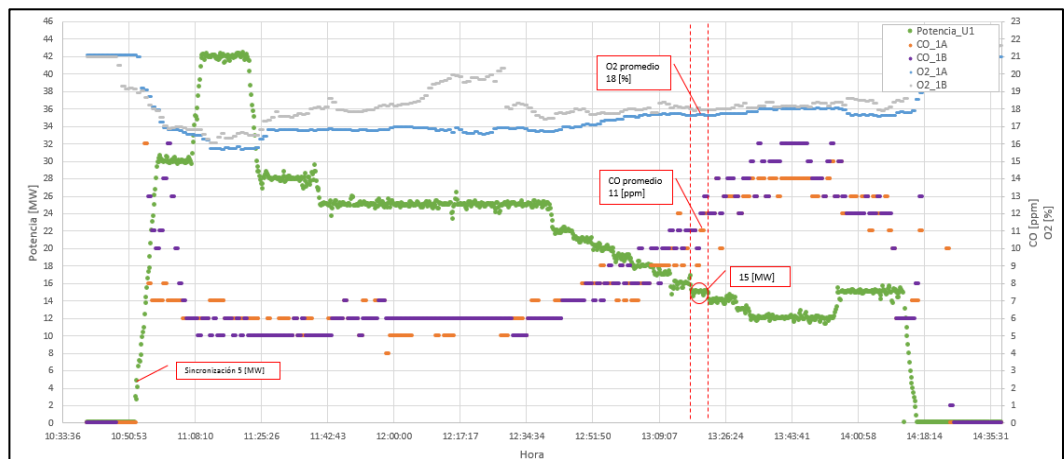


Gráfico 6.1 Registro operacional 16/12/2019.

³ Porcentaje correspondiente a la desviación estándar de la muestra, obtenida bajo un mismo nivel de carga.

⁴ Desviación producto a ajuste de nivel de carga.



En consecuencia, se propone establecer la potencia mínima de operación de la Unidad N°1 en 15 [MW].

6.1.3 Mínimo Técnico Unidad N°2

De los registros obtenidos el día Martes 17 de Diciembre del 2019, se observa en el gráfico 6.2, que al llegar la unidad a la carga de 14 [MW], las concentraciones de CO alcanzan los 10 [ppm], con un porcentaje de O₂ de 19 [%] aproximadamente.

Sobre estos niveles de Monóxido de Carbono, la combustión en el turbogenerador se torna deficiente, generando un bajo rendimiento en el equipo y una inestabilidad en la potencia de salida de la turbina.

No obstante de la concentración de CO, desde los 18 hasta los 13 [MW], la unidad presenta una gran inestabilidad en la potencia de salida del turbogenerador, por sobre lo considerado por la norma ASME PTC-22.

Tabla 6.2 Cálculo porcentaje desviación estándar niveles de carga Unidad N°2.

Carga [MW]	Promedio [MW]	Desv. Estandar	% Desv. Est.
42	41,92	0,36700	0,88%
28	27,95	0,33702	1,21%
25	25,02	0,30117	1,20%
24	24,03	0,21873	0,91%
23	22,98	0,29838	1,30%
22	21,99	0,24105	1,10%
21	20,99	0,20910	1,00%
20	20,08	0,26948	1,34%
19	19,00	0,19615	1,03%
18	18,08	0,53890	2,98%
17	17,07	0,26149	1,53%
16	15,95	0,36494	2,29%
15	14,96	0,23848	1,59%
14	13,96	0,29549	2,12%
13	12,97	0,20534	1,58%

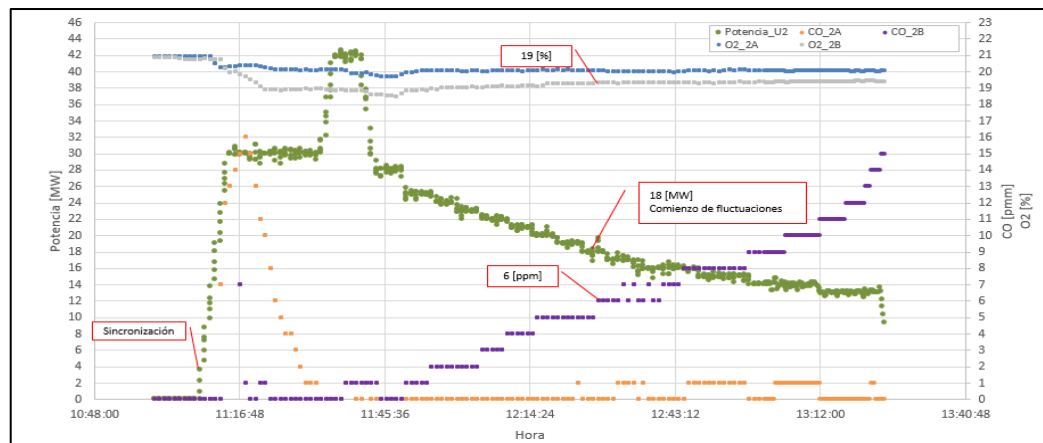


Gráfico 6.2 Registro operacional 17/12/2019.



Por tal motivo y respetando la definición de Mínimo Técnico, recomendamos establecer, para la Unidad N°2, el valor en 19 [MW].

6.1.4 Mínimo Técnico Unidad N°3

El día Miércoles 18 de Diciembre, se realizaron los ensayos correspondientes a la Unidad N°3 de la central, sin embargo, las verificaciones de MT correspondientes a esta turbina, fueron suspendidas por inestabilidades en la potencia de salida del turbogenerador al momento de poner en servicio el sistema de inyección de agua, siendo re-agendado para el día Viernes 27.

Los registros operacionales correspondientes al día 27 de Diciembre se presentan en el siguiente gráfico.

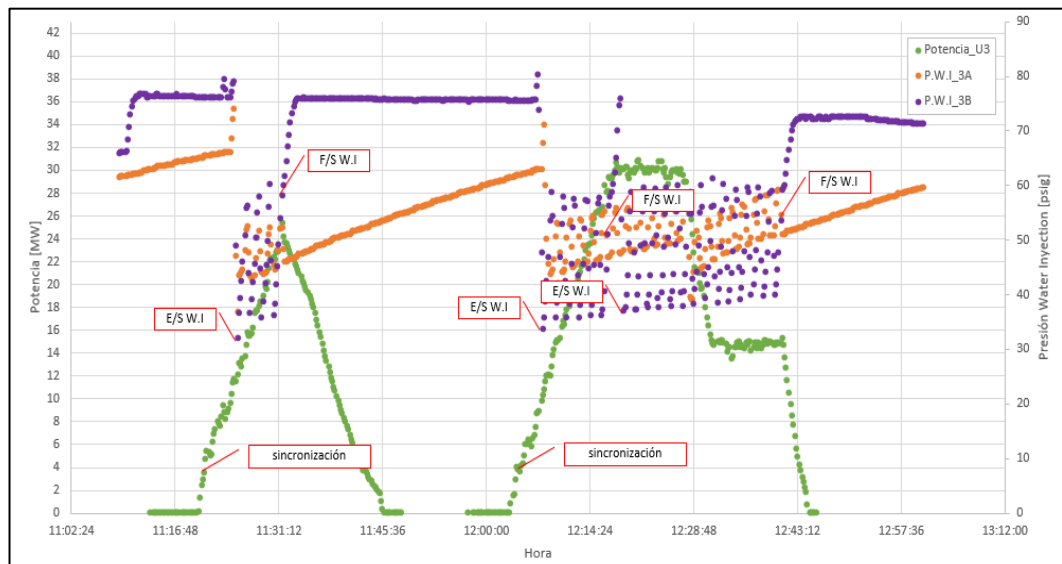


Gráfico 6.3 Registro operacional variación Inyección de Agua 27/12/2019.

En el registro anterior, se observa inestabilidades en la carga de la turbina, al entrar en operación el sistema de inyección de agua. Cuando éste entra en servicio, la presión y flujo de agua de descarga de las bombas de inyección, comienzan a variar, debido a fluctuaciones del variador de frecuencia asociado al motor de las bombas.

En consecuencia, la fluctuación del flujo de agua de inyección, genera variaciones en la combustión de la turbina, traduciendo en este una inestabilidad severa de la unidad, llegando al Trip de éste.

Luego de conversaciones con el Coordinador, se plantea realizar las pruebas sin el sistema de inyección de agua, con el objetivo de verificar el Mínimo Técnico,



considerando que en bajas cargas de la turbina, con WI en servicio, solo es apremio los NO_x.

