

Empresa: Coordinador Eléctrico Nacional

País: Chile

Proyecto: Central Térmica Los Pinos

Descripción: Informe de Pruebas de Potencia Máxima

Código de Proyecto: EE-2018-073

Código de Informe: EE-EN-2019-0575

Revisión: A

*Power System Studies, Power Plant Field Testing
and Electrical Commissioning
ISO9001:2008 Certified*



24 de abril de 2019



Este documento EE-EN-2019-0575-RA fue preparado para Coordinador Eléctrico Nacional por Estudios Eléctricos. Para consultas técnicas respecto del contenido del presente comunicarse con:

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

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

www.estudios-electricos.com

Este documento contiene 43 páginas y ha sido guardado por última vez el 24/04/2019 por Andrés Capalbo, sus versiones y firmantes digitales se indican a continuación:

Rev.	Fecha	Comentarios	Realizó	Revisó	Aprobó
A	24/abril/2019	Informe para entregar	AC	CC	PR

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



Índice

1	INTRODUCCIÓN.....	5
2	RESUMEN EJECUTIVO.....	6
3	OBJETIVO GENERAL Y RESPONSABLES DE LA PRUEBA.....	7
3.1	Objetivo.....	7
3.2	Experto Técnico.....	7
3.3	Representante empresa generadora	7
3.4	Representante del Coordinador Eléctrico Nacional.....	7
3.5	Observador de otro Coordinado	7
4	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD Y CONDICIONES DE PRUEBA	8
4.1	Descripción general.....	8
4.2	Condiciones de referencia y curvas de corrección.....	9
4.2.1	Metodología de corrección	11
4.3	Instrumentación y mediciones.....	12
4.3.1	Metodología	12
4.3.2	Instrumentación principal	13
4.3.3	Mediciones complementarias	14
5	DESARROLLO DE LA PRUEBA.....	15
5.1	Preparativos	15
5.2	Incremento de potencia, estabilización e inicio de la prueba	15
5.3	Período de prueba.....	16
6	CALCULOS REALIZADOS Y RESULTADOS	17
6.1	Reducción de datos y estabilidad.....	17
6.2	Determinación de la potencia de pérdidas totales (SSAA)	17
6.3	Correcciones aplicables a la potencia bruta.....	18
6.4	Calculo referencial de la potencia neta.....	19
6.5	Cálculo del promedio final	20
6.6	Tabla Resumen general	21
7	CONCLUSIONES	22
8	NORMATIVA	23



9 ANEXOS	24
9.1 Instrumentos de medición	24
9.1.1 Potencia/FP: ION 8650 – Características	24
9.1.2 Potencia/FP: ION8650 – Certificados	24
9.1.3 Potencia/FP: ION8650 – Registro fotográfico	27
9.1.4 Temperatura ambiente y Humedad relativa: Vaisala HMT360 – Características.....	28
9.1.5 Temperatura ambiente y Humedad relativa: Vaisala HMT360 – Certificados	29
9.1.6 Temperatura ambiente y Humedad relativa: Vaisala HMT360 – Registro fotográfico	30
9.2 Puntos de medición.....	31
9.2.1 Potencias - Unilineal.....	31
9.2.2 Potencias -Trifilar	31
9.2.3 Temperatura ambiente y humedad relativa	35
9.3 Curvas de corrección.....	36
9.3.1 Corrección por temperatura	36
9.3.2 Corrección por humedad relativa	37
9.3.3 Corrección por factor de potencia	38
9.4 Acta de ensayos.....	39



1 INTRODUCCIÓN

El presente documento describe las tareas, ensayos y cálculos realizados para obtener el valor de Potencia Máxima de la unidad TG n°1 de la Central Térmica Los Pinos en los términos establecidos en el “ANEXO TÉCNICO: Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras”.

Para la ejecución de las pruebas se siguió el protocolo:

EE-EN-2018-0680-RC_ProtocoloPotenciaMaxima_LosPinos

La Central Térmica Los Pinos, perteneciente a Colbún, está ubicada en la comuna de Cabrero en la región del Biobío y está compuesta por una unidad de gas del tipo aeroderivativa operando a ciclo abierto.



2 RESUMEN EJECUTIVO

En la etapa de diseño del protocolo de pruebas se exploraron distintas alternativas tendientes a efectuar las mediciones necesarias para determinar la potencia bruta máxima de acuerdo con las especificaciones establecidas por el Anexo Técnico “*Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras*” y la norma aplicable ASME PTC22.

Finalmente, se diseñó una alternativa que permitió realizar la determinación buscada en las mejores condiciones técnicas posibles. Para esto, el Coordinado contrató a la empresa Tecnored para la instalación de medidores externos de potencia (bruta y neta) e instaló un nuevo medidor permanente para las variables temperatura ambiente y humedad relativa.

Las pruebas se ejecutaron el 10 de abril de 2019 en presencia de Oscar Montaña por parte del Coordinado (Colbún) y Andrés Capalbo como Experto Técnico (Estudios Eléctricos).

Durante el período de pruebas se verificó que la unidad logra controlar en forma estable su potencia en bornes desde la sincronización hasta el fin de la prueba. En total se registraron 5 Hs en condiciones de potencia máxima, luego de finalizado el período de estabilización. Durante el desarrollo de las pruebas se operó la unidad en carga base (control por temperatura), regulación de frecuencia fuera de servicio y se mantuvo el FP en 0.95 utilizando el modo de control de factor de potencia del AVR.

Para la determinación del valor de Potencia Máxima se procesaron los datos registrados en terreno realizando la correspondiente reducción de datos, verificación de estabilidad, promediado y finalmente las correcciones por factor de potencia, humedad y temperatura tal como indica el Anexo Técnico.

Finalmente, se determinó un valor de **Potencia Máxima Bruta de 107,6 MW** para la unidad nº1 de la Central Térmica Los Pinos.



3 OBJETIVO GENERAL Y RESPONSABLES DE LA PRUEBA

3.1 Objetivo

El Anexo Técnico indica que se debe determinar por ensayo el valor de Potencia Máxima que será aquel valor de potencia activa bruta que sea sostenible durante al menos 5 horas, dentro del período de medición de la prueba y en conformidad con el protocolo de prueba.

3.2 Experto Técnico

La empresa Estudios Eléctricos fue seleccionada para llevar adelante los ensayos y tareas relacionadas con la determinación de la Potencia Máxima de la unidad nº1 de CT Los Pinos. El Experto Técnico designado fue el Ing. Andrés Capalbo y fue el responsable de desarrollar el protocolo de pruebas, supervisar la ejecución de todas las actividades descriptas en el mismo y redactar el presente informe.

3.3 Representante empresa generadora

Por parte de Colbún, el Coordinado, estuvo presente durante las pruebas el Sr. Oscar Montaña. Él fue el responsable de coordinar al personal bajo su mando en la operación de la central generadora, y de corroborar que exista personal calificado en la central de forma de poder efectuar íntegramente la prueba tal lo establecido en el protocolo.

3.4 Representante del Coordinador Eléctrico Nacional

No hubo representación del Coordinador en terreno durante el desarrollo de las pruebas.

3.5 Observador de otro Coordinado

No hubo representación de otro Coordinado en terreno durante el desarrollo de las pruebas.



4 DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD Y CONDICIONES DE PRUEBA

4.1 Descripción general

La Central Térmica Los Pinos, perteneciente a Colbún, está ubicada en la comuna de Cabrero en la región del Biobío y está compuesta por una unidad de gas a ciclo abierto.

La unidad posee un generador marca Brush modelo GH1550A y una turbina GE modelo LMS100PA SN:878-161 que juntos entregan una potencia bruta aproximada de 104 MW¹.

Los datos de placa del generador principal son:

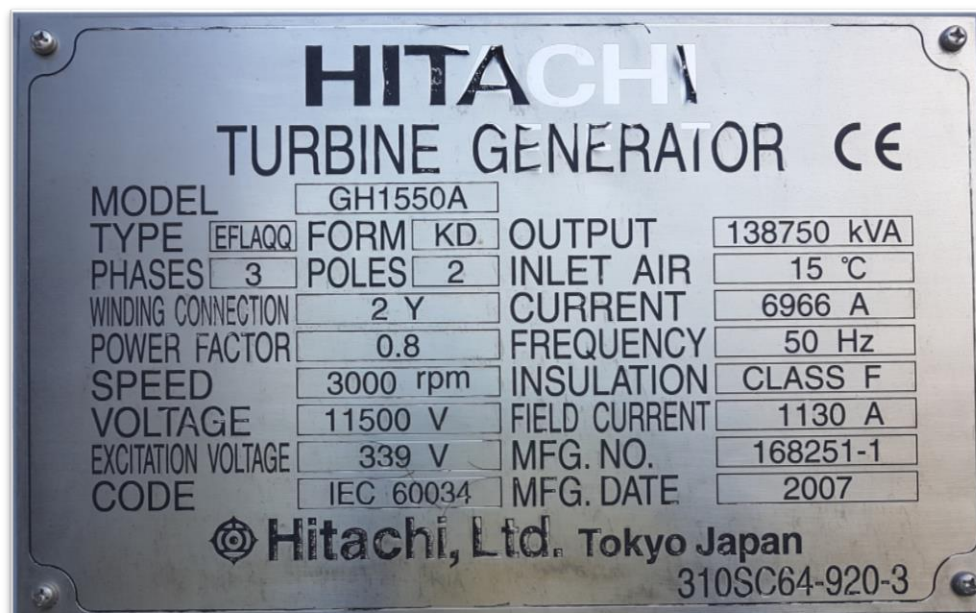


Figura 4.1 – Datos de placa del generador



Figura 4.2 – Datos de placa de turbina

¹ Fuente: <https://infotecnica.coordinador.cl/> (ficha antecedentes generales)



La turbina LMS100 posee un *intercooler* que tiene como objetivo incrementar la eficiencia del sistema, enfriando el aire comprimido que ingresa a la etapa de alta presión (HPC). El *intercooler* es una parte integral de la turbina, clave en su elevado rendimiento, por lo que opera siempre en servicio. El mismo enfría el aire caliente que sale del compresor de baja presión (LPC), antes de su ingreso a la etapa de HPC.

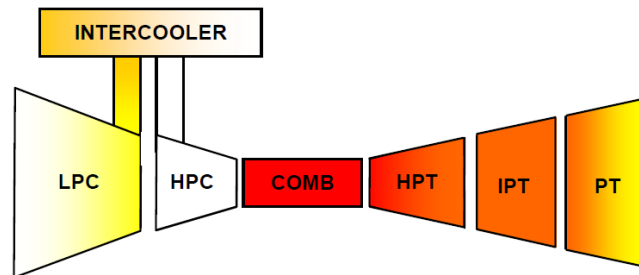


Figura 4.3 – Etapas de turbina e intercooler

Por otra parte, la turbina cuenta con sistema *anti-icing* y *evaporative cooler* para el aire de entrada. Ambos se mantuvieron fuera de servicio para las pruebas de potencia máxima.

4.2 Condiciones de referencia y curvas de corrección

Según el documento “*Colbún_performance_curves_rev1.pdf*” provisto por el Coordinado las condiciones de referencia para la potencia garantizada son las siguientes.