Los registros operacionales de la unidad N°3, sin el sistema de inyección de agua, se presentan en el gráfico 6.4

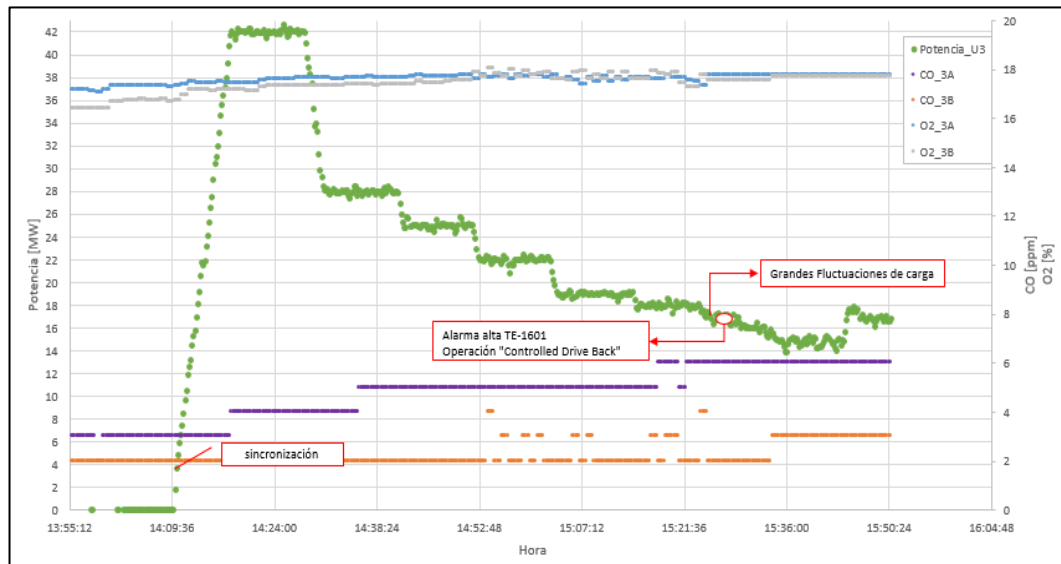


Gráfico 6.4 Registro operacional 27/12/2019.

En el gráfico anterior, se verifica que la unidad al llegar a una carga de 17 [MW], comienza a tener grandes fluctuaciones en la potencia de salida, comenzando a operar el control “Drive Back” (decreción controlada de la potencia), debido a altas temperaturas en el descanso N°4 y N°5 de la unidad, asociado a la alarma “TE-1601 Alarma de Muy Alta” (sobre 193 [°C]).

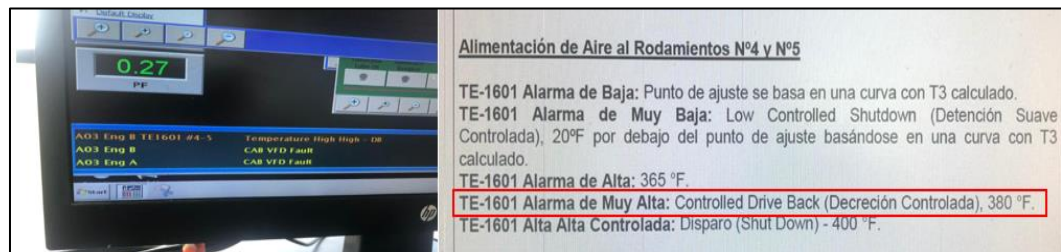


Figura 6.2 Alarma “TE-1601 Muy Alta” en Unidad 3B.

Lo anterior ocurre ya que a bajas cargas de la unidad, menor es el flujo de aire que ingresa al compresor. Esto a su vez causa que sea menor el flujo de aire de extracción hacia los descansos para su enfriamiento, lo que finalmente se traduce en altas temperaturas de éstos.

Junto con lo expuesto anteriormente, el porcentaje de variación de la carga, por debajo los 17 [MW], supera lo permisible por la norma ASME PTC.



Tabla 6.3 Cálculo porcentaje desviación estándar niveles de carga Unidad N°3.

Carga [MW]	Promedio [MW]	Desv. Estandar	% Desv. Esta.
42	41,97	0,25	0,60%
28	27,97	0,21	0,75%
25	25,01	0,27	1,10%
22	21,97	0,27	1,24%
19	18,96	0,18	0,93%
18	17,97	0,22	1,24%
17	16,90	0,33	1,92%
16	15,92	0,31	1,93%
15	14,74	0,36	2,46%

Finalmente, se propone definir el MT de la unidad N°3, en 18 [MW].

6.1.5 Mínimo Técnico Unidad N°4

Basado en los datos de operación de la Unidad N°4, obtenidos durante los ensayos ejecutados el día Jueves 19 de Diciembre del 2019, se verifica en el gráfico 6.5, que al llegar la unidad a una carga de 8 [MW], las concentraciones CO se elevan hasta los 14 [ppm], evidenciando una incompleta combustión en el turbogenerador a estos niveles de carga.

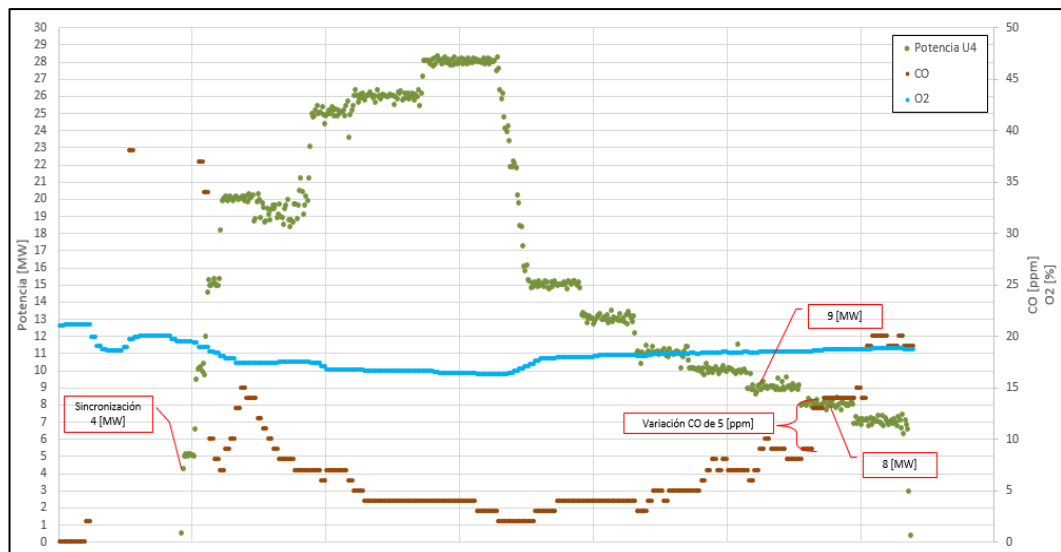


Gráfico 6.5 Registro operacional 19/12/2019.

La variación de carga a los niveles de 8 y 7 [MW] sobrepasa los 1,3 [%] llegando a 3,0 [%] afectando directamente a la estabilidad de la inyección de energía al sistema.

Por lo tanto, el MT asociado a la Unidad N°4 se propone sea fijado en 9 [MW].



6.2 Mínimo Técnico Ambiental de la Unidad Generadora

Respecto a las emisiones ambientales, las unidades de Central Yungay deben cumplir con la normativa del DS 13 y la RCA del proyecto.

Conforme a lo indicado en el artículo 4° del DS13/2019 MMA, los límites de emisión para fuentes emisoras existentes que utilizan combustible líquido se presentan en la figura 6.3. Estos límites se deben corregir por Oxígeno (O₂) al 15% en base seca⁵.

Combustible	Material Particulado (MP)	Dióxido de azufre (SO ₂)	Óxidos de Nitrógeno (NO _x)
Sólido	50	400	500
Líquido	30	30	200
Gas	n.a.	n.a.	50

Figura 6.3 Límites de emisión para fuentes emisoras existentes [Extracto DS13].

No obstante a lo indicado en el párrafo anterior, en el artículo n°15 exime del cumplimiento del límite de NO_x, si la turbina opera menos de 876 [horas/año].

En consecuencia, el límite de 200 [mg/m³] no es ambientalmente exigible a Central Yungay, mientras que sus unidades generadoras operen menos de un 10 [%] al año.

De todas formas, a modo de referencia ambiental, se analiza el comportamiento de las turbinas en base a éste límite de emisión aplicable a operaciones más extensas (por sobre un 10 [%] al año).

6.2.1 Mínimo Técnico Ambiental Unidad N°1

Conforme a los antecedentes, la unidad al operar con el sistema de inyección de agua, para reducir los NO_x, no tiene restricción técnica en cuanto a un valor de MT, por tal motivo el Mínimo Técnico ambiental quedará definido por el Mínimo Técnico propuesto en acápite anterior de 15 [MW].

En el gráfico 6.6 se aprecia los niveles de NO_x, para cada nivel de carga del turbogenerador.

⁵ Corrección para Turbinas de Gas con combustible líquido.

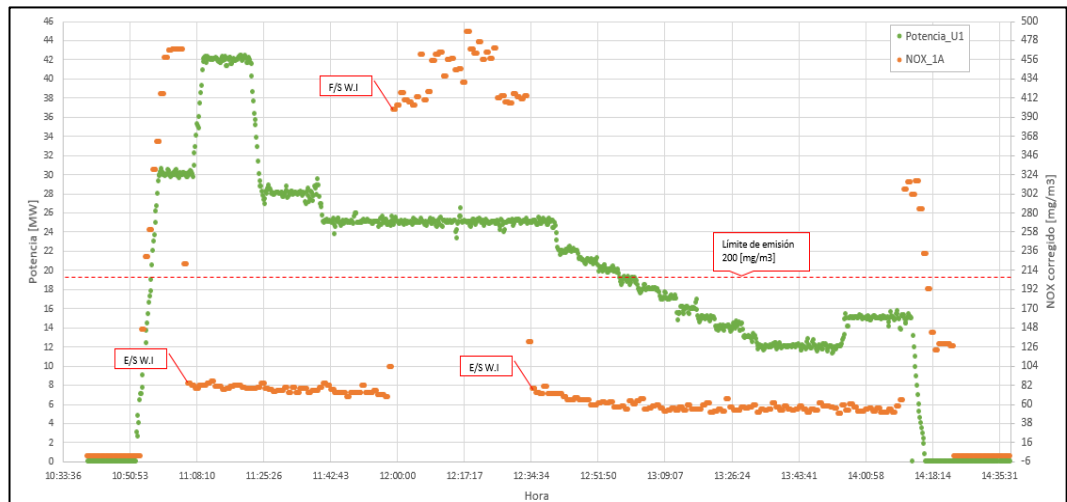


Gráfico 6.6 Registro operacional Potencia v/s NO_x (16/12/2019).

6.2.2 Mínimo Técnico Ambiental Unidad N°2

Considerando que el sistema de inyección de agua entra en operación a los 25 [MW], para el primer ensayo realizado el día 17 de Diciembre, las emisiones de NO_x de la Unidad 3A, se encuentran sobre el límite permitido, no obstante luego de unos ajustes en los CEMS de la unidad, para la segunda prueba, las emisiones se encuentran por debajo del límite (200 [mg/m³], corregidos al 15 [%] de O₂).

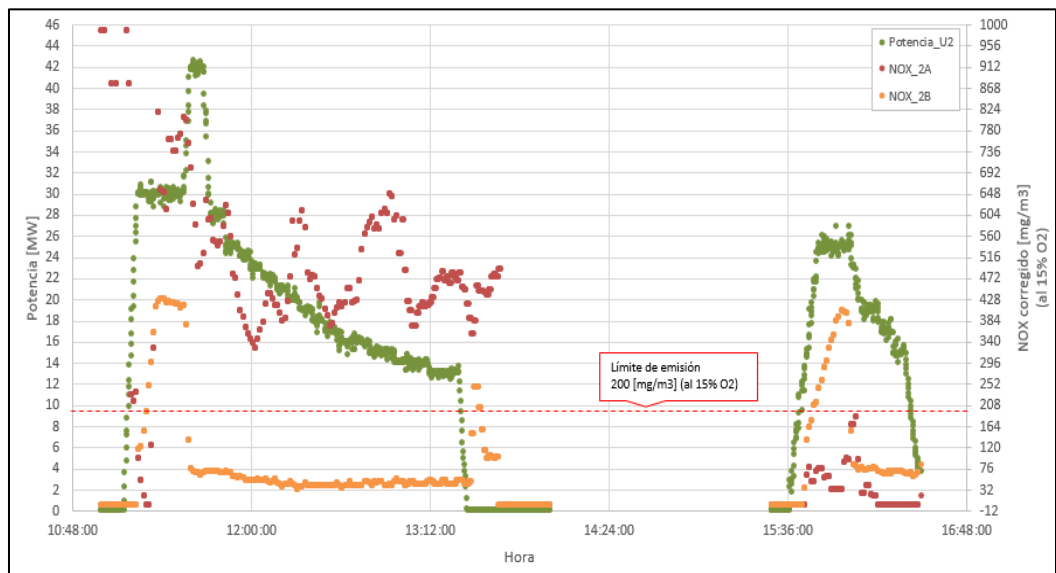


Gráfico 6.7 Registro operacional Potencia v/s NO_x (17/12/2019).



Conforme a los registros, al igual que en la Unidad N°1, la Unidad N°2 no presenta problemas de Mínimo Técnico que no respeten las emisiones, con el sistema de inyección de agua en operación.

6.2.3 Mínimo Técnico Ambiental Unidad N°3

Debido a problemas en la fluctuación de potencia de salida del turbogenerador, obligando a dejar fuera de servicio el sistema de inyección de agua, el mínimo técnico ambiental quedará definido al mismo nivel de carga propuesto en la Unidad N°3.

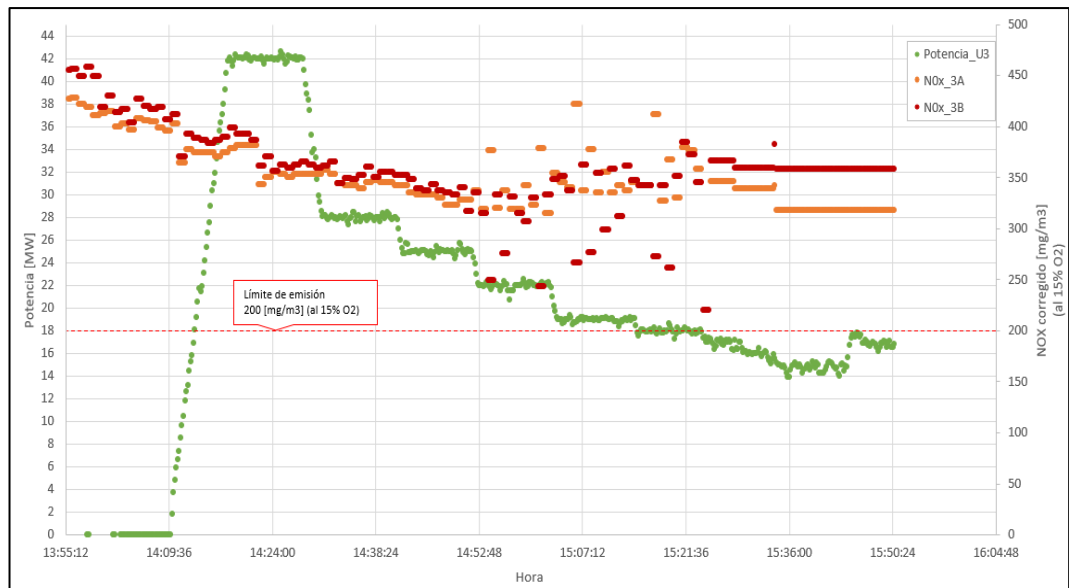


Gráfico 6.8 Registro operacional Potencia v/s NO_x (27/12/2019).

6.2.4 Mínimo Técnico Ambiental Unidad N°4

A diferencia de las Unidades N°1, N°2 y N°3, la unidad N°4 del fabricante GE, no posee sistema de inyección de agua para el abatimiento de los NO_x, lo que genera que las emisiones sobrepasen el valor de referencia de 200 [mg/m³] al 15 [%] de O₂, por sobre los 9 [MW] de potencia.

Por tal motivo, el valor de mínimo técnico se propone dejarlo definido en 9 [MW].

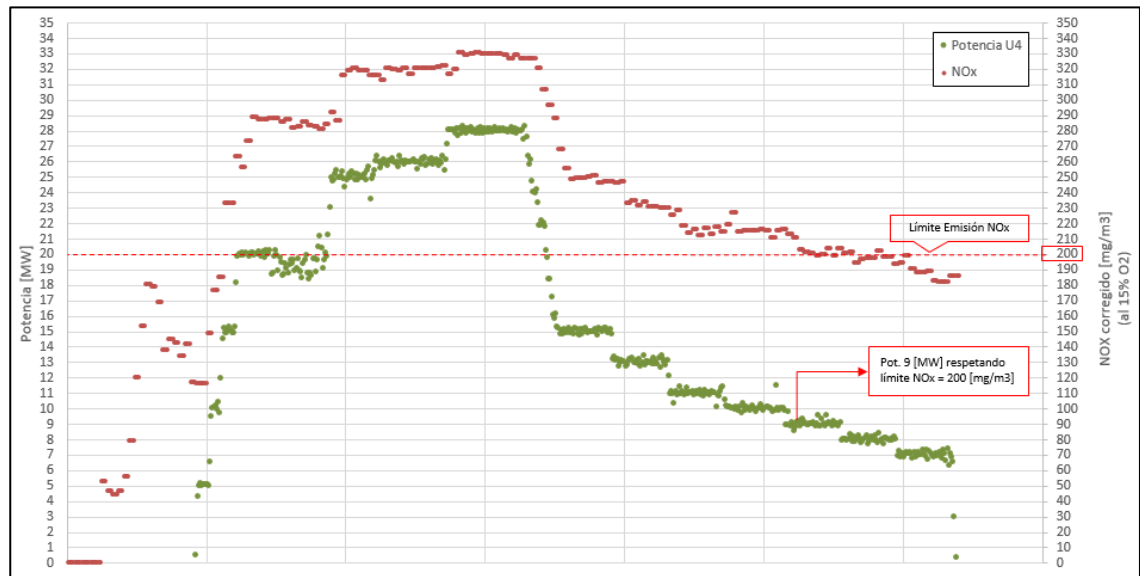


Gráfico 6.8 Registro operacional Potencia v/s NO_x (19/12/2019).