Ambient Temperature: 55.2F
Elevation: 482.3ft
Relative Humidity: 75%
Inlet/Exit Losses: 4/6 inH2O
NOx abatement: Water (42 ppm)
Liquid Fuel –diesel- (LHV=18400 Btu/lb)

Figura 4.4 – Datos garantizados y condiciones de referencia

Según el mismo documento las curvas que relacionan la potencia activa con las principales variables (temperatura, humedad y factor de potencia) son las siguientes:

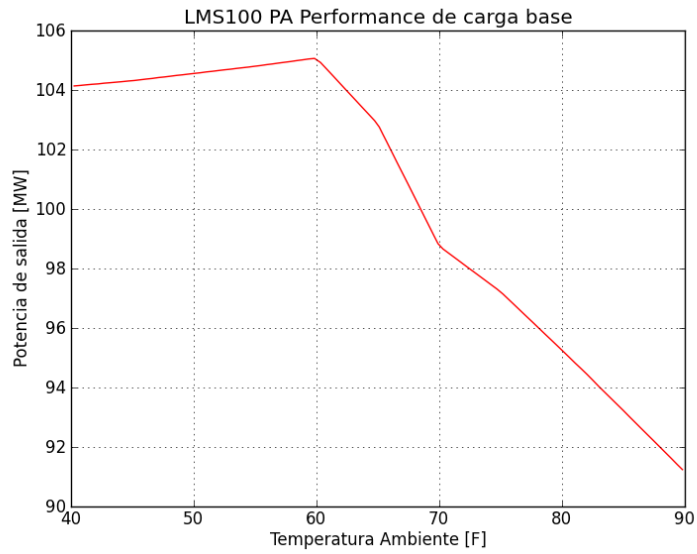


Figura 4.5 – Dependencia de la potencia con la temperatura ambiente

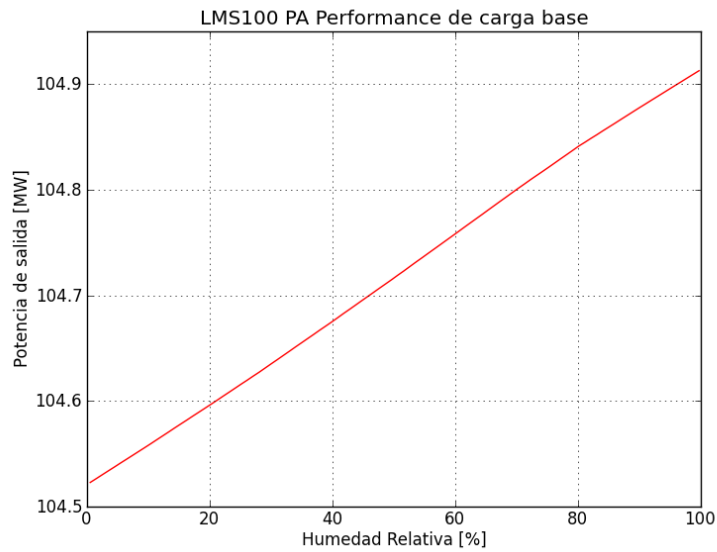


Figura 4.6 – Dependencia de la potencia con la humedad relativa

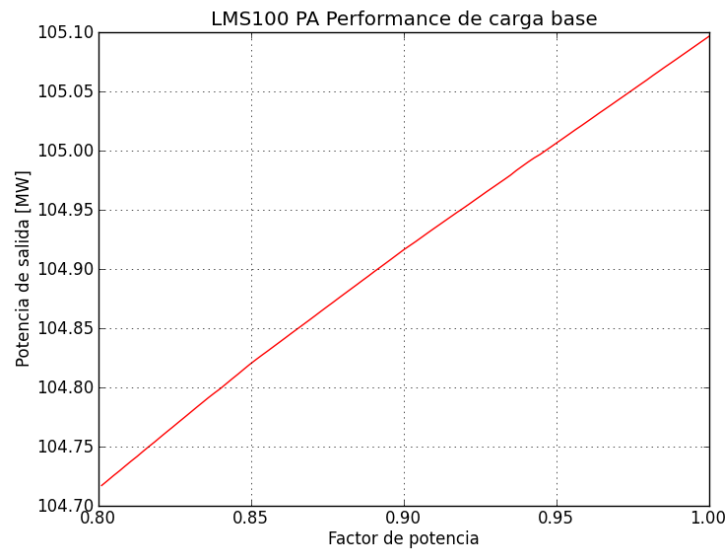


Figura 4.7 – Dependencia de la potencia con el factor de potencia

Ingresando a las curvas de las Figura 4.5 y Figura 4.6 con condiciones de diseño de temperatura y humedad (55.2°F y 75%RH) se obtiene una potencia de **104.82 MW**. El mismo valor se obtiene ingresando a la curva de la Figura 4.7 con un factor de potencia de 0.85 (notar que el factor de potencia nominal del generador es 0.80).

4.2.1 Metodología de corrección

El Anexo Técnico en su artículo 34 indica que se debe aplicar la corrección de la potencia bruta obtenida en función de su dependencia con la temperatura de aire de aspiración medida después de los filtros. La curva presentada en la Figura 4.5 representa la dependencia de la potencia con la temperatura ambiente. El Coordinado no dispone de curva de corrección por temperatura de aire de aspiración por no ser de provisión estándar del fabricante. En este contexto, el Coordinador, ha aceptado la realización de la prueba y posterior corrección utilizando la curva disponible y un medidor de temperatura ambiente (ver Tabla 4.1).

Las curvas mostradas en el capítulo 4.2 se encuentran en valores de ingeniería (MW) y no como forma de factor de corrección. Para convertirlo a dicho formato se normalizó el eje de las ordenadas con el valor de potencia de 104.82 MW que, como se indicó anteriormente, se corresponde a las condiciones de referencia (Figura 4.4) y factor un de potencia de 0.85. Estas curvas pueden observarse en el Anexo 9.3.



Para las correcciones del valor de potencia bruta se utilizará, cuando corresponda, las condiciones de referencia junto con las curvas procesadas como se indicó anteriormente y un factor de potencia de 0.95 tal lo solicitado por el Anexo Técnico.

4.3 Instrumentación y mediciones

Según lo establecido en el Anexo Técnico (art 31) las mediciones de potencia y factor de potencia deberán realizarse con instrumentos clase 0.2, mientras que la norma ASME PTC 22 establece que la clase de los transformadores de instrumentación debe ser 0.3 o mejor.

En la Figura 4.8 se presenta un diagrama unilineal simplificado de planta donde se distinguen los elementos de interés.

Considerando este diagrama junto con el levantamiento de información realizado, los requerimientos del Anexo Técnico y la norma ASME PTC22 se describe la metodología utilizada.

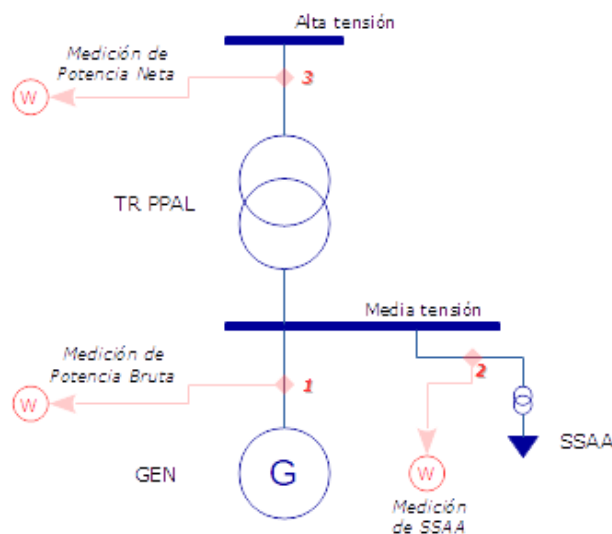


Figura 4.8 – Unilineal de planta esquemático

4.3.1 Metodología

Se realizó la medición de potencia bruta en bornes del generador (punto 1) tal como se solicita en el Anexo Técnico. Adicionalmente, se tomó medida de la potencia neta (punto 2) con la cual se calcula indirectamente la potencia de servicios auxiliares.

Asimismo, el factor de potencia se determinó con el instrumento instalado en el punto indicado con “1” en la Figura 4.8.



Los transformadores de instrumentación (PTs,CTs) son clase 0.3 o mejor. Los detalles de los transformadores de instrumentación de cada variable principal (punto “1” y “2” en la Figura 4.8) se encuentran en el Anexo 9.2.

El Coordinado no cuenta, dentro de su instalación permanente, con instrumentos de medición de clase 0.2 con certificado de calibración vigente. Para subsanar este punto, el Coordinado ha arrendado a la empresa Tecnoled dos equipos ION8650 que fueron instalados temporalmente para ser utilizados durante estas pruebas.

Asimismo, el Coordinado, ha adquirido e instalado nuevos equipos marca VAISALA para la adquisición de las variables de temperatura ambiente y humedad.

4.3.2 Instrumentación principal

Los instrumentos utilizados, magnitud, tipo y clase, y ubicación se describen en la Tabla 4.1.

#	Magnitud	Instrumento	Tipo, clase y muestreo	Propietario y certificado	Ubicación	Tipo de registro
1	Potencia activa bruta	Schneider Electric ION 8650 serie MW-1305A151-01 ²	A, 0.2, 5 seg	Tecnoled Anexo 9.1.2	Conectado a PTs CTs clase 0.3 (o mejor) en punto 1 del unilineal de la Figura 4.8. Borneras de prueba TBS2(1-2-3-4) y TBS3(1-2-3) según trifilar. Ver trifilar anexo 9.2.	Digital
2	Factor de potencia	Schneider Electric ION 8650 serie MW-1305A151-01	A, 0.2, 5 seg	Tecnoled Anexo 9.1.2	Conectado a PTs CTs clase 0.3 (o mejor) en punto 1 del unilineal de la Figura 4.8. Borneras de prueba TBS2(1-2-3-4) y TBS3(1-2-3) según trifilar. Ver trifilar anexo 9.2	Digital
3	Potencia activa neta	Schneider Electric ION 8650 Serie PT-0807A491-01 ²	A, 0.2, 5 seg	Tecnoled Anexo 9.1.2	Conectado a PTs CTs clase 0.3 (o mejor) en punto 3 del unilineal S/E Charrúa de la Figura 4.8. CTs: Bornes 1,2,3,4 de regleta X11. PTs: Bornes 1,2,3,4 de regleta X12 según trifilar. Ver trifilar anexo 9.2.	Digital
4	Temperatura ambiente	Vaisala HMP360 Serie P3140715	0.2°C ~ 5 seg	Coordinado Anexo 9.1.5	En las inmediaciones de la toma de aire. TT4082	Digital
5	Humedad relativa	Vaisala HMP360 Serie P3140715	0.6/1.0 % ~ 5 seg	Coordinado Anexo 9.1.5	En las inmediaciones de la toma de aire. RH4000	Digital

Tabla 4.1 – Instrumentación principal

² Notar que este número de serie difiere del indicado originalmente en el protocolo de pruebas. No obstante, los certificados de calibración vigentes fueron presentados en planta antes del inicio de las pruebas e incluidos en el presente informe.



Las características principales de estos equipos, sus certificados de calibración vigentes³ y un registro fotográfico de los mismos pueden consultarse en el Anexo 9.1. Los puntos físicos de conexión están identificados en los trifilares del Anexo 9.2 y se corresponden con los indicados en la Figura 4.8

Los equipos medidores de potencia bruta y neta fueron instalados, configurados y operados por TecnoRED. Durante el desarrollo de las pruebas se encargaron de realizar la entrega parcial y final de los registros digitales para realizar el seguimiento de estabilidad.

Asimismo, el Coordinado fue responsable de entregar los registros digitales correspondientes a las variables de temperatura ambiente y humedad durante y luego de la ejecución de las pruebas.

4.3.3 Mediciones complementarias

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

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

Finalizadas las pruebas se requirió al Coordinado la entrega del registro digital de datos correspondiente.

³ Según lo establecido en el Anexo Técnico “Determinación de Consumos Específicos de Unidades Generadoras”, se considera un período de dos años de validez de los certificados de calibración para los medidores de potencia. El Coordinador sugirió aplicar el mismo criterio para el proceso de Potencia Máxima.



5 DESARROLLO DE LA PRUEBA

5.1 Preparativos

1. El día anterior a las pruebas se realizó la verificación de la correcta instalación de todos los equipos de medición.
2. Antes del inicio de las pruebas se verificó que todas las protecciones estén operativas y sin fallas, y que no existan alarmas relevantes.
3. Se verificó lectura de los equipos de medición principales.
4. Se verificó sincronización horaria entre los distintos equipos de medición.
5. Se verificó que el sistema de adquisición de datos de planta esté operativo.
6. El personal responsable (Experto Técnico, Operaciones) estaban listos para dar comienzo a la prueba.

5.2 Incremento de potencia, estabilización e inicio de la prueba

Previo al inicio de las pruebas la unidad se encontraba detenida. El operador dio orden de partida, sincronizó la misma e incrementó carga paulatinamente hasta alcanzar el valor correspondiente a Carga Base.

En dicho punto se verificaron las condiciones de prueba establecidas en Tabla 4.1 del protocolo, las cuales son: lazo de control activo correspondiente a limitación por temperatura, se deshabilitó el Control Primario de Frecuencia, se ajustó el factor de potencia a 0.95 controlando en modo factor de potencia y se verificaron fuera de servicio el *Evaporative cooler* y el *Anti-icing*.

Finalizados estos ajustes se dio inicio al período de estabilización de la unidad. Durante el mismo se monitoreó la evolución de las principales variables (especialmente la temperatura de turbina) hasta que se verificó la estabilidad, dando inicio formal al período de pruebas.

La Tabla 5.1 resume los períodos resultantes.

Arranque de la unidad	10/abr/2019 9:50 Hs
Inicio del período de estabilización	11:00 Hs
Fin del período de estabilización	11:40 Hs
Inicio del período de prueba	11:40 Hs
Fin del período de prueba	16:40 Hs

Tabla 5.1 – Etapas de la prueba



La operación durante toda la prueba fue a ciclo abierto y utilizando combustible líquido.

5.3 Período de prueba

Finalmente, la prueba se extendió por un período total de 5 horas divididas en 10 test run de 30 minutos. En cada uno de los mismos se verificó la estabilidad de la unidad según lo establecido por la norma ASME PTC 22-2014:

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%

Figura 5.1 – Máximas variaciones permisibles en las condiciones de operación

La Tabla 5.2 muestra el resumen de las verificaciones realizadas:

Períodos			ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test Run n°	Hora			11:40	12:10	12:40	13:10	13:40	14:10	14:40	15:10	15:40	16:10
Verificación de condiciones de estabilidad													
P _{Neta}	Potencia Neta medido en Alta	0,65%	0,48%	0,46%	0,40%	0,48%	0,47%	0,47%	0,47%	0,49%	0,45%	0,47%	0,47%
P _{BRUTA}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	0,65%	0,43%	0,48%	0,44%	0,35%	0,45%	0,48%	0,45%	0,47%	0,45%	0,45%	0,46%
P _{atm}	Presión Atmosférica	0,16%	0,01%	0,01%	0,02%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,00%	0,01%	0,00%
T _{AA}	Temperatura aire aspiración	0,7 °C	0,48 °C	0,24 °C	0,25 °C	0,19 °C	0,36 °C	0,20 °C	0,34 °C	0,14 °C	0,20 °C	0,11 °C	0,11 °C
Frec	Velocidad de Rotación	0,33%	0,07%	0,05%	0,05%	0,06%	0,08%	0,06%	0,06%	0,06%	0,06%	0,05%	0,05%
Fuel Flow	Caudal de combustible	0,65%	0,61%	0,61%	0,52%	0,60%	0,60%	0,53%	0,64%	0,55%	0,64%	0,54%	0,54%
Estabilidad	¿Se cumplen los criterios para todas las variables?		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Tabla 5.2 – Verificación de estabilidad

Todos los test run registrados verificaron las condiciones de estabilidad y serán utilizados para el cálculo final de los resultados.

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



6 CALCULOS REALIZADOS Y RESULTADOS

6.1 Reducción de datos y estabilidad

Se procesaron los datos obtenidos en busca de valores atípicos (*Outliers*). Los mismos se descartaron siguiendo los lineamientos establecidos en la norma PTC 19.1. En particular, tal como se indica en el protocolo, se adoptó como criterio el descarte de los datos distantes más de 2σ de la media del período (test run).

Luego para cada período se evaluó la estabilidad de las principales variables tal como se indicó en 5.3, resultando en un total de 10 test run aptos para ser considerados en el cálculo final del valor de potencia bruta.

6.2 Determinación de la potencia de pérdidas totales (SSAA)

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

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

Donde:

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

La Tabla 6.1 detalla los cálculos realizados.

Períodos			ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test Run n°	Hora			11:40	12:10	12:40	13:10	13:40	14:10	14:40	15:10	15:40	16:10
Variables Primarias													
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	-		0,950	0,950	0,951	0,949	0,949	0,950	0,950	0,950	0,951	0,950
P_{BRUTA}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	[MW]		101,95	101,60	101,20	100,99	100,60	100,41	100,24	100,19	100,17	99,99
P_{Neta}	Potencia Neta medido en Alta	[MW]		100,79	100,42	100,06	99,78	99,37	99,26	99,04	98,97	98,94	98,70
T_{AMB}	Temperatura ambiente	[°C]		19,85	21,04	21,50	21,67	22,38	22,87	22,81	23,30	23,45	23,50
RH	Humedad relativa	[%]		59,24	55,89	53,69	53,66	51,03	48,68	47,27	48,12	47,42	44,97
Determinación pérdidas totales													
L_{TOTALES}	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos (SSAA)	[MW]		1,16	1,18	1,14	1,21	1,23	1,15	1,20	1,22	1,23	1,29

Tabla 6.1 – Cálculos de Potencia de pérdidas



6.3 Correcciones aplicables a la potencia bruta

Las correcciones mencionadas en este capítulo fueron aplicadas a cada uno de los períodos (test run) registrados y válidos de acuerdo con las condiciones de estabilidad (10 períodos) y el resultado final resultó del promedio de todos ellos.

Según lo establece el anexo técnico pueden aplicarse correcciones por:

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

Los factores de corrección de cada una de las magnitudes antes mencionadas, y para cada período, se obtuvieron de las curvas indicadas en 4.2 (Anexo 9.3).

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

$$P_{Bruta,Corr} = (P_{Bruta} - L_{FP}) \times \frac{1}{F_{Temp}} \times \frac{1}{F_{RH}}$$

Dónde:

- $P_{Bruta,Corr}$: Potencia Bruta Corregida
- P_{Bruta} : Potencia Bruta Medida
- L_{FP} : Pérdidas relacionadas a no operar en el factor de potencia ($FP = 0.95$) establecido por el Anexo Técnico. Se calcula como la diferencia de potencia entre la correspondiente al FP del ensayo menos la potencia correspondiente al FP de referencia ambos valores obtenidos de las curvas del capítulo 4.2. El factor de potencia que se utilizará como referencia es el indicado por el medidor #2 de la Tabla 4.1
- F_{Temp} : Factor de corrección de la potencia activa por temperatura del aire obtenido de las curvas del capítulo 4.2
- F_{RH} : Factor de corrección de la potencia activa por Humedad Relativa obtenido de las curvas del capítulo 4.2



La Tabla 6.2 detalla las correcciones realizadas.

Períodos		ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test Run n°			11:40	12:10	12:40	13:10	13:40	14:10	14:40	15:10	15:40	16:10
Variables Primarias												
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	-	0,950	0,950	0,951	0,949	0,949	0,950	0,950	0,950	0,951	0,950
P _{BRUTA}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	[MW]	101,95	101,60	101,20	100,99	100,60	100,41	100,24	100,19	100,17	99,99
P _{Neta}	Potencia Neta medido en Alta	[MW]	100,79	100,42	100,06	99,78	99,37	99,26	99,04	98,97	98,94	98,70
T _{AMB}	Temperatura ambiente	[°C]	19,85	21,04	21,50	21,67	22,38	22,87	22,81	23,30	23,45	23,50
RH	Humedad relativa	[%]	59,24	55,89	53,69	53,66	51,03	48,68	47,27	48,12	47,42	44,97
Correcciones a la Potencia bruta												
L _{FP}	Diferencia en pérdidas por FP	[kW]	0,00	0,00	1,74	-1,74	-1,74	0,00	0,00	0,00	1,72	0,00
F _{TEMP}	Factor de corrección por temperatura	-	0,9599	0,9431	0,9400	0,9391	0,9354	0,9328	0,9331	0,9306	0,9298	0,9295
F _{RH}	Factor de corrección por humedad	-	0,9994	0,9992	0,9992	0,9992	0,9991	0,9990	0,9989	0,9989	0,9989	0,9988
P_{Bruta, Corr}	Potencia Bruta corregida por los factores permitidos en el Anexo Técnico	[MW]	106,28	107,81	107,74	107,63	107,65	107,75	107,54	107,78	107,85	107,70

Tabla 6.2 – Correcciones a la Potencia Bruta

6.4 Cálculo referencial de la potencia neta

El cálculo mencionado en este capítulo se aplicó a cada uno de los períodos (test run) registrados (10 períodos) y el resultado final será el promedio de todos ellos.

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

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

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

Dónde:

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

Períodos		ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test Run n°			11:40	12:10	12:40	13:10	13:40	14:10	14:40	15:10	15:40	16:10
Determinación pérdidas totales												
L _{TOTALES}	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos (SSAA)	[MW]	1,16	1,18	1,14	1,21	1,23	1,15	1,20	1,22	1,23	1,29
Cálculo promedio final												
P _{Bruta, Corr}	Valores utilizados para cálculo de promedio final	[MW]	106,28	107,81	107,74	107,63	107,65	107,75	107,54	107,78	107,85	107,70
P _{Neta, Corr}		[MW]	105,12	106,63	106,60	106,42	106,42	106,60	106,34	106,56	106,62	106,41

Tabla 6.3 – Cálculos de Potencia Neta corregida



6.5 Cálculo del promedio final

Finalmente, se realiza el promedio final de aquellos períodos que verificaron las condiciones de estabilidad para obtener un valor final de **Potencia Máxima Bruta de 107,6 MW** y de *Potencia Máxima Neta de 106,4 MW*.

La Tabla 6.4 detalla los valores utilizados para los correspondientes promedios.

Períodos												
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Hora		11:40	12:10	12:40	13:10	13:40	14:10	14:40	15:10	15:40	16:10	
Cálculo promedio final												
P _{Bruta, Corr}	Valores utilizados para	[MW]	106,28	107,81	107,74	107,63	107,65	107,75	107,54	107,78	107,85	107,70
P _{Neta, Corr}	cálculo de promedio final	[MW]	105,12	106,63	106,60	106,42	106,42	106,60	106,34	106,56	106,62	106,41

P _{MAX, Bruta}	Potencia Máxima Bruta	[MW]	107,6
P _{MAX, Neta}	Potencia Máxima Neta	[MW]	106,4

Tabla 6.4 – Promedio Final



6.6 Tabla Resumen general

Todos los cálculos presentados anteriormente se resumen a continuación.