7 CONCLUSIONES

La central Yungay, es una planta cuyo objetivo principal es dar respaldo al Sistema Interconectado.

Considerando lo expuesto en el capítulo 6.1, los valores de Mínimo Técnico correspondientes a las Unidades **N°1**, **N°2**, **N°3** y **N°4**, son de **15 [MW]**, **19 [MW]**, **17 [MW]** y **9 [MW]** respectivamente, sin considerar limitaciones medioambientales.

Conforme a lo indicado en el capítulo 6.2, el Mínimo Técnico Ambiental para las unidades Pratt & Whitney no representan un valor definido, ya que en todo el rango de carga de la turbina, se mantiene las emisiones por debajo del valor de referencia del DS13/2019 MMA, de 200 [mg/m³] al 15 [%] de O₂. Por tal motivo, sus valores de potencia quedarán definidos por los mínimos técnicos propuestos en el capítulo 6.1.

Para la unidad GE, el valor del Mínimo Técnico Ambiental propuesto es de **9 [MW]**. Si bien esta turbina no podría operar por sobre los 9 [MW] de potencia sin sobrepasar el límite de NO_x de 200 [mg/m³], en la realidad éste no reviste de restricción ambiental mientras que la unidad opere menos de 876 [horas/año]

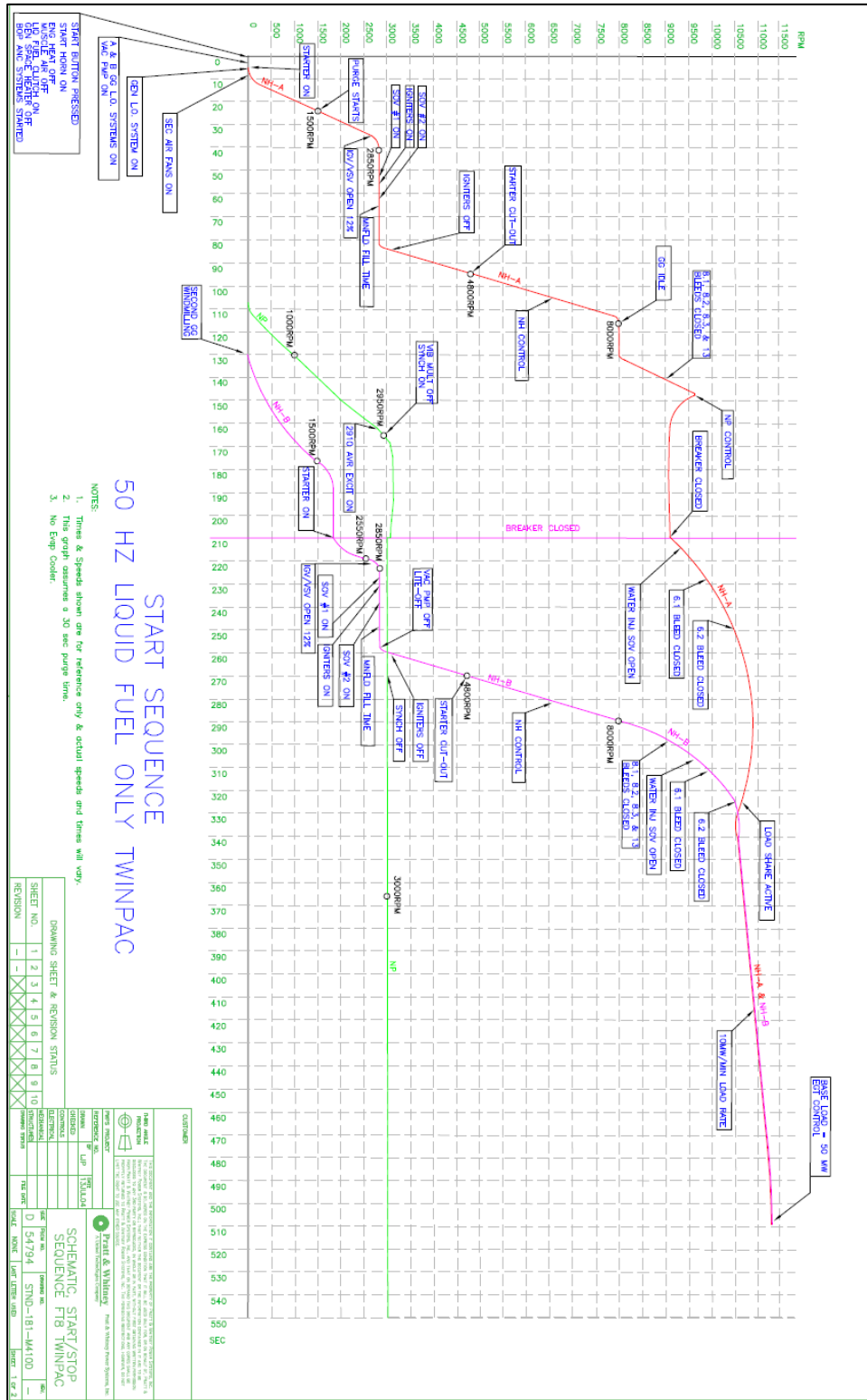
Los valores de Mínimo Técnico indicados anteriormente, corresponden a ensayos realizados a cada turbogenerador en terreno, analizando para cada caso los límites permitidos para variables influyentes en el proceso, como temperatura de salida de los gases de combustión, flujo de agua (para la inyección de éste), niveles de vibración, entre otros.

Alberto Piel Westermeyer
Experto Técnico
Proterm S.A.

Diego Uribe Retamal
Ingeniero de Apoyo
Proterm S.A.