Períodos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test Run n°	ref									
Hora	11:40	12:10	12:40	13:10	13:40	14:10	14:40	15:10	15:40	16:10
Variables Primarias										
FP	-	0,950	0,950	0,951	0,949	0,950	0,950	0,950	0,951	0,950
P _{Bruta}	[MW]	101,95	101,60	101,20	100,99	100,60	100,41	100,24	100,19	99,99
P _{Neto}	[MW]	100,79	100,42	100,06	99,78	99,37	99,26	99,04	98,97	98,70
T _{AMB}	[°C]	19,85	21,04	21,50	21,67	22,38	22,87	22,81	23,30	23,50
RH	[%]	59,24	55,89	53,69	53,66	51,03	48,68	47,27	48,12	44,97
Variables Secundarias										
P _{atm}	[bar]	1,006	1,005	1,005	1,004	1,004	1,003	1,003	1,003	1,002
Frec	[Hz]	50,00	50,02	50,02	50,00	49,98	50,01	50,00	50,00	50,01
FFlow	[gpm]	104,59	104,43	104,07	103,75	103,75	103,19	103,28	103,12	103,05
Verificación de condiciones de estabilidad										
P _{Neto}	Potencia Neta medida en Alta	0,48%	0,46%	0,40%	0,48%	0,47%	0,47%	0,49%	0,45%	0,47%
P _{Bruta}	Potencia Bruta medida en bormes de máquina	0,65%	0,43%	0,44%	0,35%	0,45%	0,48%	0,45%	0,47%	0,46%
P _{atm}	Presión Atmosférica	0,16%	0,01%	0,02%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,00%	0,00%
T _{AA}	Temperatura aire aspiración	0,7 °C	0,24 °C	0,25 °C	0,19 °C	0,36 °C	0,20 °C	0,34 °C	0,14 °C	0,11 °C
Frec	Velocidad de Rotación	0,33%	0,07%	0,05%	0,06%	0,08%	0,06%	0,06%	0,05%	0,05%
Fuel Flow	Caudal de combustible	0,65%	0,61%	0,52%	0,60%	0,60%	0,53%	0,64%	0,55%	0,54%
Estabilidad	¿Se cumplen los criterios para todas las variables?	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Determinación pérdidas totales										
L _{TOTALES}	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos (SSAA)	[MW]	1,16	1,18	1,21	1,23	1,15	1,20	1,22	1,29
Correcciones a la Potencia bruta										
L _{FP}	Diferencia en pérdidas por FP	[kW]	0,00	0,00	-1,74	-1,74	0,00	0,00	1,72	0,00
F _{TEMP}	Factor de corrección por temperatura	-	0,9599	0,9431	0,9391	0,9354	0,9328	0,9331	0,9298	0,9295
F _{RH}	Factor de corrección por humedad	-	0,9994	0,9992	0,9992	0,9991	0,9990	0,9989	0,9989	0,9988
P _{Bruta, Corr}	Potencia Bruta corregida por los factores permitidos en el Anexo Técnico	[MW]	106,28	107,81	107,74	107,63	107,75	107,54	107,78	107,70
Cálculo promedio final										
P _{Bruta, Corr}	Valores utilizados para cálculo de promedio final	[MW]	106,28	107,81	107,74	107,63	107,75	107,54	107,78	107,70
P _{Neto, Corr}		[MW]	105,12	106,63	106,60	106,42	106,60	106,34	106,56	106,41
P _{MAX, Bruta}	Potencia Máxima Bruta	[MW]	107,6							
P _{MAX, Neto}	Potencia Máxima Neto	[MW]	106,4							



7 CONCLUSIONES

- Se realizó con éxito la prueba de Potencia Máxima en la unidad TG n°1 de la CT Los Pinos.
- La unidad fue capaz de sostener en forma estable la potencia en sus bornes de salida por un período de tiempo superior a las 5 horas.
- Se determinó un valor de Potencia Máxima Bruta de 107,6 MW.



8 NORMATIVA

- Anexo Técnico: “Res.-Ex.-N°375_20160422_AT-Pruebas-de-Potencia-Máxima-en-Unidades-Generadoras”.
- Norma ASME PTC 22 “Performance Test Code on Gas Turbines
- Norma ASME PTC 19.1 “Test Uncertainty”



9 ANEXOS

9.1 Instrumentos de medición

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

9.1.1 Potencia/FP: ION 8650 – Características

Este instrumento es propiedad de Tecnored y fue instalado a solicitud del Coordinado previo al inicio de las pruebas.

Electrical characteristics				
Selection guide		ION8650 A	ION8650 B	ION8650 C
General				
Use on LV, MV and HV systems		■	■	■
Current accuracy		0.1 %	0.1 %	0.1 %
Voltage accuracy		0.1 %	0.1 %	0.1 %
Power accuracy		0.1 %	0.1 %	0.1 %
Samples/cycle		1024	1024	1024
Instantaneous values				
Current, voltage, frequency		■	■	■
Active, reactive, apparent power		■	■	■
Power factor		■	■	■
Current measurement range		0 A - 20 A	0 A - 20 A	0 A - 20 A
Energy values				
Active, reactive, apparent energy		■	■	■
Settable accumulation modes		■	■	■
Demand values				
Current		■	■	■
Active, reactive, apparent power		■	■	■
Predicted active, apparent power		■	■	■
Synchronisation of the measurement window		■	■	■
Demand modes: Block (sliding), thermal (exponential)		■	■	■
Power quality measurements				
Harmonic distortion		■	■	■
Individual harmonics		63	63	31
Waveform / transient capture		■ / ■	- / ■	- / -
Harmonics: magnitude, phase, and interharmonics		50	40	-
Detection of voltage sags and swells		■	■	■
IEC 61000-4-30 class A / S		A	S	-
IEC 61000-4-15 (Flicker)		■	■	-
High speed data recording (down to 10 ms)		■	■	-
EN 50160 compliance reporting		■	■	-
Programmable (logic and math functions)		■	■	■
Type of measurement		True rms 1024 samples per cycle		
Measurement accuracy	Current and voltage	0.1 % Reading		
	Power	0.1 %		
	Frequency	±0.001 Hz		
	Power factor	0.1 %		
Energy		0.1 %, twice as accurate as ANSI Class 0.2 and IEC 62053-22/23 (0,2S)		
Data update rate		0.5 cycle or 1 second (depending on value)		
Input-voltage characteristics*	Nominal voltage	57 V to 277 V L-N rms 100 V to 480 V L-L rms (3S)		
	Maximum voltage	347 V L-N rms, 600 V L-L rms (9S)		
	Impedance	5 MΩ /phase (phase-Vref/Ground)		
	Inputs	V1, V2, V3, VREF		
Input-current characteristics	Rated nominal/current class	1A, 2 A, 5 A and/or 10 A (Class 1/2/10/20)		
	Accuracy range	0.01 - 20 A (standard range)		
	Measurement range	0.001 - 24 A		
	Permissible overload	500 A rms for 1 second, non-recurring		
Power supply	Burden per phase	Socket: Typical: 3 W, 8 VA/phase, 3-phase operation; Maximum: 4 W, 11 VA/phase, 3-phase operation Switchboard: 0.05 V A at 1 A (0.05 Q max)		
	Standard power supply, blade powered	120-277 V L-N RMS (-15 %/+20 %) 47-63 Hz or 120-480 V L-L RMS (-15 %/+20 %) 47-63 Hz (3S)		
	Auxiliary powered low voltage	AC: 65-120 (+/- 15 %) VLN RMS, 47-63 Hz DC: 80-160 (+/- 20 %) VDC		
	Auxiliary powered high voltage	AC: 160-277 (+/- 20 %) V L-N RMS, 47-63 Hz DC: 200-300 (+/- 20 %) V DC		
Input/outputs**	Ride-through time, (Standard power supply)	Socket: min guaranteed: 6 cycles at nominal frequency (minimum 50 Hz), at 120 V L-N rms (208 V L-L rms) 3-phase operation Switchboard: min guaranteed: 6 cycles at nominal frequency (minimum 50 Hz), at 120 V L-N rms (208 V L-L rms) 3-phase operation		
	Digital outputs	4 (Form C) Solid state relays (130 V AC/ 200 V DC) 50 mA AC/DC, 1 (Form A) output		
Digital inputs		upto 3 Self-excited, dry contact sensing inputs		

9.1.2 Potencia/FP: ION8650 – Certificados

Según lo establecido en el Anexo Técnico “Determinación de Consumos Específicos de Unidades Generadoras”, se considera un periodo de dos años de validez de los certificados de calibración para los medidores de potencia. El Coordinador sugirió aplicar el mismo criterio para el proceso de Potencia Máxima.



FT-LAB-5.10.8c



CERTIFICADO DE EXACTITUD
LABORATORIO DE TECNORED S.A.
MEDIDORES DE ENERGÍA ELECTRICA

FOLIO: 37066

ANTECEDENTES DEL CLIENTE	
Solicitud	: Correo
Fecha Calibración	: 26-06-2018
Medidor	: ION 8650
Cliente	: TECNORED
Instalación	: Laboratorio
Subestación	: Laboratorio

ANTECEDENTES DEL MEDIDOR	
Marca	: Schneider Electric
Modelo	: M8650A4C0H5E1B0A
Nº de Serie	: MW-1305A151-01
Estado	: Nuevo
Año Fabricación	: 2013
Clase Exactitud (%)	: 0,2
Constante Med.	: 1

PATRON DE CALIBRACIÓN	
Marca	: Applied Precision
Modelo	: PTE 2300
Nº Serie	: 2617110222
Clase de Exactitud	: 0,05
Trazabilidad	: Laboratorio Tecnored

CONDICIONES DE MEDIDA	
Tipo de Medida	: W,ESTRELLA/ACTIVO
Tensión Aplicada	: 63,5 (V)
Corriente Nominal	: 5 (A)
Nº de Elementos	: 3
Método Calibración	: Comparación Directa
Frecuencia (Hz)	: 50 (HZ)
Temperatura (C°)	: 23
Humedad (%)	: 40,0
Calibrador	: G. Vega

RESULTADOS DE LA COMPONENTE ACTIVA							
				Componente Activa Directa		Componente Activa Reversa	
N	Fase	Cte. %	Factor	Error (%)	Límite Norma (%)	Error (%)	Límite Norma (%)
1	123	100	1	0,040	± 0,2	0,039	± 0,2
2	123	100	0,5	0,049	± 0,3	0,047	± 0,3
3	123	10	1	0,038	± 0,2	0,039	± 0,2
4	123	10	0,5	0,031	± 0,3	0,030	± 0,3
5	1	100	1	0,043	± 0,3	0,043	± 0,3
6	2	100	1	0,051	± 0,3	0,049	± 0,3
7	3	100	1	0,020	± 0,3	0,018	± 0,3
8	1	100	0,5	0,054	± 0,4	0,052	± 0,4
9	2	100	0,5	0,055	± 0,4	0,052	± 0,4
10	3	100	0,5	0,026	± 0,4	0,021	± 0,4

RESULTADOS DE LA COMPONENTE REACTIVA							
				Componente Reactiva Directa		Componente Reactiva Reversa	
N	Fase	Cte. %	Factor	Error (%)	Límite Norma (%)	Error (%)	Límite Norma (%)
1	123	100	1	0,040	± 2,0	0,039	± 2,0
2	123	100	0,5	0,050	± 2,0	0,048	± 2,0
3	123	10	1	0,039	± 2,0	0,041	± 2,0
4	123	10	0,5	0,054	± 2,0	0,031	± 2,0
5	1	100	1	0,043	± 3,0	0,044	± 3,0
6	2	100	1	0,048	± 3,0	0,053	± 3,0
7	3	100	1	0,020	± 3,0	0,018	± 3,0
8	1	100	0,5	0,048	± 3,0	0,052	± 3,0
9	2	100	0,5	0,050	± 3,0	0,057	± 3,0
10	3	100	0,5	0,024	± 3,0	0,026	± 3,0

OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

Los errores encontrados cumplen con la Normativa Vigente IEC 62053-22 (ITEM 8.1). Tecnored S.A., declina toda responsabilidad por el uso indebido que se hicieran de este precision. Este documento no puede ser reproducido en forma parcial.

Jaime Eduardo Garcia Collao
Jefe Área Laboratorio y Medidas

TECNORED S.A.
Cerro El Plomo 3819 Barrio Industrial Curauma, Valparaíso
Fono: 56-32-2452580 fax: 56-32-2452571
www.tecnored.cl ventas@tecnored.cl



FT-LAB-5.10.8c

CERTIFICADO DE EXACTITUD
LABORATORIO DE TECNORED S.A.
MEDIDORES DE ENERGÍA ELECTRICA

FOLIO: 37042

ANTECEDENTES DEL CLIENTE	
Solicitud	: Correo
Fecha Calibración	: 11.06.2018
Medidor	: ION 8600
Cliente	:
Instalación	:
Subestación	:

ANTECEDENTES DEL MEDIDOR	
Marca	: Schneider Electric
Modelo	: P8600A4C0H5E0B0A
Nº de Serie	: PT-0807A491-01
Estado	: Nuevo
Año Fabricación	: 2008
Clase Exactitud (%)	: 0,2
Constante Med.	: 1

PATRON DE CALIBRACIÓN	
Marca	: MTE
Modelo	: PTS 3.3
Nº Serie	: 29562
Clase de Exactitud	: 0,05
Trazabilidad	: Laboratorio Tecnored

CONDICIONES DE MEDIDA	
Tipo de Medida	: W. ESTRELLA/ACTIVO
Tensión Aplicada	: 63,5 (V)
Corriente Nominal	: 5 (A)
Nº de Elementos	: 3
Método Calibración	: Comparación Directa
Frecuencia (Hz)	: 50 (HZ)
Temperatura (C°)	: 21,9
Humedad (%)	: 42,7
Calibrador	: M.Montecino

RESULTADOS DE LA COMPONENTE ACTIVA							
				Componente Activa Directa		Componente Activa Reversa	
N	Fase	Cte. %	Factor	Error (%)	Límite Norma (%)	Error (%)	Límite Norma (%)
1	123	100	1	-0,052	± 0,2	-0,061	± 0,2
2	123	100	0,5	-0,072	± 0,3	-0,090	± 0,3
3	123	10	1	-0,073	± 0,2	-0,071	± 0,2
4	123	10	0,5	-0,107	± 0,3	-0,101	± 0,3
5	1	100	1	-0,027	± 0,3	-0,090	± 0,3
6	2	100	1	-0,080	± 0,3	-0,083	± 0,3
7	3	100	1	-0,065	± 0,3	-0,069	± 0,3
8	1	100	0,5	-0,005	± 0,4	-0,082	± 0,4
9	2	100	0,5	-0,128	± 0,4	-0,110	± 0,4
10	3	100	0,5	-0,112	± 0,4	-0,100	± 0,4

RESULTADOS DE LA COMPONENTE REACTIVA							
				Componente Reactiva Directa		Componente Reactiva Reversa	
N	Fase	Cte. %	Factor	Error (%)	Límite Norma (%)	Error (%)	Límite Norma (%)
1	123	100	1	-0,085	± 2,0	-0,086	± 2,0
2	123	100	0,5	-0,104	± 2,0	-0,108	± 2,0
3	123	10	1	-0,087	± 2,0	-0,092	± 2,0
4	123	10	0,5	-0,136	± 2,0	-0,165	± 2,0
5	1	100	1	-0,075	± 3,0	-0,078	± 3,0
6	2	100	1	-0,097	± 3,0	-0,103	± 3,0
7	3	100	1	-0,096	± 3,0	-0,098	± 3,0
8	1	100	0,5	-0,045	± 3,0	-0,046	± 3,0
9	2	100	0,5	-0,144	± 3,0	-0,147	± 3,0
10	3	100	0,5	-0,111	± 3,0	-0,126	± 3,0

OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

Los errores encontrados cumplen con la Normativa Vigente IEC 62053-22 (ITEM 8.1). Tecnored S.A., declina toda responsabilidad por el uso indebido que se hicieran de este certificado. Este documento no puede ser reproducido en forma parcial.

Jaime Eduardo García Collao
Jefe Área Laboratorio y Medidas

TECNORED S.A.
Cerro El Plomo 3819 Barrio Industrial Curauma, Valparaíso
Fono: 56-32-2452580 fax: 56-32-2452571
www.tecnored.cl ventas@tecnored.cl



9.1.3 Potencia/FP: ION8650 – Registro fotográfico

La siguiente imagen muestra la instalación realizada para el medidor de potencia bruta.



La siguiente imagen muestra la instalación realizada para el medidor de potencia neta en la S/E Charrúa.





9.1.4 Temperatura ambiente y Humedad relativa: Vaisala HMT360 – Características

Este instrumento, propiedad del Coordinado, estará disponible para medición de Temperatura y Humedad. Los registros digitales se extrajeron vía el sistema de registro de datos de planta.

Table 8 Relative Humidity Specifications

Property	Description / Value
Measurement range	0 ... 100 %RH
Accuracy (including non-linearity, hysteresis and repeatability)	
with HUMICAP® 180 and HUMICAP® 180R at +15 ... 25 °C	for typical applications for typical applications ±1 %RH (0 ... 90 %RH) ±1.7 %RH (90 ... 100 %RH)
at -20 ... +40 °C	±(1.0 + 0.008 × reading) %RH
at -40 ... +180 °C	±(1.5 + 0.015 × reading) %RH
with HUMICAP®180L2	for applications with demanding chemical environment
at -10 ... +40 °C	±(1.0 + 0.01 × reading) %RH
at -40 ... +180 °C	±(1.5 + 0.02 × reading) %RH
Factory calibration uncertainty (+20 °C)	±0.6 %RH (0 ... 40 %RH) ±1.0 %RH (40 ... 97 %RH) (Defined as ±2 standard deviation limits. Small variations possible, see also calibration certificate.)
Response time (90 %) for HUMICAP® 180 and HUMICAP® 180L2 at +20 °C in still air	8 seconds with grid filter 20 seconds with grid + steel netting 40 seconds with sintered filter
Response time (90 %) for HUMICAP® 180R at +20 °C in 0.1 m/s air flow	17 seconds with grid filter 50 seconds with grid + steel netting 60 seconds with sintered filter

Table 9 Temperature Specifications

Property	Description / Value
HMP361	-40 ... +60 °C
HMP363 80 °C	-40 ... +80 °C
HMP363 120 °C	-40 ... +120 °C
HMP364	-70 ... +180 °C, 0 ... 10 MPa (0 ... 100 bar)
HMP365	-70 ... +180 °C
HMP367	-70 ... +180 °C
HMP368	-70 ... +180 °C, 0 ... 4 MPa (0 ... 40 bar)
Accuracy at +20 °C	± 0.2 °C
Accuracy over temperature range	See graph below
Sensor	Pt 1000 RTD 1/3 Class B IEC 751



9.1.5 Temperatura ambiente y Humedad relativa: Vaisala HMT360 – Certificados

Adicionalmente a la calibración de los medidores aquí mostrada el Coordinado ha realizado en enero de 2018 la verificación de los lazos 4-20mA y su comunicación con el sistema de planta.



1 (1)
Certificate report no. H48-18310103

CALIBRATION CERTIFICATE

Instrument Humidity and Temperature Probe HMP360
Order code 3D5A1A2
Serial number P3140715
Manufacturer Vaisala Oyj, Finland
Calibration date 3rd August 2018

The above instrument was calibrated by comparing the readings of the instrument to working standards of the manufacturer. The reference humidity was calculated from dew point temperature and temperature readings with the exception of the driest condition that was measured as relative humidity. Dew point temperature was measured with a working standard dew point meter. Temperature and relative humidity were measured with two factory working standards. At the time of shipment, the instrument described above met its operating specifications.

The working standard dew point meter has been calibrated at The measurement results are traceable to the international system of units (SI) through national metrology institutes (NIST USA, MIKES Finland. Or equivalent) or ISO/IEC 17025 accredited calibration laboratories. The temperature readings of the factory working standards have been calibrated at an ISO/IEC 17025 accredited calibration laboratory (FINAS), Vaisala Measurement Standards Laboratory (MSL) by using MSL working standards traceable to NIST. The relative humidity readings of the factory working standards have been calibrated at the Vaisala factory by using a working standard dew point meter.

Humidity calibration results

Reference humidity	Reference temperature	Observed humidity	Observed probe temperature	Humidity difference	Permissible difference
%RH	°C	%RH	°C	%RH	%RH
+ 0.1	+ 22.11	0.0	+ 22.12	- 0.1	±1.0
+ 12.5	+ 22.09	+ 12.8	+ 22.10	+ 0.3	± 1.0
+ 33.3	+ 22.10	+ 33.4	+ 22.11	+ 0.1	± 1.0
+ 53.9	+ 22.13	+ 54.3	+ 22.14	+ 0.4	± 1.0
+ 74.5	+ 22.12	+ 75.0	+ 22.13	+ 0.5	± 1.0
+ 93.7	+ 22.16	+ 94.9	+ 22.16	+ 1.2	± 1.7

Temperature calibration results

Reference temperature	Observed probe temperature	Temperature difference	Permissible difference
°C	°C	°C	°C
+ 22.12	+ 22.13	+ 0.01	± 0.10

Equipment used in calibration

Type	Serial number	Calibration date	Certificate number
373 LHX	03-1218	2017-12-17	5771MBW2018
PTU303 / T	H0730003	2017-10-17	K008-A02341
HMT337 / T	D2350025	2017-10-17	K008-A02342
PTU303 / RH	H0730003	2018-05-15	H48-18201001
HMT337 / RH	D2350025	2018-05-15	H48-18201002

Uncertainties (95 % confidence level, k=2)

Humidity ± 0.6%RH @ 0...40%RH, ± 1.0%RH @ 40...97%RH

Temperature ± 0.10 °C.

Ambient conditions / Humidity 36 ± 5%RH, Temperature 23 ± 1 °C, Pressure 1010 ± 1 hPa.

Kitty Tapola
Technician

This report shall not be reproduced except in full, without the written approval of Vaisala.

Doc212778-F

Vaisala Oyj | PO Box 26, FI-00421 Helsinki, Finland
Phone +358 9 894 91 | Fax +358 9 8949 2227
Email: first.name.last.name@vaisala.com | www.vaisala.com
Domicile Vantaa, Finland | VAT FI01244162 | Business ID 0124416-2



9.1.6 Temperatura ambiente y Humedad relativa: Vaisala HMT360 – Registro fotográfico

La siguiente imagen muestra la instalación permanente del medidor y sus correspondientes tags en el sistema de control de planta.