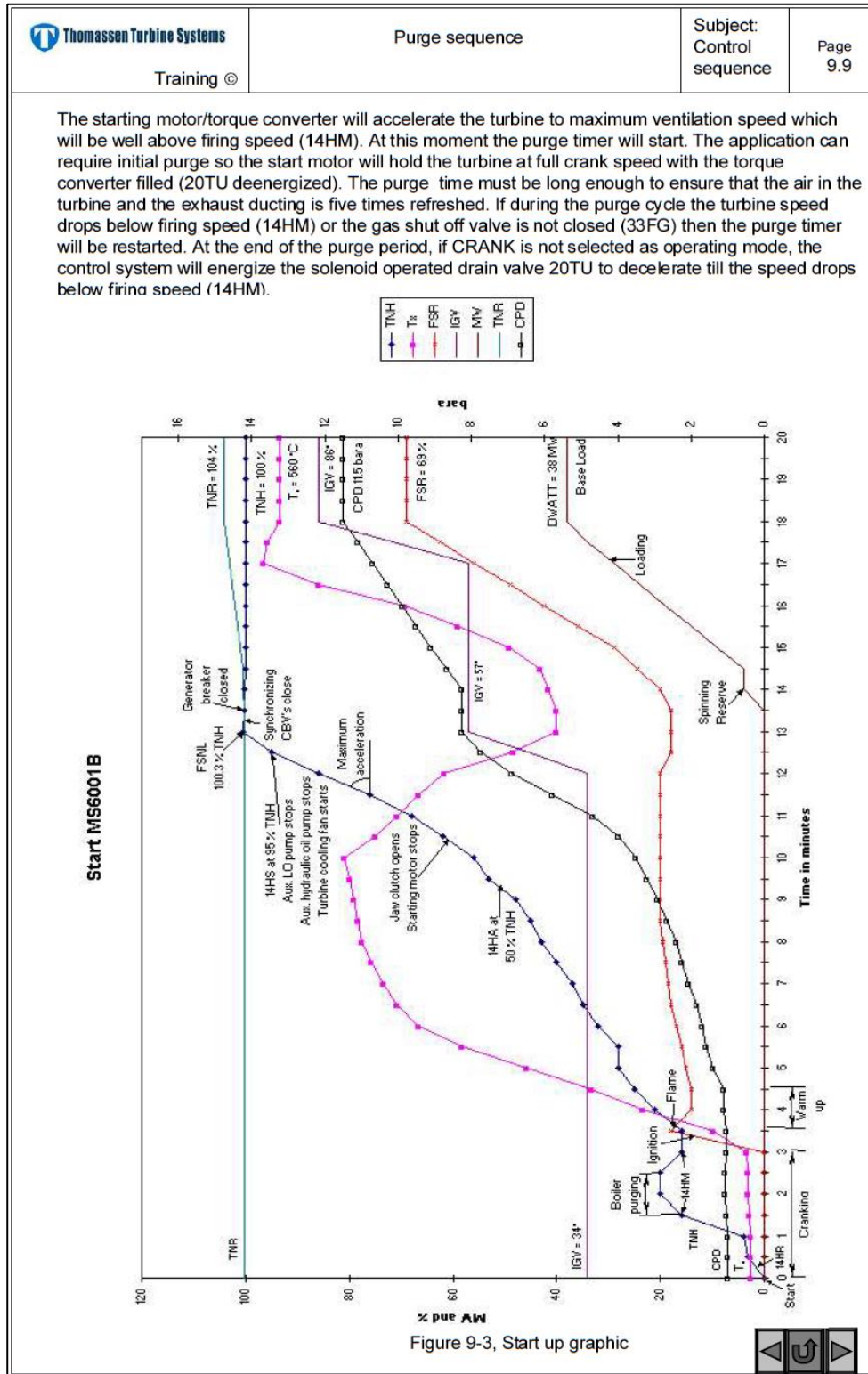


Anexo A: Curva operación unidad Pratt & Whitney





Anexo B: Curva operación unidad General Electric





Anexo C: Perfil de Temperaturas Gases de Escape Unidad N°1

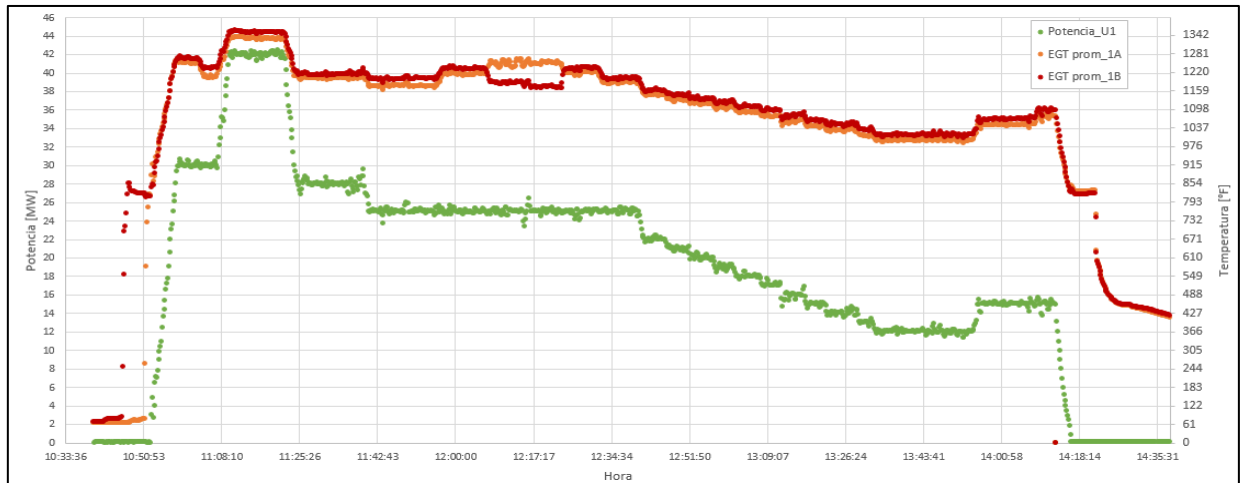


Gráfico C.1 Registro operacional Potencia v/s Temp. Gases Escape (promedio) – Unidad N°1

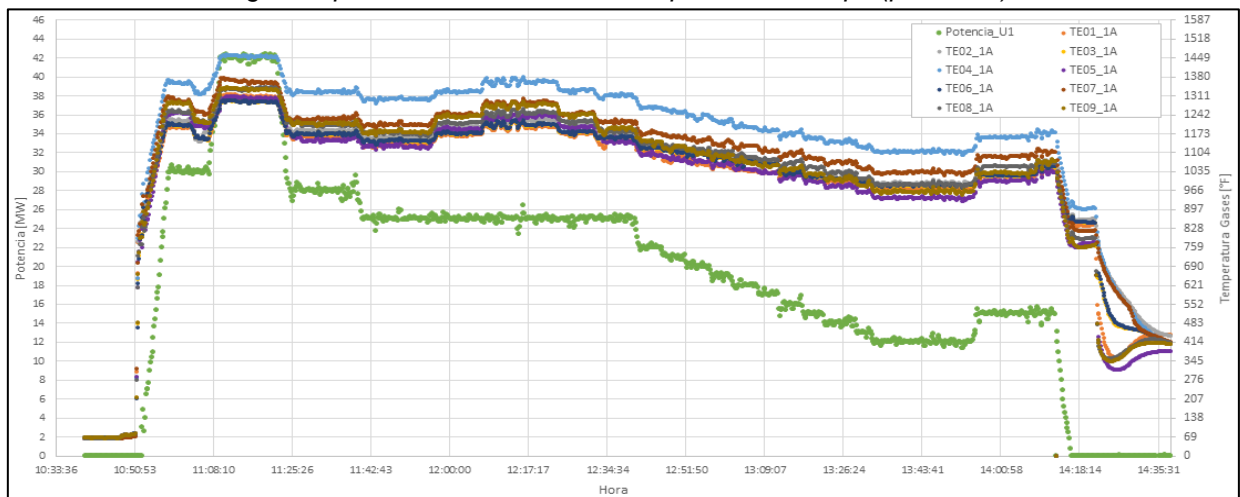


Gráfico C.2 Registro operacional Potencia v/s Temp. Gases Escape – Unidad N°1A

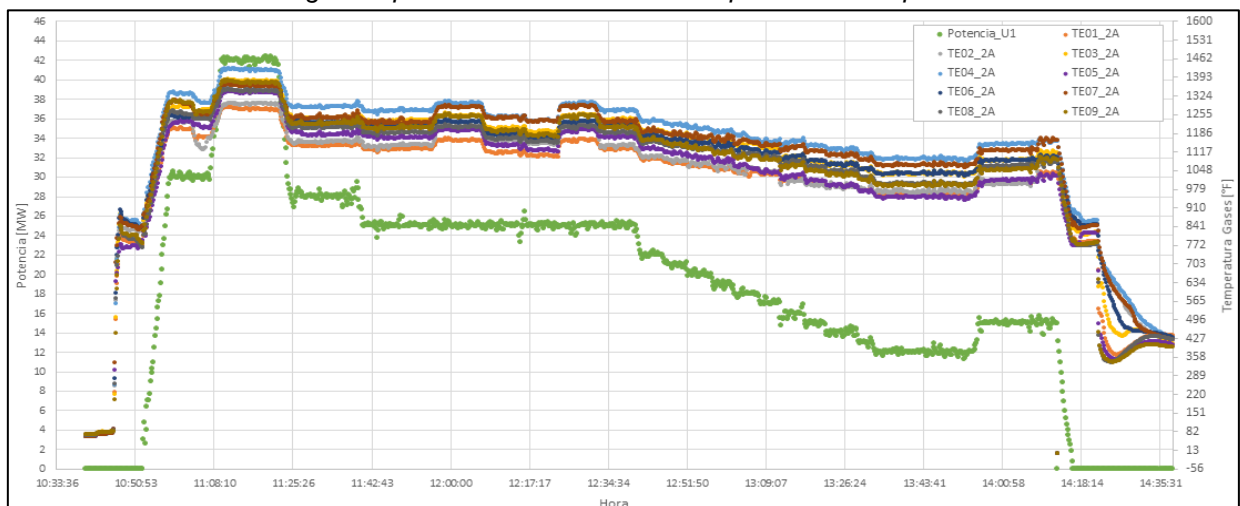


Gráfico C.3 Registro operacional Potencia v/s Temp. Gases Escape – Unidad N°1B



Anexo D: Perfil de Temperaturas Gases de Escape Unidad N°2

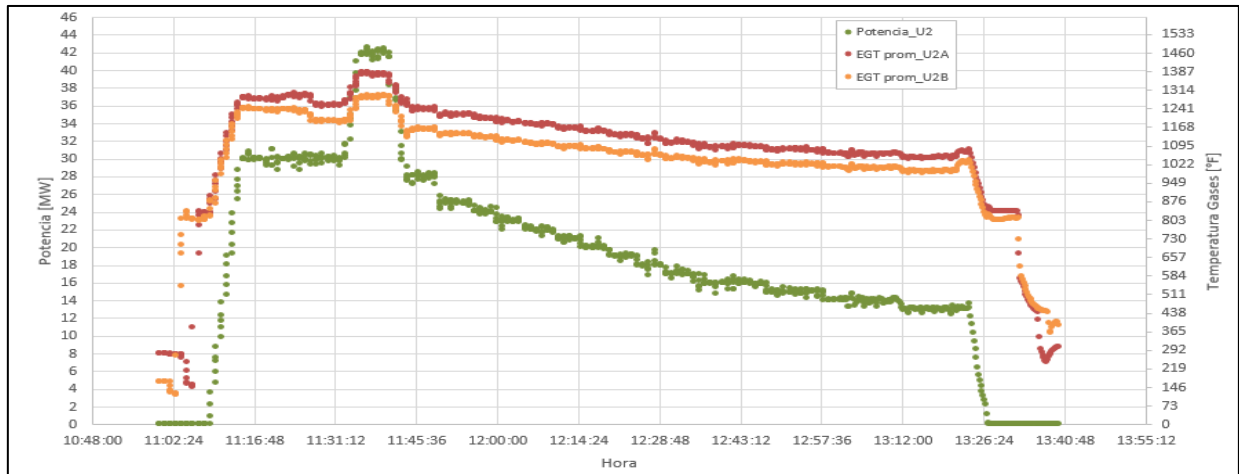


Gráfico D.1 Registro operacional Potencia v/s Temp. Gases Escape (promedio) – Unidad N°2

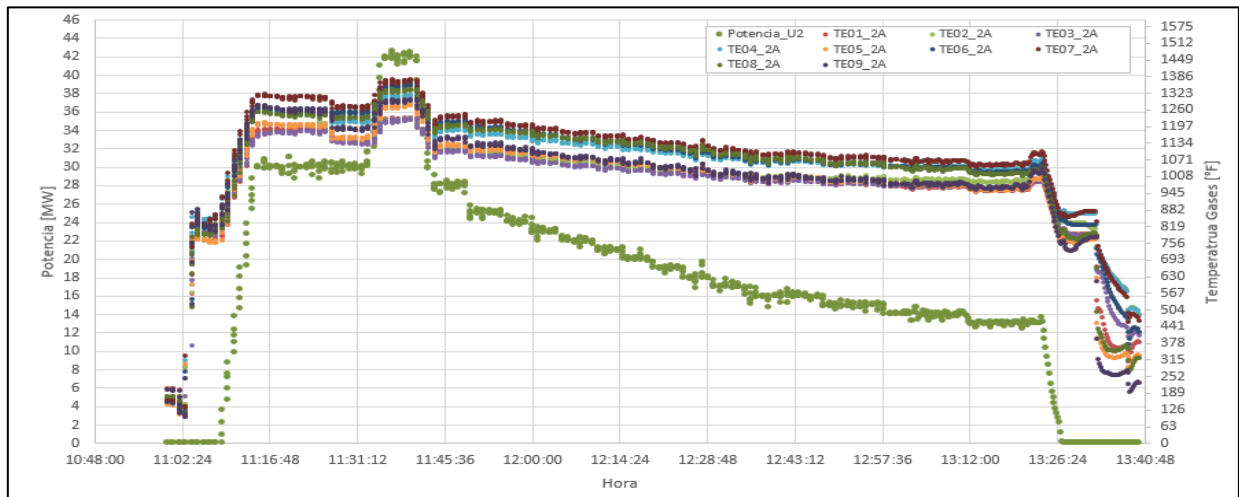


Gráfico D.2 Registro operacional Potencia v/s Temp. Gases Escape – Unidad N°2A

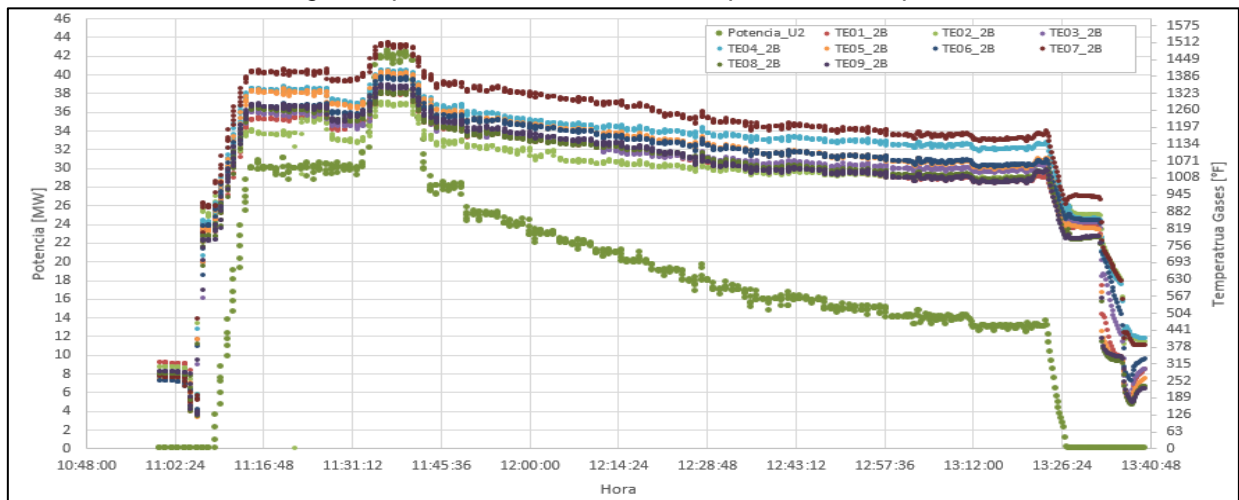


Gráfico D.3 Registro operacional Potencia v/s Temp. Gases Escape – Unidad N°2B



Anexo E: Perfil de Temperaturas Gases de Escape Unidad N°3

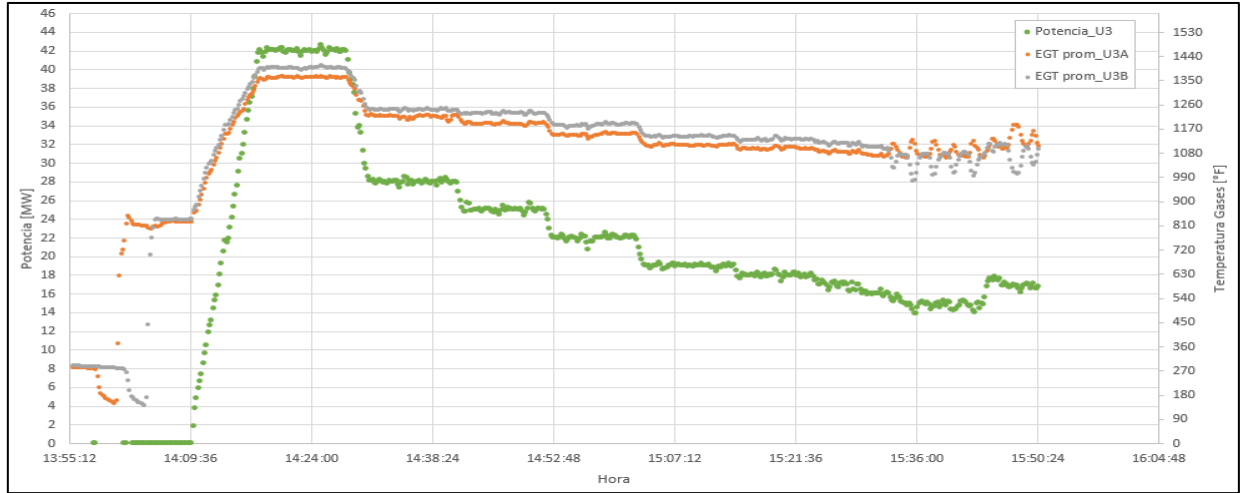


Gráfico E.1 Registro operacional Potencia v/s Temp. Gases Escape (promedio) – Unidad N°3