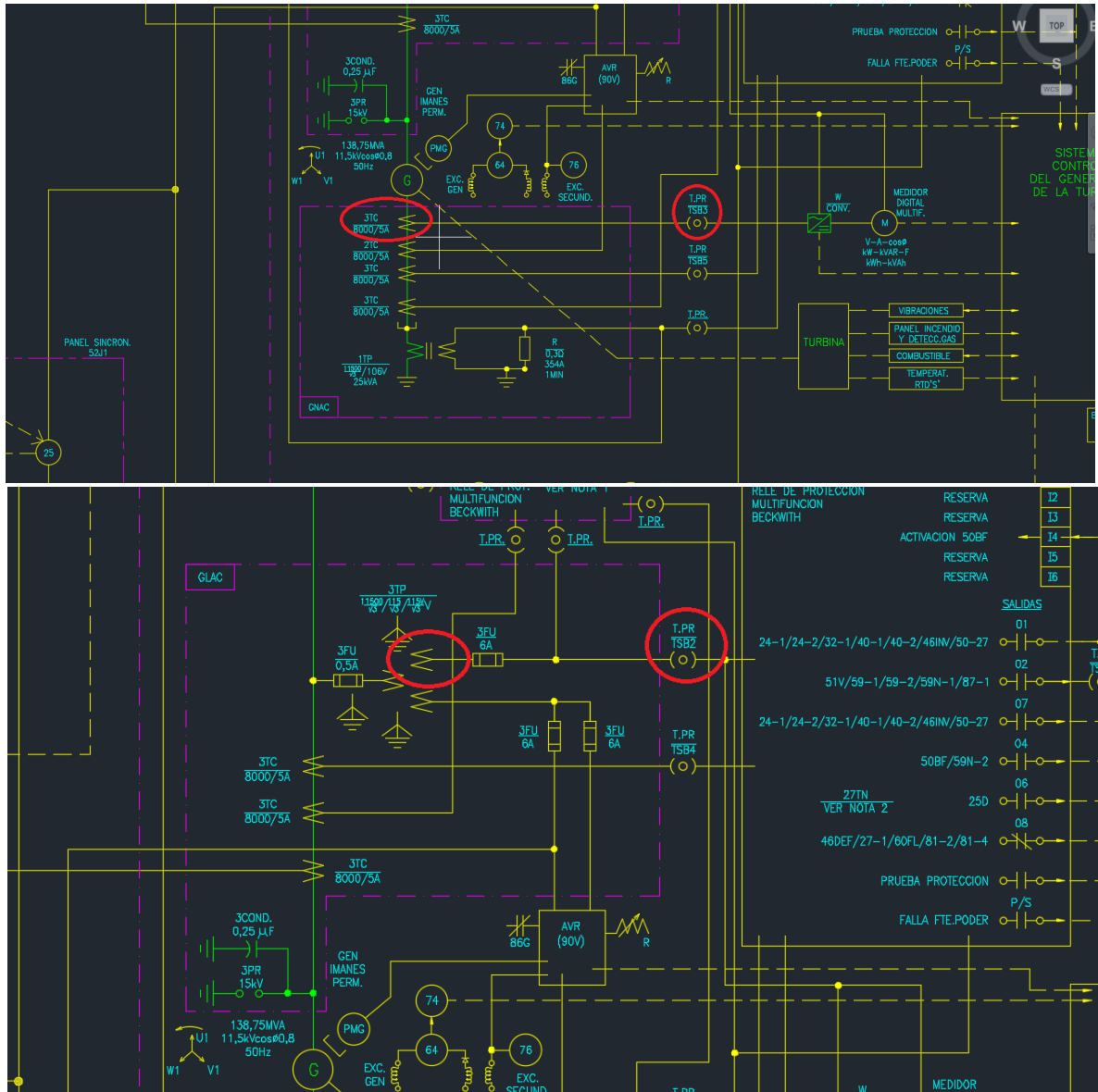




9.2 Puntos de medición

9.2.1 Potencias - Unilineal

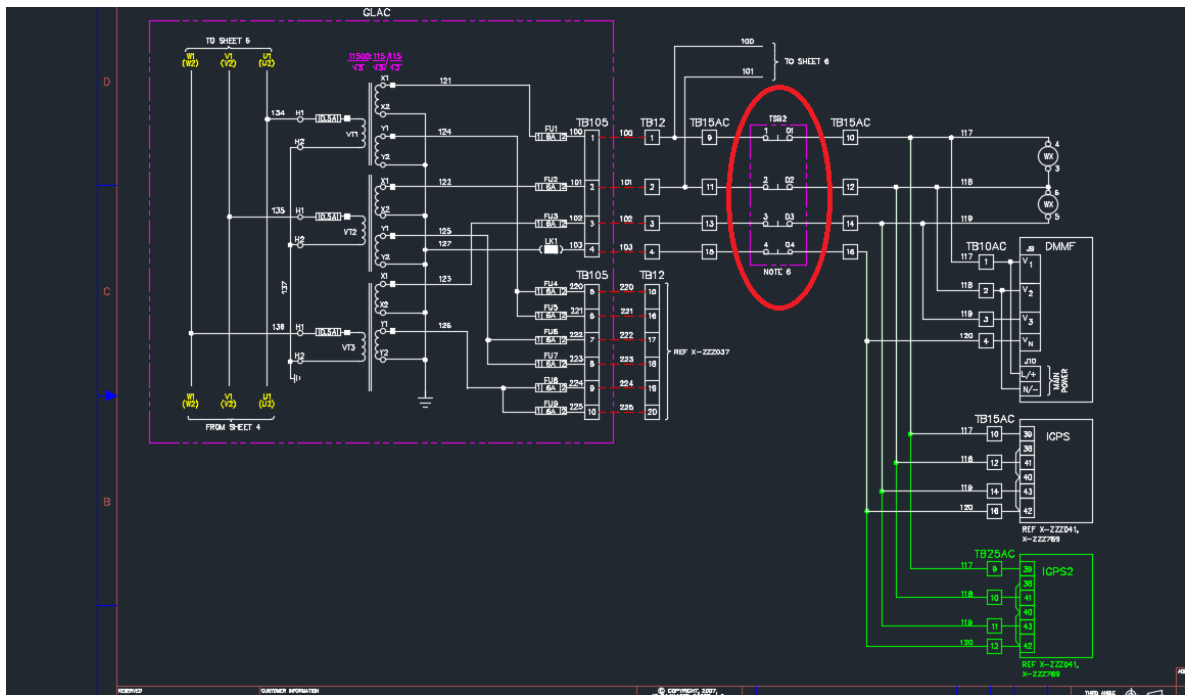
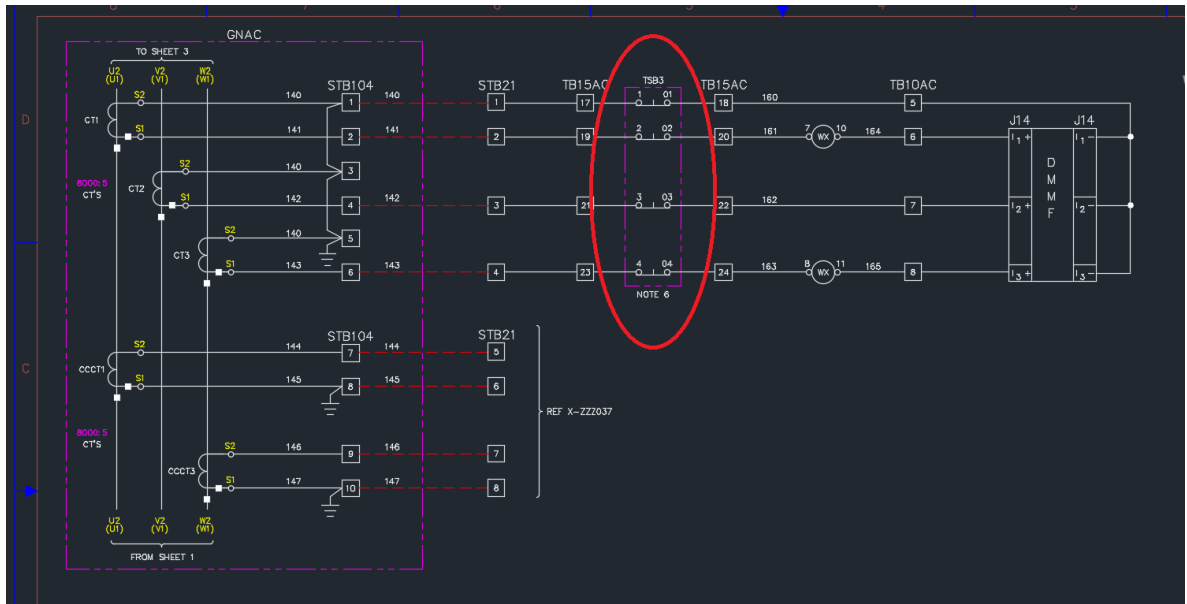
En el siguiente unilineal general se pueden identificar los puntos de medición de la potencia bruta



No se cuenta con un unilineal dónde se aprecie la ubicación de los transformadores correspondientes a potencia neta.

9.2.2 Potencias -Trifilar

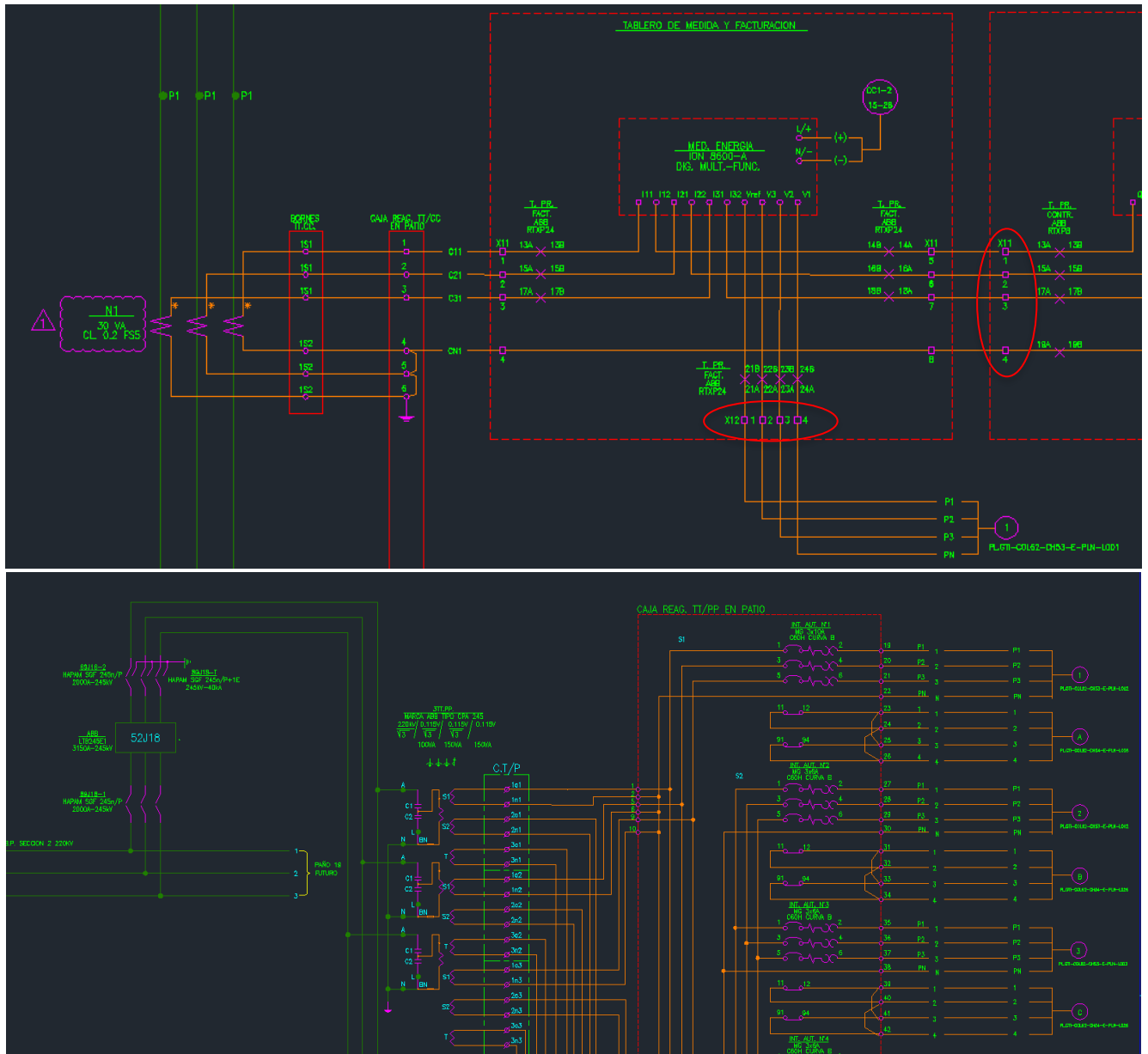
Los planos trifilares 7215565-698032-02A.dwg y 7215565-698032-05A.dwg muestran los puntos de conexión del medidor de potencia bruta.



Los documentos 1089-C-17 y 1089-B-17 emitidos por Enser Ingeniería en enero de 2018 muestran que los ensayos realizados a los transformadores de instrumentación (TV/TI) cumplen con lo requerido para la clase 0.3 de medición.



Las figuras siguientes (tomadas de los planos GTI-COL62-CH53-E-PNL-002-1 ASB.dwg y GTI-COL62-CH53-E-PNL-001-0 ASB.dwg) muestran los puntos de conexión del medidor de potencia neta. Las fotos corresponden a las placas de los correspondientes transformadores de instrumentación dónde puede apreciarse su clase de medición.