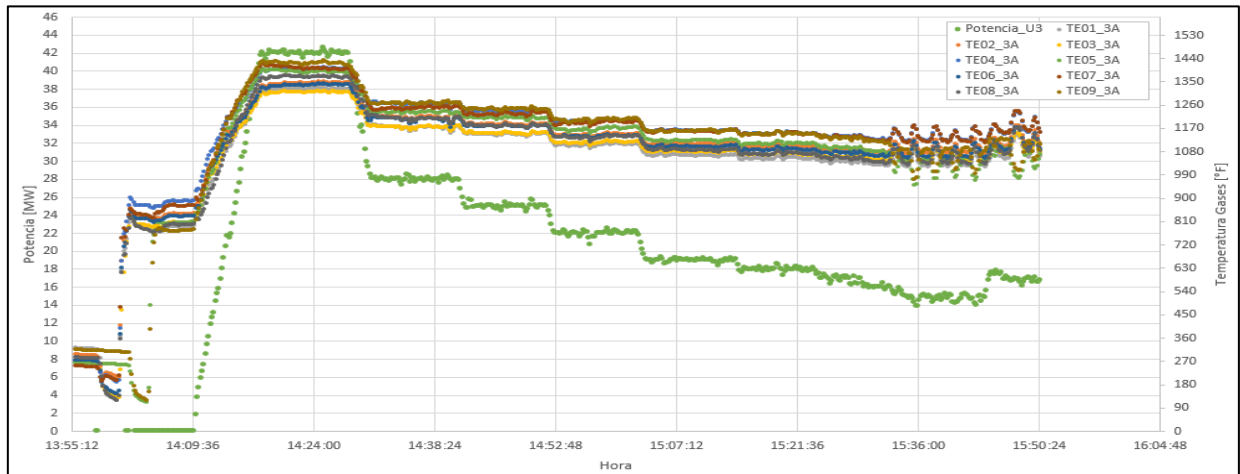


Gráfico E.2 Registro operacional Potencia v/s Temp. Gases Escape – Unidad N°3A

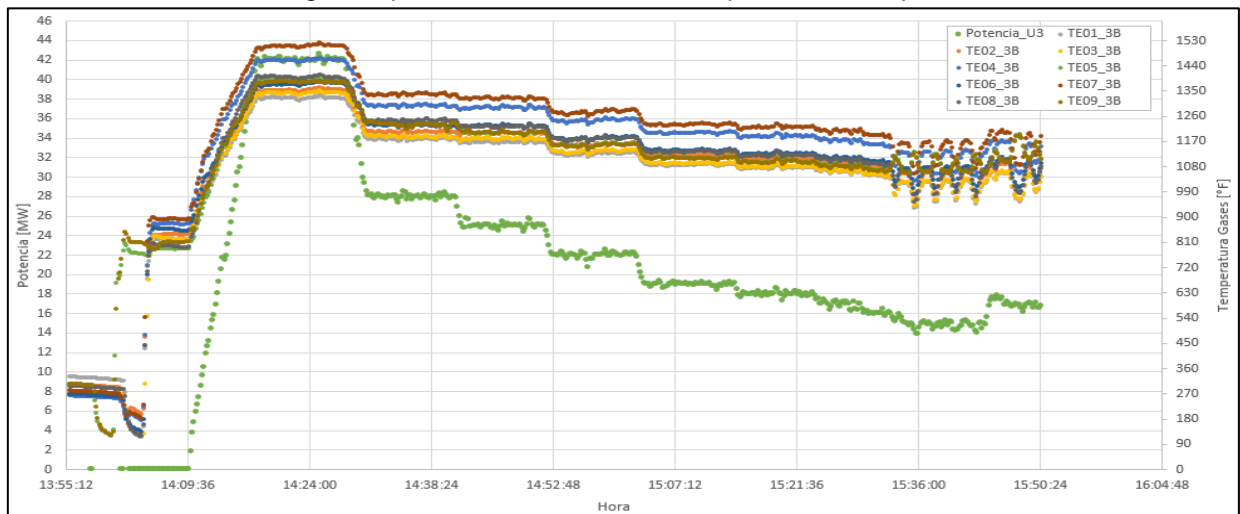


Gráfico E.3 Registro operacional Potencia v/s Temp. Gases Escape – Unidad N°3B



Anexo F: Perfil de Temperaturas Gases de Escape Unidad N°4

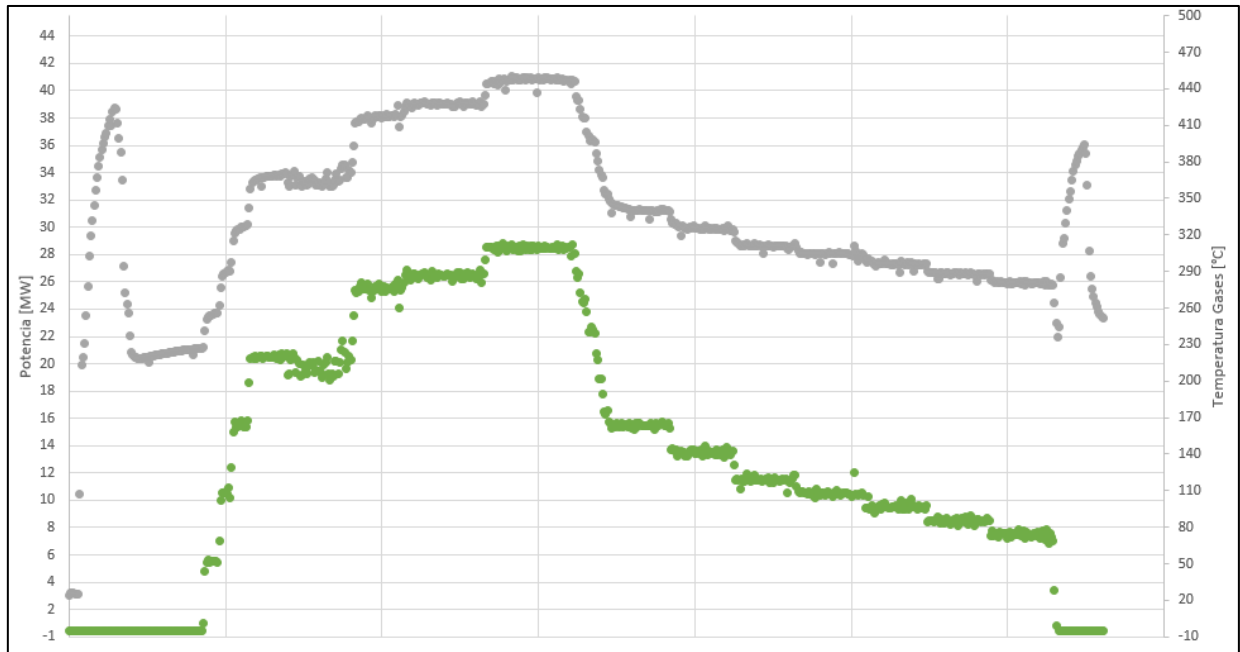


Gráfico F.1 Registro operacional Potencia v/s Temp. Gases Escape (promedio) – Unidad N°4

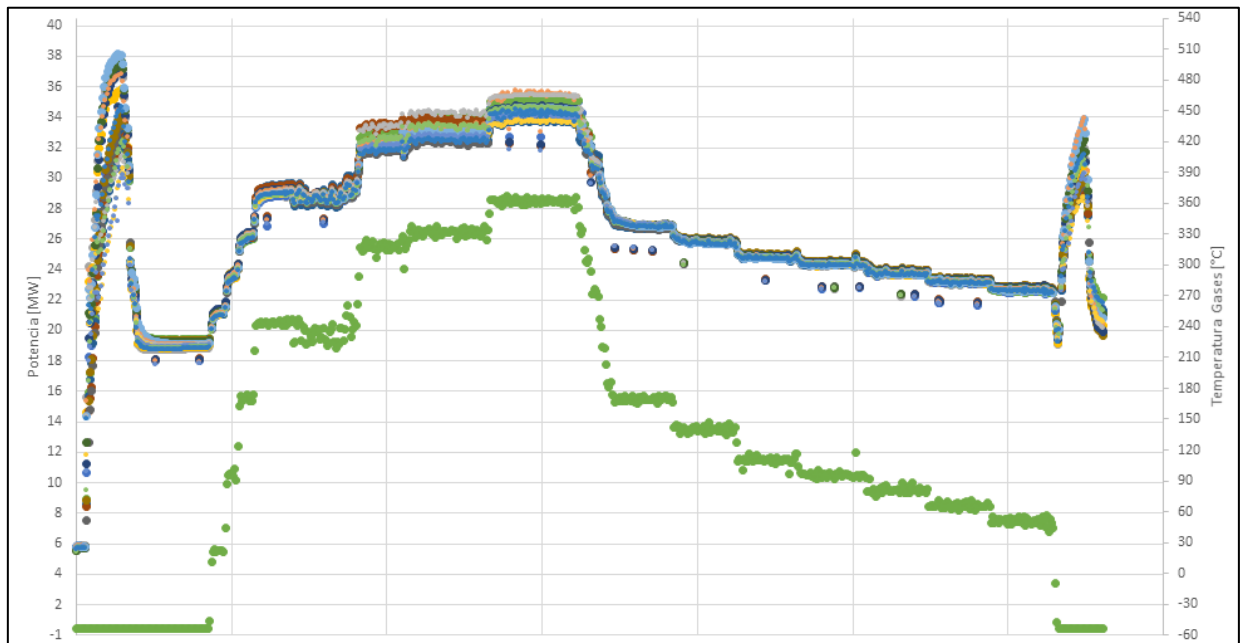
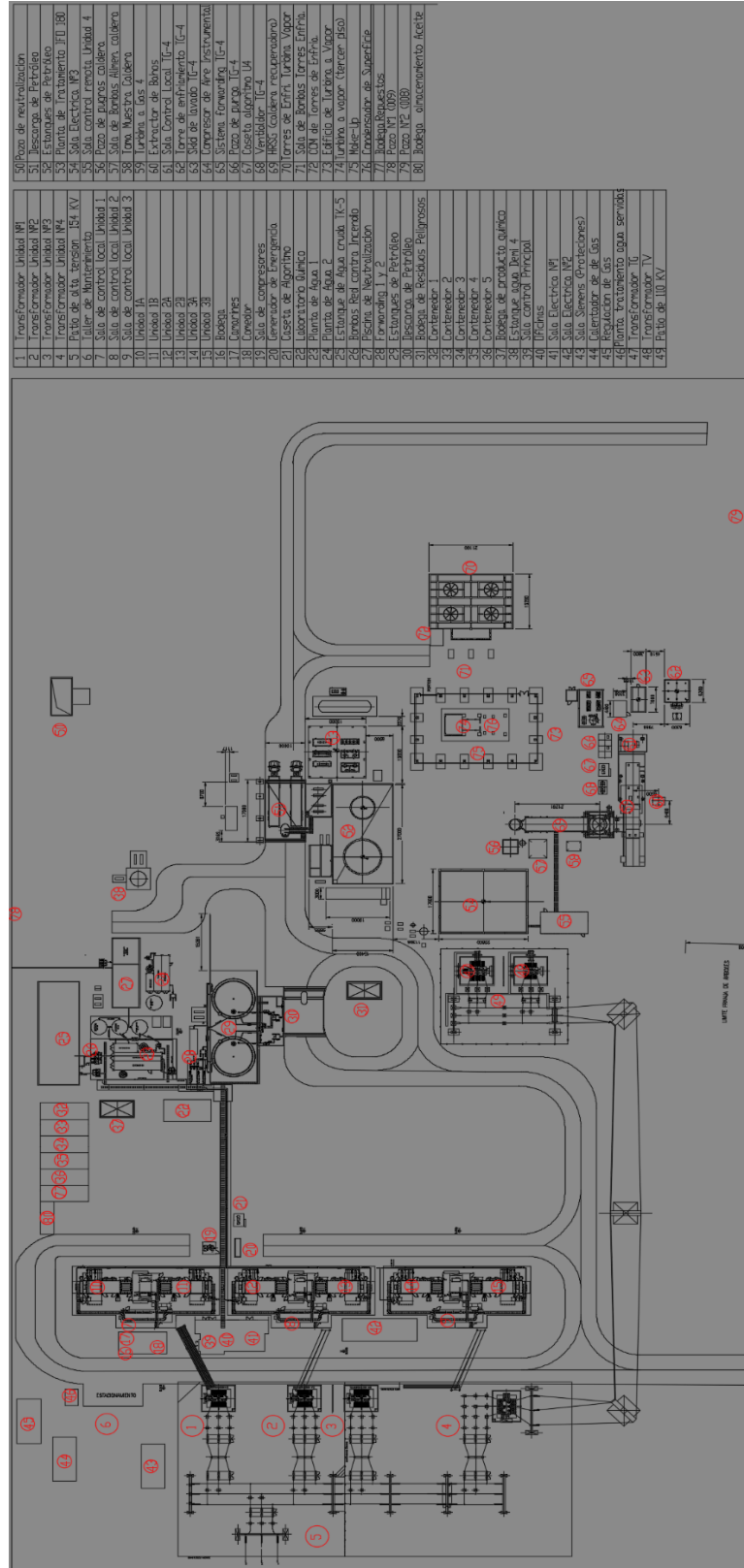


Gráfico F.1 Registro operacional Potencia v/s Temp. Gases Escape – Unidad N°4

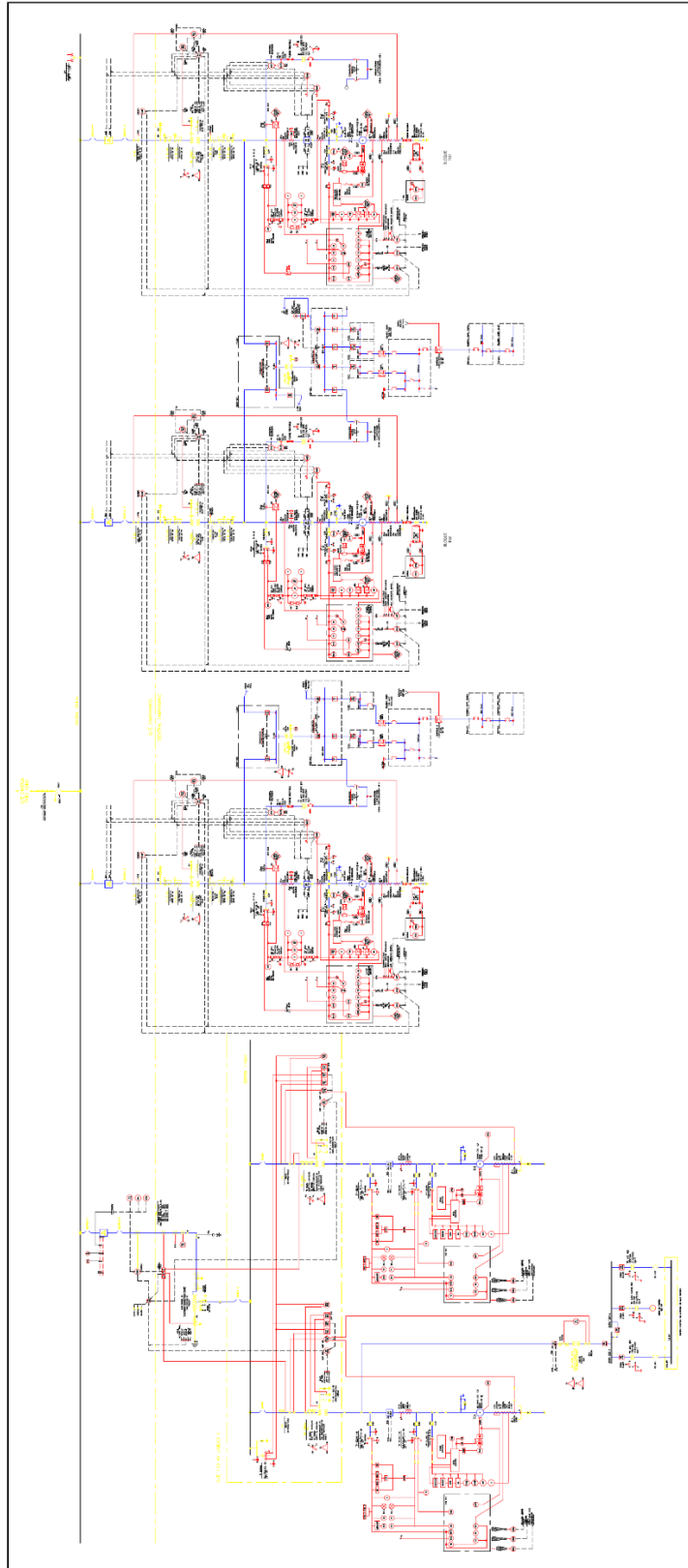


Anexo G: Plano Disposición de Planta.





Anexo H: Diagrama Unilineal Eléctrico.





Anexo I: Escalones de Carga Ensayo Mínimo Técnico.

Tabla I.1 Planificación escalones de carga

Escalones de carga – Ensayo Mínimo Técnico		
P&W	GE	Obs.
42 [MW]	26 [MW]	• Escalón equivalente a un 70% de la carga base
28 [MW]	17 [MW]	• Escalón equivalente a un 10% sobre el Mín. Téc. informado por central Yungay.
25 [MW]	15 [MW]	• Escalón equivalente al Mín. Téc. Informado por central Yungay.
22 [MW]	13 [MW]	• Disminución de carga de 3 [MW] y 2 [MW], equivalente a un 5% de la carga base.
19 [MW]	11 [MW]	• Disminución de carga de 6 [MW] y 4 [MW], equivalente a un 10% de la carga base.
16 [MW]	9 [MW]	• Disminución de carga de 9 [MW] y 6 [MW], equivalente a un 15% de la carga base.
13 [MW]	7 [MW]	• Disminución de carga de 12 [MW] y 8 [MW], equivalente a un 20% de la carga base.
10 [MW]	5 [MW]	• Disminución de carga de 15 [MW] y 10 [MW], equivalente a un 25% de la carga base.
7 [MW]	3 [MW]	• Disminución de carga de 18 [MW] y 12 [MW], equivalente a un 30% de la carga base.
4 [MW]	1 [MW]	• Disminución de carga de 21 [MW] y 14 [MW], equivalente a un 35% de la carga base.
1 [MW]	-	• Disminución de carga de 24 [MW] equivalente a un 40% de la carga base.



Anexo J: Condiciones de referencia de los Ensayos

Variables	Unidad N°1 (ensayo 16/01/2019)	Unidad N°2 (ensayo 17/01/2019)	Unidad N°3 (ensayo 27/01/2019)	Unidad N°4 (ensayo 19/01/2019)
Temperatura Ambiente (promedio)	25 [°C]	25 [°C]	29 [°C]	26 [°C]
Humedad Relativa Ambiente (promedio)	30,5 [%]	27,1 [%]	29,4 [%]	24,1 [%]



Anexo K: Registros operacionales

Archivo adjunto con registros operacionales.