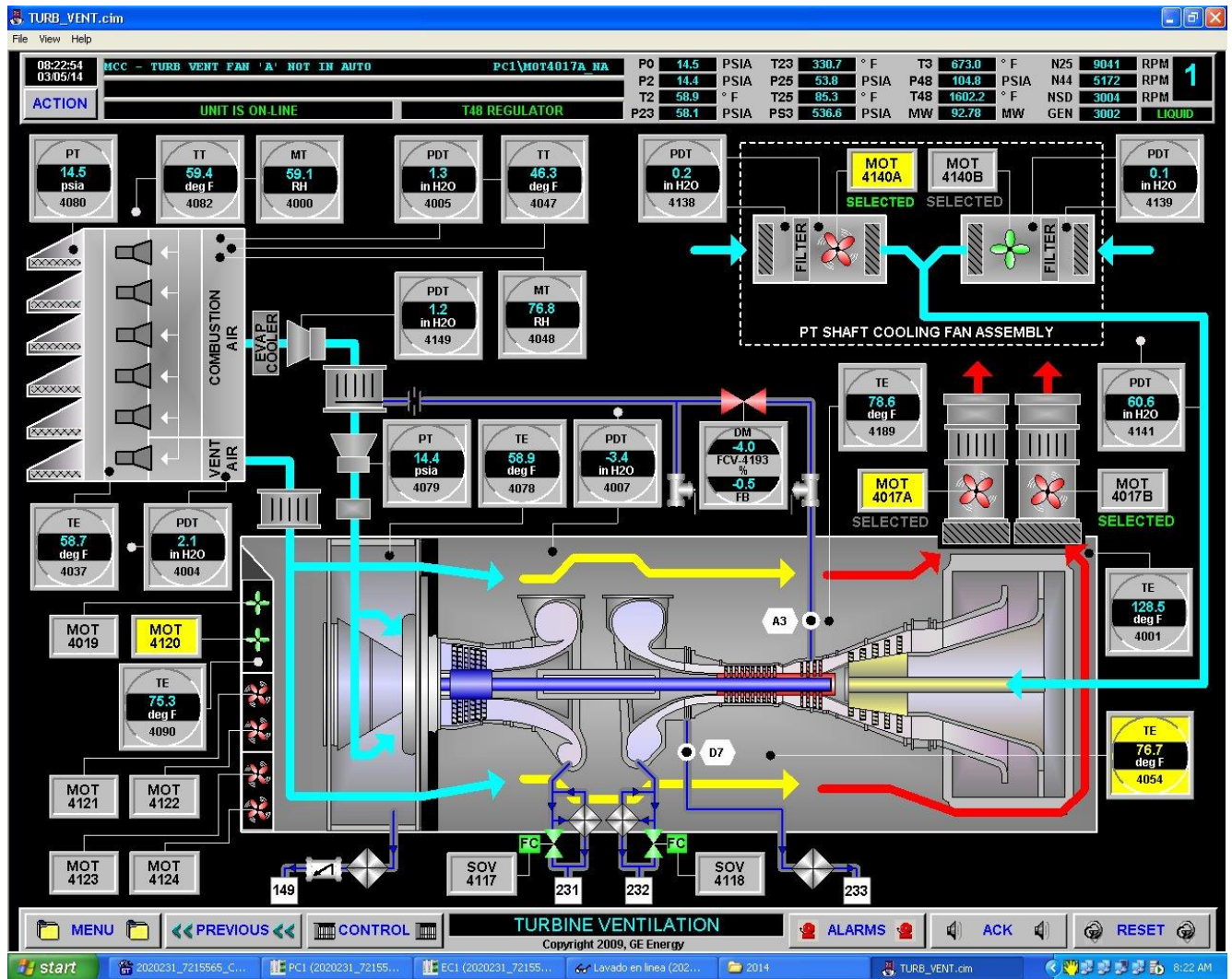
No. de serie	1HSE 8774430	Terminal	Relación (A)	Carga / Clase	Rct
Aceite de aislamiento	(NYTRO 10XN) 150 kg	1 S1-S2	500/5	30VA 0.2S Fe5	
lth	40 / 1 kA/s	1 S1-S3	1000/5	30VA 0.2S Fe5	
ldyn	100 kA	2,3,4 S1-S2	500/5	30VA 5P20	
		2,3,4 S1-S3	1000/5	30VA 5P20	
		2,3,4 S1-S4	2000/5	60VA 5P20	
1S1 1S2 1S3					
2S1 2S2 2S3 2S4					
3S1 3S2 3S3 3S4					
4S1 4S2 4S3 4S4					

No.	1HSE 8771307	Terminal	Voltoje V	Clase	Carga VA	Carga total VA	Límite térmico VA
Divisor de tensión capacitivo, Tipo	CSA1	A-N	220000/√3				
Aceite de aislamiento	(Faradol 810) 32 kg	1a-1n	115/√3	0.2	50	100	1000+0
Cantidad de unidades capacitivas	1	2a-2n	115/√3	3P	50	150	500+0
C1 / C2	0.0084 / 0.0753 μF	3a-3n	115	3P	50	150	550+0
Capacitancia C	0.0075 μF						
Relación de transf.	150:15						
		1a					
		1n					
		2a					
		2n					
		3a					
		3n					



9.2.3 Temperatura ambiente y humedad relativa

La imagen siguiente esquematiza la ubicación de los medidores TT4082 y RH4000 que se utilizaron para estas pruebas.





9.3 Curvas de corrección

9.3.1 Corrección por temperatura

Se presentan las curvas de corrección con el formato corregido como se explicó anteriormente.

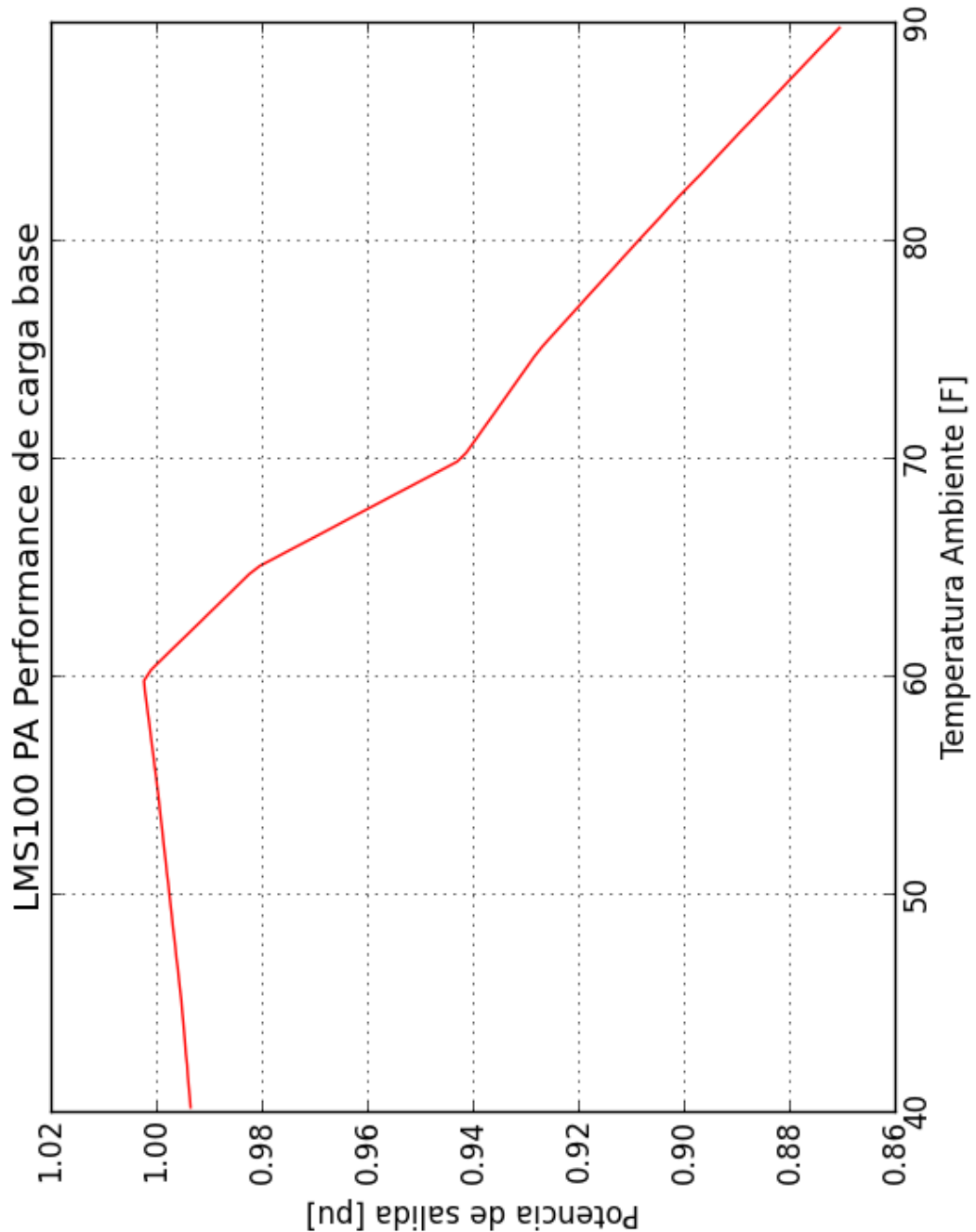


Figura 9.1 – Dependencia de la potencia con la temperatura ambiente



9.3.2 Corrección por humedad relativa

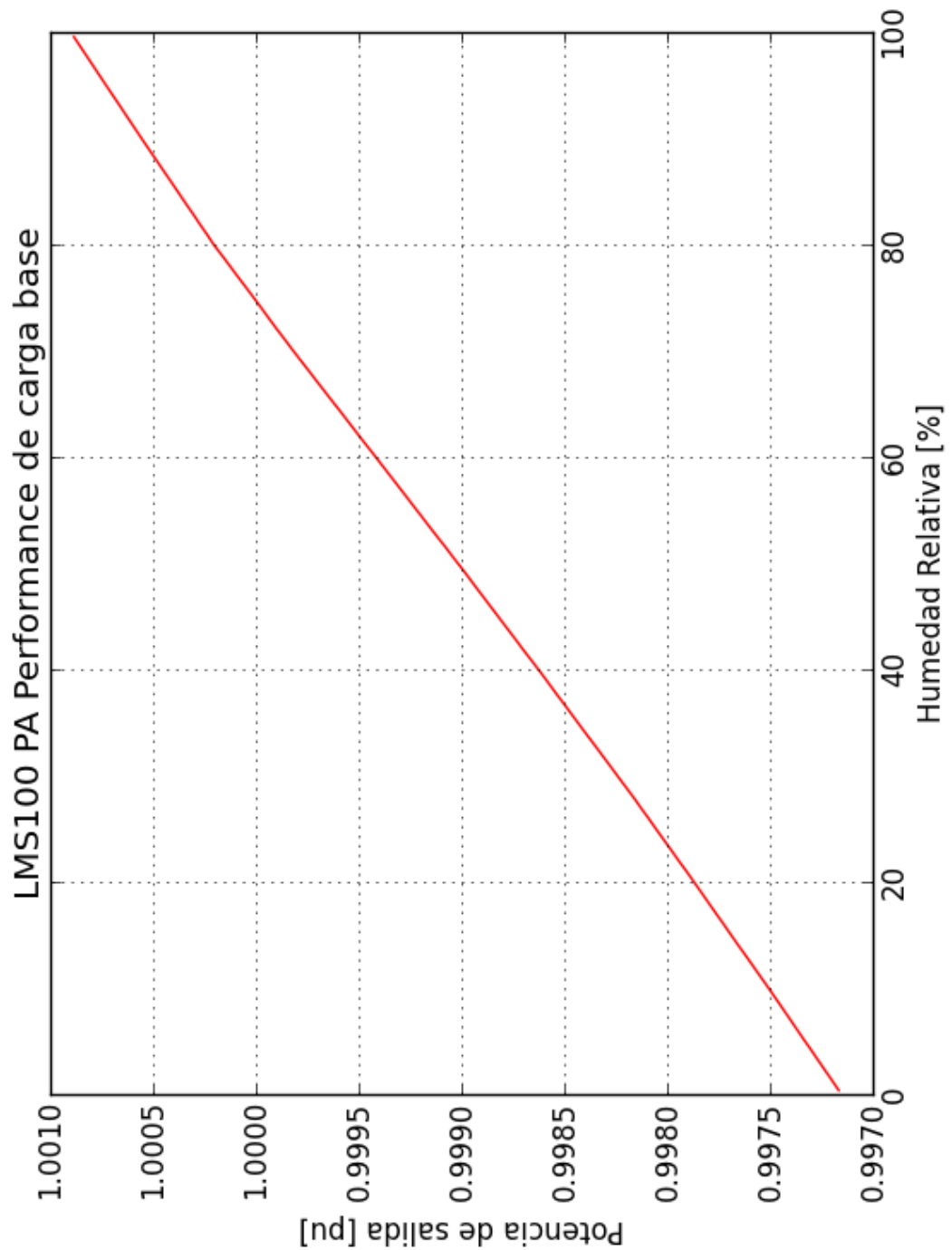


Figura 9.2 – Dependencia de la potencia con la humedad relativa



9.3.3 Corrección por factor de potencia

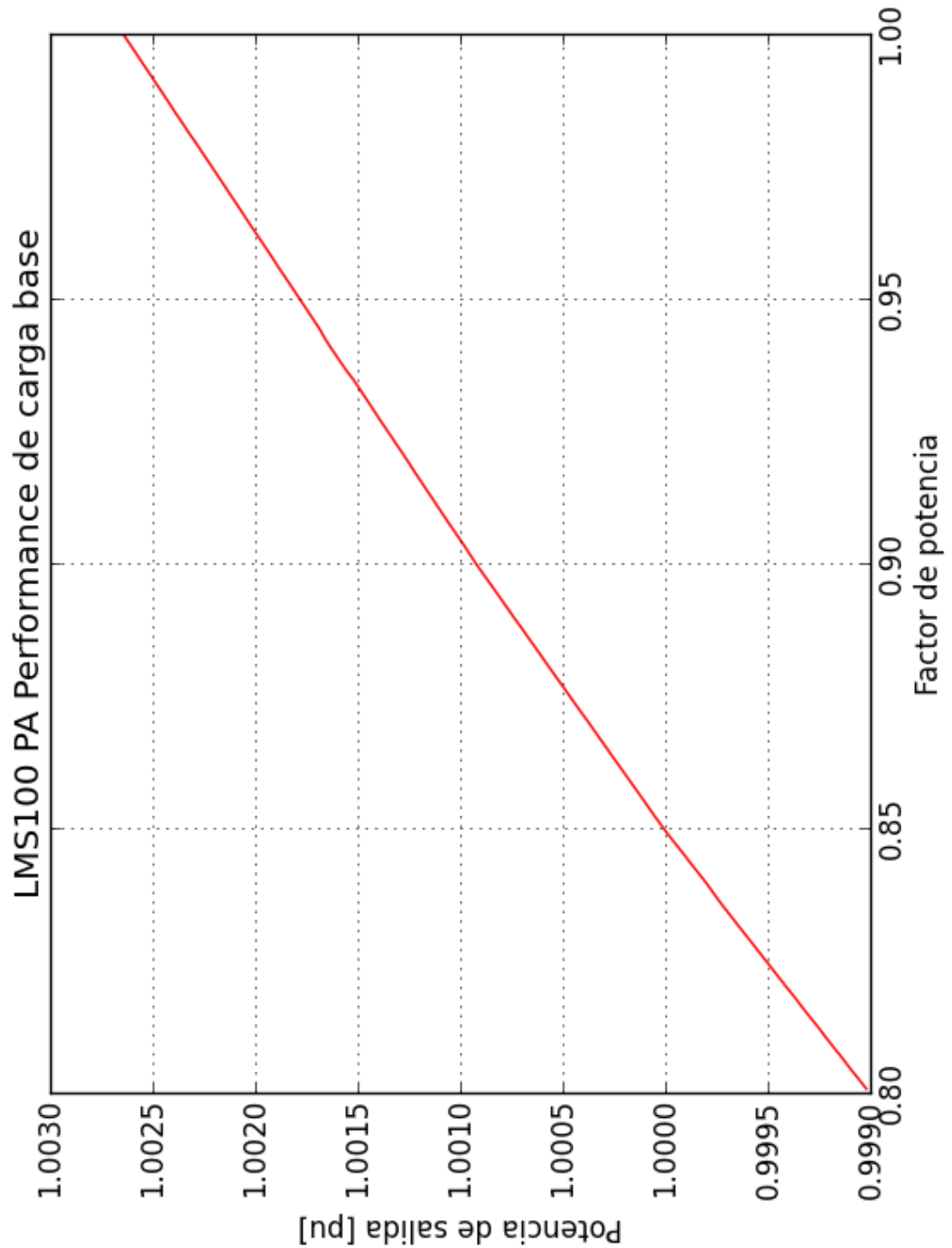


Figura 9.3 – Dependencia de la potencia con el factor de potencia



9.4 Acta de ensayos

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



ESTUDIOS ELECTRICOS
ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

Código: EE-FO-2017-1582
Versión: 00
Vigencia: Diciembre 2017
Página: 1 De 3

ACTA DE ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

Fecha	10/4/2019	Empresa	Colbún
ID Proyecto	EE-2018-073	Ubicación	Central Los Pinos, Cabrero
Denominación Unidad	U1		

Datos unidad

Potencia aparente nominal [MVA]	138,750	Factor de potencia nominal	0.8
Tensión de estator nominal [kV]	11,5	Corriente de campo nominal [A]	1130
Potencia activa máxima [MW]	104	Tensión de campo nominal [V]	339
Corriente de estator nominal [kA]	6,966	Tipo de excitación	Brushless

Responsables durante la prueba

Coordinado	Victor Peña Oscar Montaña
Coordinador	—
Experto técnico	Andrés Capalbo
Otros	—

Datos de la prueba

Estado previo de la unidad	DETENIDA	Arranque de la unidad (fecha-hora)	9/ABR/2019 9:50 AM
Inicio del período de estabilización	11:00	Fin del período de estabilización	11:40
Inicio del período de prueba	11:40	Fin del período de prueba	16:40
Protocolo aplicable	EE-ES-2018 -0690-RC	Desvíos del protocolo	SI. VBL OBS.

Firmas Aclaración/Empresa	 OSCAR MONTAÑA CARRILLO Jefe de Centrales Los Pinos y Antilhue Colbún S.A.	 A. CAPALBO.	—
-------------------------------------	--	-----------------	---

Elaboró: Andrés Capalbo

Revisó y Autorizó: Fernando Libonati

Sólo el documento en forma digital es válido para el SGC. Una vez impreso EE no asegura la validez del documento
www.estudios-electricos.com



ESTUDIOS ELECTRICOS
ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

Código: EE-FO-2017-1582
Versión: 00
Vigencia: Diciembre 2017
Página: 2 De 3

Instrumental

Magnitud	Descripción de equipos y punto de conexión
Potencia Neta	Medidor ION 8600; N° Serie PT-0307A491-01; Calibración 11/6/2018 Medido 1 TC, bornes X11-1-2-3; TP bornes X12-1-2-3-4 (Extremo)
Potencia Bruta y FP	Medidor ION 8650; N° Serie MW-1305A151-01; Calibración 26/6/2018 TC bornes TSB3-1-2-3-4; TP bornes TSB2-1-2-3-4 (Extremo)
Potencia SSAA	No se mide
Temperatura aire de aspiración. AMBIENTE	Voisala HMP360; N° Serie P3140715; Calibración 3/8/2018 Medición en toma de aire TT4082 (de planta)
Humedad	Voisala HMP360; N° Serie P3140715; Calibración 3/8/2018 Medición en inmediaciones de la toma de aire RH4000 (de planta)

Resultados preliminares (promedio test-run sin corregir)

TR	Hora	P.Bruta [MW]	FP	P.Neta [MW]	P.SSAA [kW]	Temp. Asp [°C]	Humedad [g/kg] %	¿Verif. Estab?
01	11:40	101.9	0.95	100.8	—	19.9	59.3	Si
02	12:10	101.6	0.95	100.4	—	21.0	55.9	Si
03	12:40	101.2	0.95	100.1	—	21.5	53.7	Si
04	13:10	101.0	0.95	99.8	—	21.7	53.7	Si
05	13:40	100.6	0.95	99.4	—	22.4	51.0	Si
06	14:10	100.4	0.95	99.2	—	22.9	48.7	Si
07	14:40	100.2	0.95	99.0	—	22.8	47.3	Si
08	15:10	100.2	0.95	99.0	—	23.3	48.1	Si
09	15:40	100.2	0.95	98.9	—	23.5	47.4	Si
10	16:10	100.0	0.95	98.7	—	23.5	45.0	Si
11								
12								
13								

Firmas			—
Aclaración/Empresa	OSCAR MONTANO BARRILLO Jefe de Centrales Los Pinos y Antihue Colbón S.A.	A. ARANGO	

Elaboró: Andrés Capalbo

Revisó y Autorizó: Fernando Libonati

Sólo el documento en forma digital es válido para el SGC. Una vez impreso EE no asegura la validez del documento
www.estudios-electricos.com

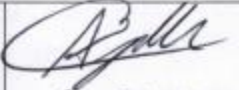


ESTUDIOS ELECTRICOS
ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

Código: EE-FO-2017-1582
Versión: 00
Vigencia: Diciembre 2017
Página: 3 De 3

Observaciones

- EL DÍA 9/ABRIL/2019 SE REALIZAN COORDINACIONES Y VERIFICACIONES PREVIAS.
SE VERIFICA LA INSTALACIÓN Y CABLEADO DE LOS MEDIDORES EXTERNOS ION 8650 y 8600 DE POTENCIA BRUTA Y NETA. SE DETECTA QUE LOS EQUIPOS INSTALADOS NO CORRESPONDEN, SEGÚN SU NÚMERO DE SERIE, CON LOS MENCIONADOS EN EL PROTOCOLO (DESVÍO). NO OBSTANTE EL COORDINADO PRESENTA LOS CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN VIGENTES DE ESTOS NUEVOS EQUIPOS.
ASIMISMO SE VERIFICA EL MEDIDOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD AMBIENTE Y CONFIGURAN TENDENCIAS DE DATOS SIN MAYOR NOVEDAD.
- EL DÍA 10/ABRIL/2019 PREVIO AL INICIO DE LAS PRUEBAS PERSONAL DE TECNORÉD REALIZA LA SINCRONIZACIÓN HORARIA DE LOS MEDIDORES DE POTENCIA.
A LAS 9:50 HS SE DA ORDEN DE PARTIDA A LA UNIDAD, SE SINCRONIZA Y TOMA CARGA HASTA CARGA BASE, SE AJUSTA $FP=0.95$ EN MODO FP, SE DESHABILITA LA CPF (XWUICARL) Y VERIFICA ANTI-ICING Y EVAPORATIVE COOLER OFF. COMBUSTIBLE LÍQUIDO
LAS PRUEBAS SE REALIZAN SEGÚN LO ESPERADO EN EL LAPSO DE TIEMPO INICIANDO A LAS 11:40 Y TERMINANDO A LAS 16:40

Firmas Aclaración/Empresa	 OSCAR MONTANO CARRILLO Jefe de Centrales Los Pinos y Antihue Colbón S.A.	 A. AYALBO	
-------------------------------------	--	---	---

Elaboró: Andrés Capalbo

Revisó y Autorizó: Fernando Libonati

Sólo el documento en forma digital es válido para el SGC. Una vez impreso EE no asegura la validez del documento
www.estudios-electricos.com



Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco