

Empresa: Coordinador Eléctrico Nacional

País: Chile

Proyecto: Central Térmica Maule

Descripción: Informe de Pruebas de Potencia Máxima

Código de Proyecto: EE-2021-017

Código de Informe: EE-EN-2022-0431

Revisión: A



14 de abril de 2022



Este documento EE-EN-2022-0431-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 85 páginas y ha sido guardado por última vez el 14/04/2022 por Federico García, sus versiones y firmantes digitales se indican a continuación:

Rev	Fecha	Comentarios	Realizó	Revisó	Aprobó
A	14/4/2022	Para presentar.	FG	AC	PR



Índice

1	INTRODUCCIÓN.....	5
2	RESUMEN EJECUTIVO.....	6
3	OBJETIVO GENERAL Y RESPONSABLES DE LA PRUEBA.....	7
3.1	Objetivo.....	7
3.2	Condiciones Particulares	7
3.3	Experto Técnico.....	7
3.4	Representante empresa generadora	7
3.5	Representante del Coordinador Eléctrico Nacional.....	8
3.6	Observador de otro Coordinado	8
4	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD Y CONDICIONES DE PRUEBA	9
4.1	Descripción general de la planta	9
4.2	Descripción de las unidades de generación	10
4.3	Condiciones de referencia y curvas de corrección.....	12
4.3.1	Curvas de corrección	13
4.3.2	Metodología de corrección	16
4.4	Instrumentación y mediciones.....	16
4.4.1	Metodología	18
4.4.2	Instrumentación principal	19
4.4.3	Mediciones complementarias	20
4.5	Toma de muestras del combustible	20
5	REALIZACIÓN DE LA PRUEBA.....	21
5.1	Chequeos preliminares	21
5.2	Desarrollo de las pruebas.....	21
5.2.1	Verificaciones previas.....	22
5.3	Incremento de potencia, estabilización e inicio de las pruebas	23
5.4	Período de prueba.....	24
6	CALCULOS REALIZADOS Y RESULTADOS	25
6.1	Reducción de datos y estabilidad.....	25
6.2	Determinación de la potencia bruta a nivel planta.....	25
6.3	Determinación de la potencia de pérdidas totales	27



6.4	Correcciones aplicables a la potencia bruta.....	29
6.5	Cálculo referencial de la Potencia Neta	31
6.6	Cálculo del promedio final	32
6.7	Tabla Resumen general.....	33
6.8	Cálculo de incertidumbre	35
7	CONCLUSIONES	37
8	NORMATIVA	38
9	ANEXOS	39
9.1	Hoja de datos de generadores	39
9.1.1	Unidades G11 y G12	39
9.1.2	Unidades G15, G16 y G17.....	42
9.1.3	Unidad G18.....	45
9.2	Motor eléctrico – Unidades G15, G16 y G17	47
9.3	Puntos de medición.....	48
9.3.1	Potencia bruta	48
9.3.2	Potencia neta	57
9.3.3	Humedad relativa y Temperatura ambiente	61
9.4	Certificados de calibración de instrumentos de medición.....	62
9.4.1	Potencia bruta/FP.....	62
9.4.2	Potencia Neta	66
9.4.3	Humedad relativa y Temperatura ambiente	67
9.5	Registro manual de datos	69
9.6	Acta de ensayos.....	74
9.7	Análisis de combustible.....	78
9.8	Registro fotográfico.....	79
9.8.1	Potencia neta	79
9.8.2	Potencia bruta/FP.....	80
9.8.3	Estación meteorológica	84



1 INTRODUCCIÓN

El presente documento describe las tareas, ensayos y cálculos realizados para obtener el valor de **Potencia Máxima de la Central Térmica Maule operando en combustible diésel** en los términos establecidos en el “ANEXO TÉCNICO: *Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras*”.

Para la ejecución de las pruebas se siguió el procedimiento:

EE-EN-2021-1351-RB_Procedimiento_Potencia_Maxima_CT_Maule

La Central Térmica Maule pertenece a Elektra Generación S.A., está ubicada en la comuna de Constitución en la región Maule y consta de seis (6) moto-generadores Diesel Caterpillar, con las siguientes características:

- 2 equipos de 2000 kVA marca Caterpillar, modelo 3516
- 3 equipos de 950 kVa marca Caterpillar, modelo 3512
- 1 equipo de 1360 kVA marca Caterpillar, modelo 3512



2 RESUMEN EJECUTIVO

En la etapa de diseño del procedimiento 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 PTC 17.

Las pruebas se realizaron el 8 de marzo de 2022 en presencia de Rigoberto Ferrer por parte del Coordinado (Elektra Generación S.A.) y Federico García como Experto Técnico (Estudios Eléctricos).

La prueba de Potencia Máxima se realizó con todas las unidades de la central operando de forma simultánea. Para el registro de la potencia bruta se seleccionaron 3 unidades (G11, G16 y G18).

Durante el período de cada una de las pruebas se verificó que las unidades logren controlar en forma estable su potencia en bornes desde la sincronización hasta el fin de la prueba. En total se registraron 5 horas en condiciones de potencia máxima, luego de finalizado el período de estabilización

Durante el desarrollo de las pruebas las unidades se operaron a máxima potencia con factor de potencia igual a uno. Los datos de temperatura ambiente, humedad relativa y presión barométrica fueron tomados en forma manual cada 5 minutos.

Para la determinación del valor de Potencia Máxima se procesaron los datos registrados en terreno, verificación de estabilidad, promediado y finalmente se aplicaron las correcciones tal como indica el Anexo Técnico.

Finalmente, se determinó un valor de **Potencia Máxima Bruta de 6,099 MW** para Central Térmica Maule operando en combustible diésel.

Resumen de resultados Central Térmica Maule		
Potencia Máxima	Bruta Medida (Promedio) [MW]	6,114
	Bruta Corregida [MW]	6,099
	Neta Medida [MW]	5,975
	Neta Corregida [MW]	5,960
Pérdidas en la red interna	Potencia [MW]	0,140



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 Condiciones Particulares

Debido al contexto sanitario de pandemia COVID-19, según lo indicado por el Coordinador, el experto técnico no se presentó en las instalaciones del coordinado, sino que guio y supervisó su desarrollo de forma remota.

Desde planta las pruebas fueron dirigidas, con la supervisión del experto técnico, por el inspector sustituto designado por el Coordinado. Para las pruebas de la Central Térmica Maule el inspector sustituto fue el Sr Rigoberto Ferrer.

En este contexto, se utilizó en todo momento un canal de comunicación bidireccional de audio y video entre el experto técnico y el inspector sustituto.

3.3 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 Central Térmica Maule. El Experto Técnico designado fue el Ing. Federico García 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.

3.4 Representante empresa generadora

Por parte de Elektra Generación S.A., el Coordinado, estuvo presente durante las pruebas el Sr. Rigoberto Ferrer como inspector sustituto. 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. Adicionalmente, se contó con el soporte del Ing. Alejandro Larenas.



3.5 Representante del Coordinador Eléctrico Nacional

Los Sres. Roberto Moller y Eduardo González se hicieron presentes de forma remota durante el desarrollo de las pruebas.

3.6 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 de la planta

La Central Térmica Maule pertenece a Elektra Generación S.A., está ubicada en la comuna de Constitución en la provincia Talca, región Maule y está compuesta por 6 unidades de combustión interna (motogeneradores):

- 2 equipos de 2000 kVA marca Caterpillar, modelo 3516 (Unidad G11 y G12)
- 3 equipos de 950 kVA marca Caterpillar, modelo 3512 (Unidad G15, G16 y G17)
- 1 equipo de 1360 kVA marca Caterpillar, modelo 3512 (Unidad G18)

La Central Térmica Maule está declarada como PMG “Pequeños medios de generación”, con una potencia máxima bruta aproximada de 6 MW¹. Se presenta a continuación, el plano de disposición general de la planta.

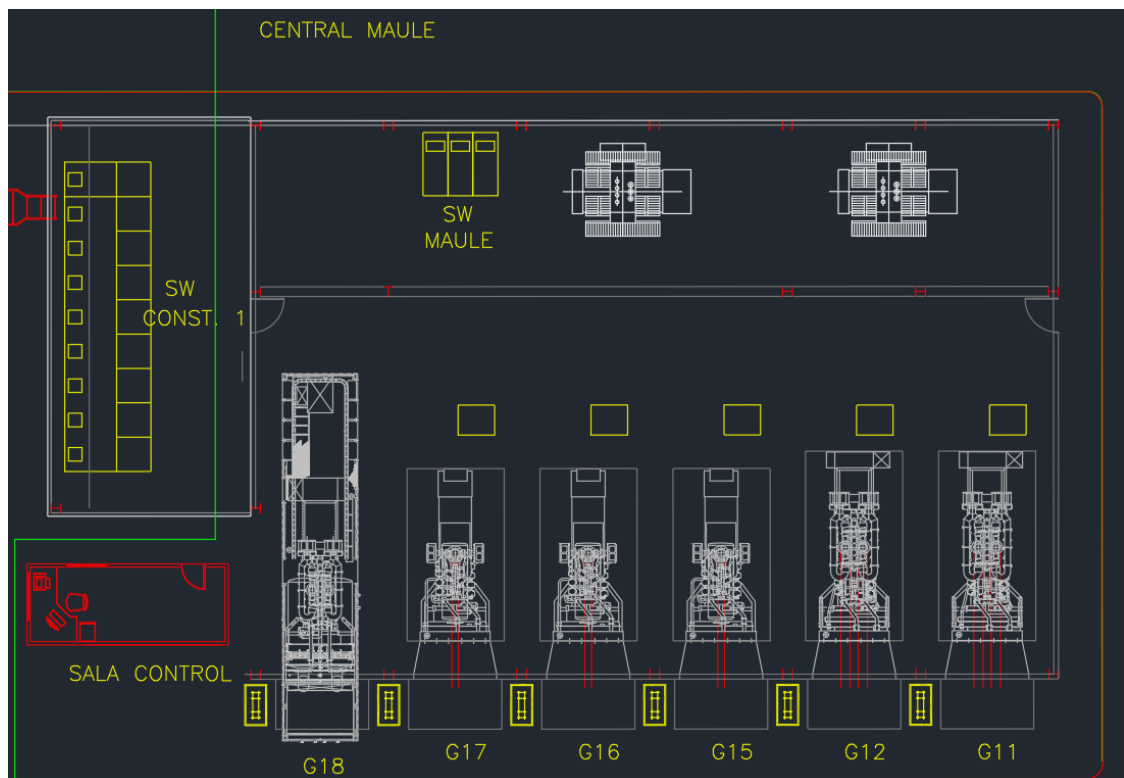


Figura 4.1 – Plano de disposición general de planta

¹ Fuente: <https://infotecnica.coordinador.cl/>



4.2 Descripción de las unidades de generación

A continuación, se presentan las características de cada una de las unidades de la central.

Unidad	Modelo	Clasificación	Potencia Nominal [kVA]	Potencia Nominal [kW]
G11	Caterpillar 3516 (Iny. electrónica)	Continuous	2000	1600
G12	Caterpillar 3516 (Iny. electrónica)	Continuous	2000	1600
G15	Caterpillar 3512 (Iny. mecánica)	Prime	950	750
G16	Caterpillar 3512 (Iny. mecánica)	Prime	950	750
G17	Caterpillar 3512 (Iny. mecánica)	Prime	950	750
G18	Caterpillar 3512 (Iny. electrónica)	Prime	1360	1088

Tabla 4.1 – Datos característicos de las unidades

Las unidades G15, G16 y G17 incorporan en su configuración un motor eléctrico para su refrigeración, la placa de este motor se presenta en el anexo 9.2.

La unidad G18 esta instalada en un contenedor insonorizado de 40 pies. Cada grupo generador está equipado por un estanque auxiliar de combustible de 1000 lts.

En el Anexo 9.1 se puede encontrar la hoja de datos completa de los generadores.

El transformador de SS.AA 23/0.4 kV, compartido con la Central Constitución 1, esta aguas arriba del punto de medida de potencia neta y son provistos por la distribuidora local. Por lo tanto, dichos consumos quedan por fuera del alcance de la prueba.

Se presenta a continuación el diagrama unilineal de la central y la conexión de las unidades a la Subestación Constitución 23kV.

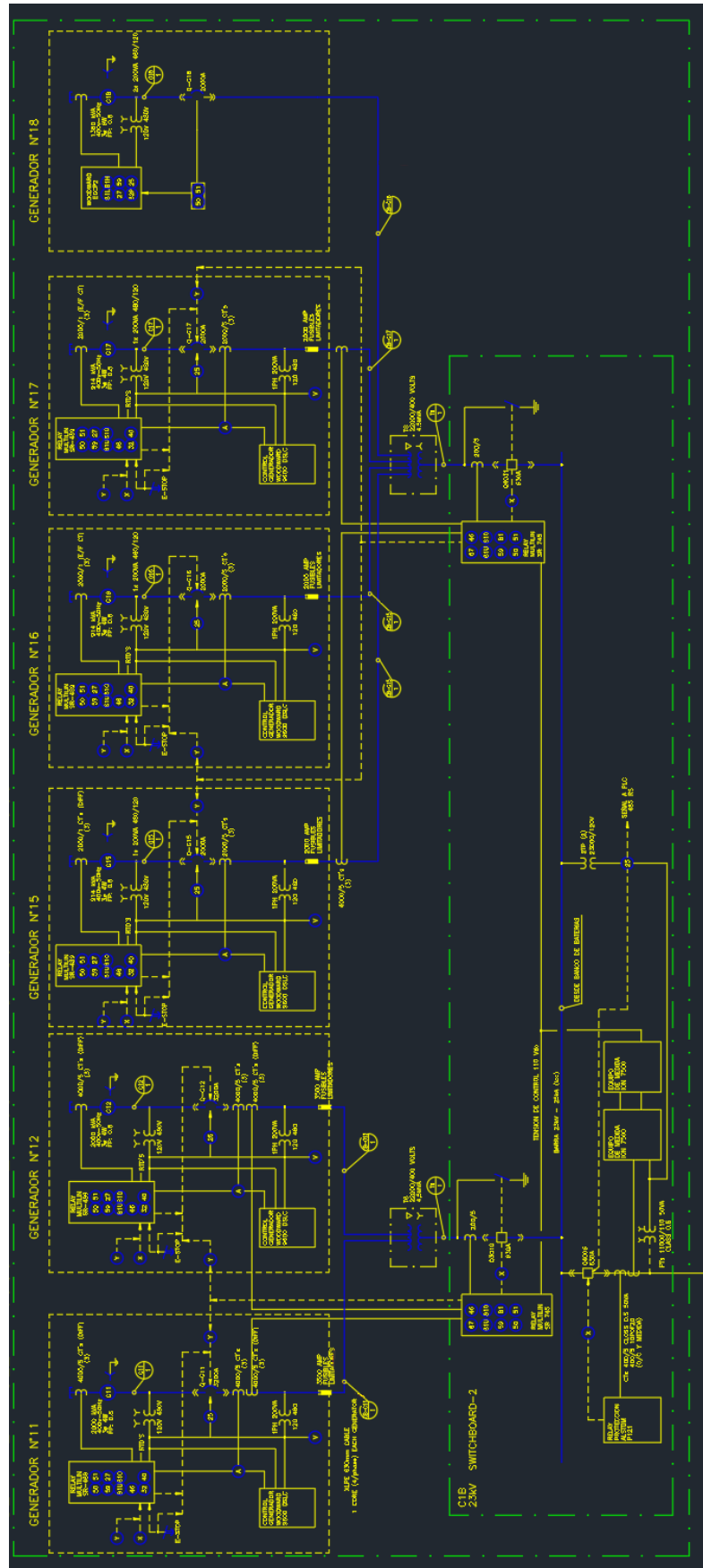


Figura 4.2 – Diagrama unilíneal de la Central



4.3 Condiciones de referencia y curvas de corrección

A partir de la información recibida de la central, se indican en la siguiente tabla los valores de potencia máxima esperable a nivel unidad (6 unidades):

Unidad	Potencia Nominal
G11	1600 kW
G12	1600 kW
G15	750 kW
G16	750 kW
G17	750 kW
G18	1088 kW

Tabla 4.2 – Valores base de potencia a nivel unidad

De acuerdo con los parámetros declarados, la potencia máxima bruta esperable de la Central Térmica Maule es de 6 MW.

En la Tabla 4.3 se indican las condiciones de referencia de la central. Cabe mencionar que solo se presentan los parámetros de corrección que se deben considerar en base a lo estipulado en el Anexo Técnico.

Parámetro	Valor	Referencia
Altitud [msnm]	244	Condición de sitio ²
Temperatura ambiente [°C]	11.8	Condición de sitio Temperatura promedio ³
Factor de potencia	0.95	Anexo Técnico

Tabla 4.3 – Condiciones de referencia

² Altitud del sitio. Fuente: Explorador Solar de la Universidad de Chile

³ Temperatura Promedio Anual. Fuente: Explorador Solar de la Universidad de Chile



4.3.1 Curvas de corrección

Curva de corrección por altura [mnsn] y temperatura ambiente

A partir de la información provista por el fabricante se presentan, para cada unidad y tipo de modelo de motor, las correcciones de la potencia referenciada por los parámetros que se encuentran a continuación:

- Corrección por presión barométrica o por altura m.s.n.m.
- Corrección por temperatura de aire de aspiración (Temperatura Ambiente).

Unidad G11 y G12:

Altitude Capability Data(Corrected Power Altitude Capability)						
Ambient Operating Temp.	50 F	68 F	86 F	104 F	122 F	NORMAL
Altitude						
0 F	2,307 hp	2,307 hp	2,307 hp	2,307 hp	2,307 hp	2,307 hp
984 F	2,307 hp	2,307 hp	2,307 hp	2,307 hp	2,250 hp	2,307 hp
1,640 F	2,307 hp	2,307 hp	2,307 hp	2,268 hp	2,197 hp	2,307 hp
3,281 F	2,307 hp	2,280 hp	2,205 hp	2,135 hp	2,068 hp	2,250 hp
4,921 F	2,221 hp	2,146 hp	2,075 hp	2,008 hp	1,946 hp	2,140 hp
6,562 F	2,088 hp	2,017 hp	1,950 hp	1,888 hp	1,829 hp	2,036 hp
8,202 F	1,962 hp	1,895 hp	1,832 hp	1,774 hp	1,719 hp	1,934 hp
9,843 F	1,843 hp	1,780 hp	1,721 hp	1,666 hp	1,613 hp	1,836 hp
10,499 F	1,796 hp	1,734 hp	1,678 hp	1,624 hp	1,573 hp	1,798 hp

Tabla 4.4 - Altitude Corrected Data – Modelo 3516 2000 kVA

Unidad G15, G16 y G17:

Altitude Capability Data(Corrected Power Altitude Capability)						
Ambient Operating Temp.	10 C	20 C	30 C	40 C	50 C	NORMAL
Altitude						
0 M	990 kw	990 kw	990 kw	990 kw	990 kw	990 kw
300 M	990 kw	990 kw	990 kw	990 kw	990 kw	990 kw
500 M	990 kw	990 kw	990 kw	990 kw	990 kw	990 kw
1,000 M	990 kw	990 kw	990 kw	990 kw	990 kw	990 kw
1,500 M	990 kw	990 kw	990 kw	990 kw	990 kw	990 kw
2,000 M	990 kw	990 kw	990 kw	990 kw	977 kw	990 kw
2,500 M	990 kw	990 kw	979 kw	948 kw	918 kw	990 kw
3,000 M	984 kw	950 kw	919 kw	890 kw	862 kw	981 kw
3,200 M	959 kw	927 kw	896 kw	867 kw	841 kw	961 kw

Tabla 4.5 - Altitude Corrected Data – Modelo 3512 950 kVA



Unidad G18:

TABLA DE DETARAJE EN FUNCIÓN DE LA ALTITUD Y LA TEMPERATURA

	10 C	20 C	30 C	40 C	50 C
Altitud					
0 M	1,195 kw	1,195 kw	1,195 kw	1,195 kw	1,195 kw
300 M	1,195 kw	1,195 kw	1,195 kw	1,195 kw	1,195 kw
500 M	1,195 kw	1,195 kw	1,195 kw	1,195 kw	1,195 kw
1,000 M	1,195 kw	1,195 kw	1,195 kw	1,192 kw	1,155 kw
1,500 M	1,195 kw	1,195 kw	1,158 kw	1,121 kw	1,086 kw
2,000 M	1,166 kw	1,126 kw	1,089 kw	1,054 kw	1,021 kw
2,500 M	1,095 kw	1,058 kw	1,023 kw	990 kw	960 kw
3,000 M	1,028 kw	993 kw	960 kw	930 kw	901 kw

Tabla 4.6 - Altitude Corrected Data – Modelo 3512 1360 kVA

Considerando la altitud (condición de sitio) informada en las condiciones de referencia de la Tabla 4.3, se observa que para la altitud de 244 msnm que equivalen a 800.525 ft la temperatura que afecta la potencia de las unidades G11 y G12, modelo 3516 (Tabla 4.4), se da a partir de los 122 °F (50°C). Para las otras unidades, Tabla 4.5 y Tabla 4.6, no se presentan correcciones a la potencia por temperatura ambiente.

Como la temperatura ambiente (condición de sitio) es de 11.8 °C, se considera no aplicar correcciones a la potencia por altitud ni por temperatura ambiente.

Corrección por Humedad Relativa

De acuerdo con la información provista por el fabricante estas unidades no cuentan con curvas de corrección por humedad relativa. Por lo tanto, se considera no aplicar correcciones a la potencia por humedad relativa.



Corrección por Factor de potencia

De acuerdo con la información provista por el fabricante no disponen de curvas de corrección de la potencia por factor de potencia, por lo que se propone utilizar el de una máquina similar. En este caso las partes estuvieron de acuerdo en que se utilice la siguiente curva disponible públicamente⁴.

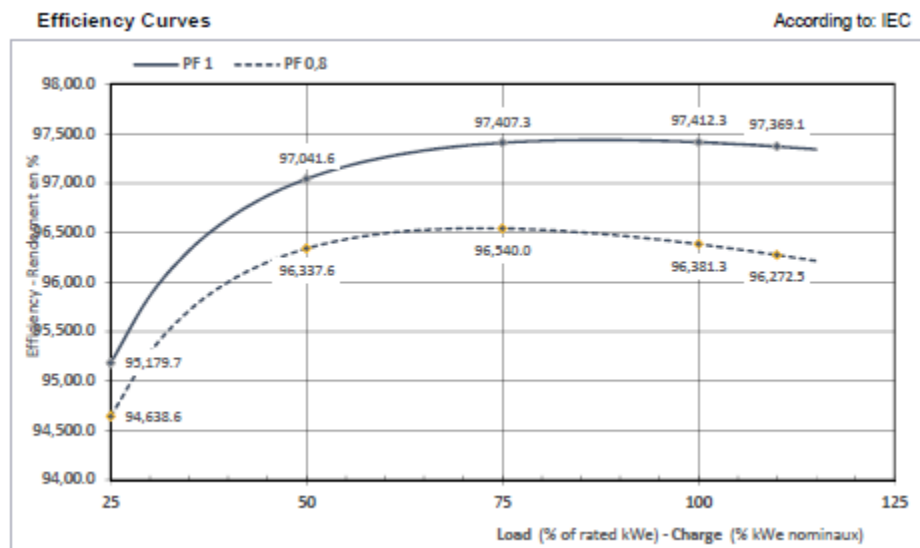


Figura 4.3 – Curva de corrección por factor de potencia

⁴ Informe-Técnico-Prueba-CEN-Los-Cóndores: <https://www.coordinador.cl/wp-content/uploads/2021/04/Informe-T%C3%A9cnico-Prueba-CEN-Los-C%C3%B3ndores.pdf>



4.3.2 Metodología de corrección

Para las correcciones del valor de potencia bruta se utilizará, cuando corresponda, las condiciones de referencia junto con los datos mostrados anteriormente.

4.4 Instrumentación y mediciones

Según lo establecido en el Artículo 31 del Anexo Técnico, las mediciones de potencia y factor de potencia deberán realizarse con instrumentos clase 0.2.

En la Figura 4.4 se presenta un diagrama unilineal de planta donde se distinguen los elementos disponibles en este caso.

Considerando este diagrama junto con el levantamiento de información realizado, los requerimientos del Anexo Técnico y la norma ASME PTC 17 se describe la metodología propuesta.

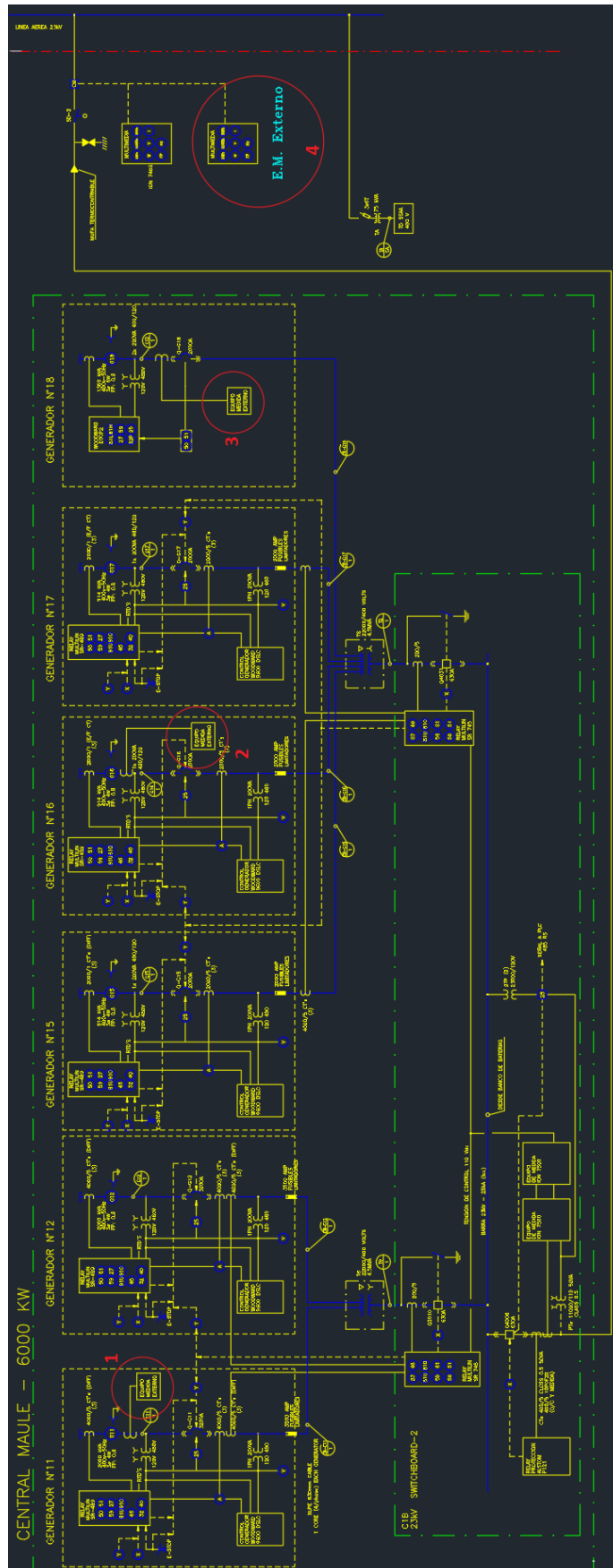


Figura 4.4 – Unilineal de planta



4.4.1 Metodología

Se realizó la medición de potencia bruta y factor de potencia en bornes del generador tal como se solicita en el Anexo Técnico. La potencia de los servicios auxiliares (en este caso serían solo pérdidas en la red interna) se calculó indirectamente a partir de la medición de la potencia neta.

De acuerdo con lo indicado por el Coordinador en el documento “PPM-CEN022-2021-CC-DCO-0 Respuestas a Consultas Pruebas PMax y CEN Elektragen.pdf”, las mediciones de potencia bruta se realizaron sobre 3 unidades. El Coordinado designó para las pruebas a las unidades G11, G16 y G18.

Los transformadores de instrumentación (PTs, CTs) son clase 0.3 para la medición de potencia neta (punto “4” en la Figura 4.4).

Para las mediciones de potencia bruta en la unidad G11 el coordinado utilizó TTCC externos clase 0.5 relación de transformación 4000/5 A (modelo 195/80SC) y la medición de tensión se realizó directo sobre la barra de 400 V (punto “1” en la Figura 4.4).

Para las mediciones de potencia bruta en la unidad G16 y G18 utilizó TTCC externos clase 0.5, relación de transformación 3000/5 A (modelo TA 125P) y la medición de tensión se realizó directo sobre la barra de 400 V (“2” y “3” en la Figura 4.4).

Para la medición de potencia neta y potencia bruta se utilizaron medidores externos ION 8600 y ION 8650 clase 0.2, respectivamente, aportados por proveedor externo Tecnoled.

Para la medición de humedad relativa y temperatura ambiente el Coordinado contrató el servicio de medición que cumple con las exigencias requeridas.

En la sección de anexo 9.3 se detallan los puntos desde donde se realizan las mediciones de cada variable, en tanto en la sección de anexo 9.4 se muestran los antecedentes técnicos y certificados de calibración asociados a los equipos de medición.



4.4.2 Instrumentación principal

Se instrumentó tal como se resume en la Tabla 4.7. La misma indica la instrumentación principal a ser utilizada, magnitud medida, tipo y clase, y ubicación.

#	Magnitud	Instrumento	Tipo, clase y muestreo	Propietario y certificado	Ubicación	Tipo de registro
1	Potencia activa bruta Unidad G11	ION 8650 Serie: MW-1210A672-01	A, 0.2, 1 seg (o superior)	Tecnored S.A., Figura 9.27	Conectado a barra de tensión (400 V) y CTs clase 0.5 en punto 1 del unilineal de la Figura 4.4. Borneras y puntos de conexión a confirmar. Ver trifilar anexo 9.3.	Digital
2	Factor de potencia Unidad G11	ION 8650 Serie: MW-1210A672-01	A, 0.2, 1 seg (o superior)	Tecnored S.A., Figura 9.27	Conectado a barra de tensión (400 V) y CTs clase 0.5 en punto 1 del unilineal de la Figura 4.4. Borneras y puntos de conexión a confirmar. Ver trifilar anexo 9.3.	Digital
3	Potencia activa bruta Unidad G16	ION 8650 Serie: MW-1311A373-01	A, 0.2, 1 seg (o superior)	Tecnored S.A., Figura 9.28	Conectado a barra de tensión (400 V) y CTs clase 0.5 en punto 2 del unilineal de la Figura 4.4. Borneras y puntos de conexión a confirmar. Ver trifilar anexo 9.3.	Digital
4	Factor de potencia Unidad G16	ION 8650 Serie: MW-1311A373-01	A, 0.2, 1 seg (o superior)	Tecnored S.A., Figura 9.28	Conectado a barra de tensión (400 V) y CTs clase 0.5 en punto 2 del unilineal de la Figura 4.4. Borneras y puntos de conexión a confirmar. Ver trifilar anexo 9.3.	Digital
5	Potencia activa bruta Unidad G18	ION 8600 Serie: PT-0901A120-01	A, 0.2, 1 seg (o superior)	Tecnored S.A., Figura 9.29	Conectado a barra de tensión (400 V) y CTs clase 0.5 en punto 3 del unilineal de la Figura 4.4. Borneras y puntos de conexión a confirmar. Ver trifilar anexo 9.3.	Digital
6	Factor de potencia Unidad G18	ION 8600 Serie: PT-0901A120-01	A, 0.2, 1 seg (o superior)	Tecnored S.A., Figura 9.29	Conectado a barra de tensión (400 V) y CTs clase 0.5 en punto 3 del unilineal de la Figura 4.4. Borneras y puntos de conexión a confirmar. Ver trifilar anexo 9.3.	Digital
7	Potencia activa neta	ION 8600 Serie: PT-0807A491-01	A, 0.2, 1 seg (o superior)	Tecnored S.A., Figura 9.30	Conectado PTs y CTs clase 0.3 en punto 4 del unilineal la Figura 4.4. Borneras y puntos de conexión a confirmar. Ver trifilar anexo 9.3.	Digital
8	Temperatura aire entrada	CHY 820W Serie: 200017	±0.5°C, 5 min	Tecnored S.A. Figura 9.31	Estación meteorológica externa instalada en planta.	Manual
9	Humedad relativa	CHY 820W Serie: 200017	±2.5%, 5 min	Tecnored S.A. Figura 9.31	Estación meteorológica externa instalada en planta.	Manual

Tabla 4.7 – Instrumentación principal



Las características principales de estos equipos y sus certificados de calibración vigentes a la fecha de los ensayos pueden consultarse en el Anexo 9.4.

Los puntos físicos de conexión están identificados en los trifilares del anexo 9.3. y se corresponden con los indicados en la Figura 4.4.

Los equipos medidores de potencia bruta y neta serán instalados, configurados y operados por el Coordinado o el propietario de los equipos. Se solicitó la entrega de los registros digitales de las pruebas durante y luego de la ejecución de las mismas.

Asimismo, el Coordinado fue responsable de entregar los registros manuales, con una tasa de lectura cada 5 minutos, correspondientes a las variables de temperatura y humedad relativa durante y luego de la ejecución de las pruebas. Estuvo presente personal idóneo para estas tareas durante todo el transcurso de las pruebas.

En el anexo 9.5 se adjuntan las capturas del registro manual de datos.

4.4.3 Mediciones complementarias

Según se informó en esta planta no existe registro histórico de variables por lo que no se consideran mediciones complementarias.

4.5 Toma de muestras del combustible

A solicitud del Coordinador, el Coordinado fue responsable del muestreo y análisis del combustible.

Los resultados entregados se incluyen en el anexo 9.7.



5 REALIZACIÓN DE LA PRUEBA

Como se indicó, debido al contexto sanitario de pandemia COVID-19, el experto técnico no se presentó en las instalaciones del coordinado y, por lo tanto, guio y supervisó el desarrollo de la prueba en forma remota.

La comunicación se materializó vía reunión de **Microsoft Teams**: Llamada de voz, video e interfaz para compartir medios digitales.

5.1 Chequeos preliminares

Previo al inicio de las pruebas se realizó una inspección virtual en dónde se verificará que todo esté adecuadamente dispuesto para el inicio de las pruebas.

Se verificó:

1. Disposición de los medidores, número de serie y certificados de calibración.
2. Lectura de los equipos de medición principales.
3. Sincronización horaria entre los distintos equipos de medición.

5.2 Desarrollo de las pruebas

La prueba de Potencia Máxima se realizó con todas las unidades de la Central Térmica Maule operando de forma simultánea. Para el registro de potencia bruta se seleccionaron 3 unidades representativas de la central.

Las unidades seleccionadas fueron G11, G16 y G18 (ver Figura 4.4).

Lo indicado en el presente apartado aplica por igual a todas las unidades de la central.



5.2.1 Verificaciones previas

1. El experto técnico, inspector sustituto, operador de planta y representantes del Coordinador estaban listos para dar comienzo a la prueba.
2. Se verificó que se cumplan las condiciones de prueba establecidas:
 - i. Todas las protecciones deben estar operativas y sin falla.
 - ii. No deben existir alarmas relevantes.
 - iii. La unidad disponible para operar a máxima potencia.
 - iv. La unidad operó en control de carga.
 - v. En operación normal las unidades siempre operan con factor de potencia igual a uno ($FP = 1$). Elektragen nos confirma que este ajuste no puede ser modificado, por lo que no fue posible consignar $FP = 0.95$ como lo exige el Anexo Técnico. Por lo tanto, todas las pruebas se realizaron con factor de potencia igual a uno.



5.3 Incremento de potencia, estabilización e inicio de las pruebas

Previo al inicio de las pruebas las unidades se encontraban detenidas. A cada unidad, el operador dio orden de partida, sincronización e incrementó carga paulatinamente hasta alcanzar el valor de operación normal para estas unidades. De esta manera, la potencia de la central se incrementó hasta alcanzar su máximo valor en condiciones normales de operación de aproximadamente de 6 MW.

En dicho punto se verificaron las condiciones de prueba establecidas en el apartado 5.2.1 del procedimiento.

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

La Tabla 5.1 resume los períodos resultantes para la unidad ensayada.

Arranque de la primer unidad	08/03/2022 18:30 Hs
Inicio del periodo de estabilización	18:45 Hs
Fin del periodo de estabilización	19:00 Hs
Inicio del periodo de prueba	19:00 Hs
Fin del periodo de prueba	09/03/2022 00:00 Hs

Tabla 5.1 – Etapas de la prueba para la central.

La operación de la central durante las pruebas fue utilizando combustible diésel.



5.4 Período de prueba

Finalmente, la prueba se extendió por un período total de 5 horas, dividido en 10 test run de 30 min. En cada uno de los test run se verificó la estabilidad de la central y de según lo establecido por la norma ASME PTC 17:

Parámetros	Desviación estándar durante el periodo
Potencia eléctrica de salida	±3%
Velocidad de rotación / frecuencia	±1%

Tabla 5.2 – Máximas variaciones permisibles en las condiciones de operación

La Tabla 5.3 muestra el resumen de las verificaciones de estabilidad realizadas:

Períodos												
Test Run n°		ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hora			19:00	19:30	20:00	20:30	21:00	21:30	22:00	22:30	23:00	23:30
Verificación de condiciones de estabilidad												
P_{Neta}	Potencia Neta medido en Alta	3,00%	0,41%	0,46%	0,46%	0,45%	0,43%	0,42%	0,39%	0,42%	0,37%	0,45%
P_{BRUTA(G11)}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina - Unidad G11	3,00%	0,13%	0,12%	0,12%	0,12%	0,13%	0,12%	0,13%	0,12%	0,12%	0,13%
P_{BRUTA(G16)}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina - Unidad G16	3,00%	0,51%	0,44%	0,46%	1,08%	0,52%	0,69%	0,58%	0,78%	0,50%	0,87%
P_{BRUTA(G18)}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina - Unidad G18	3,00%	0,49%	0,39%	0,39%	0,39%	0,40%	0,38%	0,41%	0,41%	0,40%	0,35%
Frec	Velocidad de Rotación	1,00%	0,08%	0,11%	0,05%	0,06%	0,14%	0,06%	0,05%	0,07%	0,04%	0,06%
Estabilidad	¿Se cumplen los criterios para todas las variables?		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Tabla 5.3 – Verificación de estabilidad de los 10 test-run

En general, todos los test run registrados verificaron las condiciones de estabilidad. Finalizadas las pruebas se labró un acta reflejando las principales condiciones del ensayo. Dicha acta puede consultarse en el Anexo 9.6.



6 CALCULOS REALIZADOS Y RESULTADOS

6.1 Reducción de datos y estabilidad

Se procesaron los datos en búsqueda de valores atípicos, para cada período se evaluó la estabilidad de las principales variables tal como se indicó en la Tabla 5.2, determinando los test run aptos para ser considerados en el cálculo final del valor de potencia bruta.

6.2 Determinación de la potencia bruta a nivel planta

Considerando las mediciones realizadas de potencia bruta en las 3 unidades seleccionadas y la cantidad de unidades para cada potencia, marca y modelo de motor, la potencia bruta a nivel planta se determinada a partir de la siguiente formula:

$$P_{Bruta, No Corr (Planta)} = (2 \times P_{Bruta (G11)} + 3 \times P_{Bruta (G16)} + P_{Bruta (G18)})$$

La Tabla 6.1 presenta los cálculos realizados para la determinación de la potencia bruta nivel unidad y a nivel planta:



Períodos		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test Run n°	ref	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00	21:30	22:00	22:30	23:00	23:30
Hora											
Variables Primarias											
FP _{G11}	Factor de potencia en bornes de máquina - Unidad G11	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
FP _{G16}	Factor de potencia en bornes de máquina - Unidad G16	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
FP _{G18}	Factor de potencia en bornes de máquina - Unidad G18	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
P _{Bruta(G11)}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina - Unidad G11	1500,08	1501,95	1502,93	1503,05	1502,61	1505,39	1504,46	1503,32	1503,21	1503,32
P _{Bruta(G16)}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina - Unidad G16	767,69	767,16	767,80	770,44	769,92	768,98	769,35	769,57	769,28	768,86
P _{Bruta(G18)}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina - Unidad G18	801,25	801,93	801,99	801,55	801,46	800,94	800,77	801,21	800,98	800,65
P _{Neta(Planta)}	Potencia Neta medida en Alta	5974,39	5979,19	5978,42	5979,66	5975,17	5972,57	5973,71	5972,26	5974,11	5971,80
T _{ambiente}	Temperatura Ambiente	19,54	17,89	16,56	15,57	15,09	14,69	14,46	14,34	14,20	14,07
RH	Humedad relativa	51,53	56,40	61,31	66,50	70,21	73,04	74,04	74,04	75,61	78,81
Determinación Potencia Bruta de la Central											
P _{Bruta,Unidad (Promedio)}	Pot. Bruta promedio por Unidad	1023,01	1023,68	1024,24	1025,01	1024,67	1025,10	1024,86	1024,70	1024,49	1024,28
P _{Bruta,No Corr(Planta)}	Pot. Bruta a nivel planta	6104,47	6107,33	6111,27	6118,96	6116,45	6118,66	6117,75	6116,55	6115,24	6113,88

Tabla 6.1 – Determinación de la potencia bruta a nivel planta



6.3 Determinación de la potencia de pérdidas totales

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

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

Donde:

- $P_{Neta, No Corr (Planta)}$: Potencia Neta No Corregida (medición directa)
- $P_{Bruta, No Corr (Planta)}$: Potencia Bruta No Corregida a nivel planta (Determinada en Tabla 6.1)
- $L_{Totales}$: Pérdidas y consumos internos de la planta en todo concepto

La Tabla 6.2 detallan los cálculos realizados para la central:



Períodos		ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test Run n°	Hora		19:00	19:30	20:00	20:30	21:00	21:30	22:00	22:30	23:00	23:30
Variables Primarias												
FP _{G11}	Factor de potencia en bornes de máquina - Unidad G11	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
FP _{G16}	Factor de potencia en bornes de máquina - Unidad G16	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
FP _{G18}	Factor de potencia en bornes de máquina - Unidad G18	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
P _{Bruta(G11)}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina - Unidad G11	[kW]	1500,08	1501,95	1502,93	1503,05	1502,61	1505,39	1504,46	1503,32	1503,21	1503,32
P _{Bruta(G16)}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina - Unidad G16	[kW]	767,69	767,16	767,80	770,44	769,92	768,98	769,35	769,57	769,28	768,86
P _{Bruta(G18)}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina - Unidad G18	[kW]	801,25	801,93	801,99	801,55	801,46	800,94	800,77	801,21	800,98	800,65
P _{Neta(Planta)}	Potencia Neta medida en Alta	[kW]	5974,39	5979,19	5978,42	5979,66	5975,17	5972,57	5973,71	5972,26	5974,11	5971,80
T _{ambiente}	Temperatura Ambiente	[°C]	19,54	17,89	16,56	15,57	15,09	14,69	14,46	14,34	14,20	14,07
RH	Humedad relativa	[%]	51,53	56,40	61,31	66,50	70,21	73,04	74,04	74,04	75,61	78,81
Determinación Potencia Bruta de la Central												
P _{Bruta,Unidad (Promedio)}	Pot. Bruta promedio por Unidad	[kW]	1023,01	1023,68	1024,24	1025,01	1024,67	1025,10	1024,86	1024,70	1024,49	1024,28
P _{Bruta,No Corr(Planta)}	Pot. Bruta a nivel planta	[kW]	6104,47	6107,33	6111,27	6118,96	6116,45	6118,66	6117,75	6116,55	6115,24	6113,88
Determinación pérdidas totales												
L _{TOTALES}	Pérdidas en el transformador de potencia y red interna	[kW]	130,08	128,13	132,85	139,30	141,28	146,08	144,04	144,29	141,13	142,08

Tabla 6.2 – Cálculos de potencia de pérdidas para la central



6.4 Correcciones aplicables a la potencia bruta

Las correcciones mencionadas en este capítulo fueron aplicadas a cada uno de los períodos (test run) registrados (10 períodos) y el resultado final corresponde al promedio de todos ellos.

Los valores de potencia bruta, para cada tipo y modelo de unidad, determinados en la Tabla 6.1, serán corregidos por las siguientes curvas:

1. Corrección por factor de potencia.

Los factores de corrección se obtendrán de las curvas/tablas presentadas en el capítulo 4.3 con el objetivo de llevar la medición de potencia bruta obtenida a los valores de referencia indicados en la Tabla 4.3.

La Potencia Bruta Corregida en las 3 unidades seleccionadas se calcula según la siguiente ecuación:

$$P_{Bruta,Corr(G11)} = (P_{Bruta(G11)} - L_{FP}G11)$$

$$P_{Bruta,Corr(G16)} = (P_{Bruta(G16)} - L_{FP}G16)$$

$$P_{Bruta,Corr(G18)} = (P_{Bruta(G18)} - L_{FP}G18)$$

Dónde:

- $P_{Bruta,Corr(G11/G16/G18)}$: Potencia Bruta Corregida, unidad G11, G16 y G18
- $P_{Bruta(G11/G16/G18)}$: Potencia Bruta Medida, unidad G11, G16 y G18
- $L_{FP}G11/G16/G18$: Pérdidas relacionadas a no operar en el factor de potencia (FP) establecido por el Anexo Técnico. Se aplica sólo si durante los ensayos no se logró alcanzar $FP = 0.95$.

Considerando las mediciones realizadas de potencia bruta en las 3 unidades seleccionadas y la cantidad de unidades para cada potencia, marca y modelo de motor, la Potencia Bruta Corregida a nivel planta se determina a partir de la siguiente fórmula:

$$P_{Bruta,Corr(Planta)} = (2 \times P_{Bruta,Corr(G11)} + 3 \times P_{Bruta,Corr(G16)} + P_{Bruta,Corr(G18)})$$

La Tabla 6.3 detallan las correcciones aplicadas para las unidades de la central:



Períodos		ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test Run n°	Hora		19:00	19:30	20:00	20:30	21:00	21:30	22:00	22:30	23:00	23:30
Variables Primarias												
FP _{G11}	Factor de potencia en bornes de máquina - Unidad G11	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
FP _{G16}	Factor de potencia en bornes de máquina - Unidad G16	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
FP _{G18}	Factor de potencia en bornes de máquina - Unidad G18	-	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
P _{Bruta(G11)}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina - Unidad G11	[kW]	1500,08	1501,95	1502,93	1503,05	1502,61	1505,39	1504,46	1503,32	1503,21	1503,32
P _{Bruta(G16)}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina - Unidad G16	[kW]	767,69	767,16	767,80	770,44	769,92	768,98	769,35	769,57	769,28	768,86
P _{Bruta(G18)}	Potencia Bruta medida en bornes de máquina - Unidad G18	[kW]	801,25	801,93	801,99	801,55	801,46	800,94	800,77	801,21	800,98	800,65
P _{Neta(Planta)}	Potencia Neta medido en Alta	[kW]	5974,39	5979,19	5978,42	5979,66	5975,17	5972,57	5973,71	5972,26	5974,11	5971,80
T _{ambiente}	Temperatura Ambiente	[°C]	19,54	17,89	16,56	15,57	15,09	14,69	14,46	14,34	14,20	14,07
RH	Humedad relativa	[%]	51,53	56,40	61,31	66,50	70,21	73,04	74,04	74,04	75,61	78,81
Determinación Potencia Bruta de la Central												
P _{Bruta, Unidad (Promedio)}	Pot. Bruta promedio por Unidad	[kW]	1023,01	1023,68	1024,24	1025,01	1024,67	1025,10	1024,86	1024,70	1024,49	1024,28
P _{Bruta, No Corr(Planta)}	Pot. Bruta a nivel planta	[kW]	6104,47	6107,33	6111,27	6118,96	6116,45	6118,66	6117,75	6116,55	6115,24	6113,88
Determinación pérdidas totales												
L _{TOTALES}	Pérdidas en el transformador de potencia y red interna	[kW]	130,08	128,13	132,85	139,30	141,28	146,08	144,04	144,29	141,13	142,08
Correcciones a la Potencia bruta												
L _{pG11}	Diferencia en pérdidas por FP	[kW]	3,73	3,76	3,77	3,77	3,76	3,80	3,79	3,77	3,77	3,77
L _{pG16}	Diferencia en pérdidas por FP	[kW]	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02
L _{pG18}	Diferencia en pérdidas por FP	[kW]	1,73	1,74	1,74	1,74	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,72
P _{Bruta, Corr (Planta)}	Potencia Bruta corregida por los factores permitidos en el Anexo Técnico	[kW]	6089,22	6092,02	6095,94	6103,61	6101,14	6103,27	6102,40	6101,22	6099,91	6098,56

Tabla 6.3 – Correcciones a la Potencia Bruta de la Central



6.5 Cálculo referencial de la Potencia Neta

El cálculo mencionado en este capítulo fue aplicado a cada uno de los períodos (test run) registrados (10 períodos) y el resultado final corresponde al promedio de todos ellos.

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

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

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

Dónde:

- $P_{Neta, Corr (Planta)}$: Potencia Neta Corregida a nivel planta
- $P_{Neta, No Corr (Planta)}$: Potencia Neta No Corregida (medición directa)
- $P_{Bruta, Corr (Planta)}$: Potencia Bruta Corregida a nivel planta
- $P_{Bruta, No Corr (Planta)}$: Potencia Bruta No Corregida a nivel planta
- $L_{Totales}$: 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°				19:00	19:30	20:00	20:30	21:00	21:30	22:00	22:30	23:00	23:30
	Hora												
Determinación pérdidas totales													
$L_{TOTALES}$	Pérdidas en el transformador de potencia y red interna	[kW]		130,08	128,13	132,85	139,30	141,28	146,08	144,04	144,29	141,13	142,08
Cálculo promedio final													
$P_{Bruta, Corr (Planta)}$	Valores utilizados para cálculo de promedio final	[kW]		6089,22	6092,02	6095,94	6103,61	6101,14	6103,27	6102,40	6101,22	6099,91	6098,56
$P_{Neta, Corr (Planta)}$		[kW]		5959,14	5963,89	5963,09	5964,31	5959,86	5957,19	5958,36	5956,93	5958,79	5956,48

Tabla 6.4 – Cálculos de Potencia Neta corregida para la Central



6.6 Cálculo del promedio final

Finalmente, se realiza el promedio final de aquellos períodos que verificaron las condiciones de estabilidad, obteniendo un valor final de **Potencia Máxima Bruta de 6,099 MW** y de **Potencia Máxima Neta de 5,960 MW** para la **Central Térmica Maule**.

La Tabla 6.5 detalla los valores utilizados para los correspondientes promedios

Períodos		ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test Run n°			19:00	19:30	20:00	20:30	21:00	21:30	22:00	22:30	23:00	23:30
Hora												
Determinación pérdidas totales												
L _{TOTALES}	Pérdidas en el transformador de potencia y red interna	[kW]	130,08	128,13	132,85	139,30	141,28	146,08	144,04	144,29	141,13	142,08
Cálculo promedio final												
P _{Bruta, Corr (Planta)}	Valores utilizados para	[kW]	6089,22	6092,02	6095,94	6103,61	6101,14	6103,27	6102,40	6101,22	6099,91	6098,56
P _{Neta, Corr(Planta)}	cálculo de promedio final	[kW]	5959,14	5963,89	5963,09	5964,31	5959,86	5957,19	5958,36	5956,93	5958,79	5956,48

P _{MAX, Bruta}	Potencia Máxima Bruta	[MW]	6,099
P _{MAX, Neta}	Potencia Máxima Neta	[MW]	5,960

Tabla 6.5 – Promedio Final para la Central Térmica Maule



6.7 Tabla Resumen general

Todos los cálculos presentados anteriormente se resumen a continuación.

Períodos	Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Hora			19:00	19:30	20:00	20:30	21:00	21:30	22:00	22:30	23:00	23:30
Variables Primarias												
Factor de potencia en bornes de máquina - Unidad G11	-		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Factor de potencia en bornes de máquina - Unidad G16	-		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Factor de potencia en bornes de máquina - Unidad G18	-		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
P _{Bruta(G11)}	[kW]		1500,08	1501,95	1502,93	1503,05	1502,61	1505,39	1504,46	1503,32	1503,21	1503,32
P _{Bruta(G16)}	[kW]		767,69	767,16	767,80	770,44	769,92	768,98	769,35	769,57	769,28	768,86
P _{Bruta(G18)}	[kW]		801,25	801,93	801,99	801,55	801,46	800,94	800,77	801,21	800,98	800,65
P _{Neto(Panpa)}	[kW]		5974,39	5979,19	5978,42	5979,66	5975,17	5972,57	5973,71	5972,26	5974,11	5971,80
T _{ambiente}	[°C]		19,54	17,89	16,56	15,57	15,09	14,69	14,46	14,34	14,20	14,07
RH	[%]		51,53	56,40	61,31	66,50	70,21	73,04	74,04	74,04	75,61	78,81
Variables Secundarias												
P _{atm}	[hPa]		999,83	1000,00	1000,11	1000,11	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00	1000,00
FREC _(G11)	[Hz]		50,05	50,00	50,16	49,99	50,01	50,13	50,05	50,01	49,97	49,98
FREC _(G16)	[Hz]		50,05	50,00	50,16	49,99	50,01	50,13	50,05	50,01	49,97	49,98
FREC _(G18)	[Hz]		50,05	50,00	50,16	49,99	50,01	50,13	50,05	50,01	49,97	49,98
Verificación de condiciones de estabilidad												
P _{Bruta}	3,00%		0,41%	0,46%	0,46%	0,45%	0,43%	0,42%	0,39%	0,42%	0,37%	0,45%
P _{Bruta(G11)}	3,00%		0,13%	0,12%	0,12%	0,12%	0,13%	0,12%	0,13%	0,12%	0,12%	0,13%
P _{Bruta(G16)}	3,00%		0,51%	0,44%	0,46%	1,08%	0,52%	0,69%	0,58%	0,78%	0,50%	0,87%
P _{Bruta(G18)}	3,00%		0,49%	0,39%	0,39%	0,39%	0,40%	0,38%	0,41%	0,41%	0,40%	0,35%
Frec	1,00%		0,08%	0,11%	0,05%	0,06%	0,14%	0,06%	0,05%	0,07%	0,04%	0,06%
Estabilidad	¿Se cumplen los criterios para todas las variables?		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Determinación Potencia Bruta de la Central												
P _{Bruta, No Corr (Plana)}	[kW]		6104,47	6107,33	6111,27	6118,96	6116,45	6118,66	6117,75	6116,55	6115,24	6113,88
Pot. Bruta a nivel planta	[kW]		6104,47	6107,33	6111,27	6118,96	6116,45	6118,66	6117,75	6116,55	6115,24	6113,88

$$P_{Bruta, No Corr (Plana)} = 2 * P_{Bruta, G11} + 3 * P_{Bruta, G16} + P_{Bruta, G18}$$

Tabla 6.6 – Resumen general (parte 1 de 2)



Determinación Potencia Bruta de la Central

$P_{Bruta, No Corr (Planta)}$	Pot. Bruta a nivel planta	[kW]	6104,47	6107,33	6111,27	6118,96	6116,45	6118,66	6117,75	6116,55	6115,24	6113,88	$P_{Bruta, No Corr (Planta)} = 2 * P_{Bruta, G11} + 3 * P_{Bruta, G16} + P_{Bruta, G18}$
Determinación pérdidas totales													
$L_{TOTALES}$	Pérdidas en el transformador de potencia y red interna	[kW]	130,08	128,13	132,85	139,30	141,28	146,08	144,04	144,29	141,13	142,08	$L_{TOTALES} = P_{BRUTA, Planta, No Corr.} - P_{Neta, No Corr.}$
Correcciones a la Potencia bruta													
L_{pG11}	Diferencia en pérdidas por FP	[kW]	3,73	3,76	3,77	3,77	3,76	3,80	3,79	3,77	3,77	3,77	Diferencia de kW en la curva de FP (FP_{ent} vs 0.95)
L_{pG16}	Diferencia en pérdidas por FP	[kW]	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	Diferencia de kW en la curva de FP (FP_{ent} vs 0.95)
L_{pG18}	Diferencia en pérdidas por FP	[kW]	1,73	1,74	1,74	1,74	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,72	Diferencia de kW en la curva de FP (FP_{ent} vs 0.95)
$P_{Bruta, Corr (Planta)}$	Potencia Bruta corregida por los factores permitidos en el Anexo Técnico	[kW]	6089,22	6092,02	6095,94	6103,61	6101,14	6103,27	6102,40	6101,22	6099,91	6098,56	$P_{Bruta, Corr (Planta)} = P_{Bruta, No Corr (Planta)} - L_{p}$

Cálculo promedio final

$P_{Bruta, Corr (Planta)}$	Valores utilizados para cálculo de promedio final	[kW]	6089,22	6092,02	6095,94	6103,61	6101,14	6103,27	6102,40	6101,22	6099,91	6098,56	Selección de los test-run promediados
$P_{Neta, Corr (Planta)}$		[kW]	5959,14	5963,89	5963,09	5964,31	5959,86	5957,19	5958,36	5956,93	5958,79	5956,48	$P_{Neta, Corr (Planta)} = P_{Bruta, Corr (Planta)} - L_{TOTALES}$

$P_{MAX, Bruta}$	Potencia Máxima Bruta	[MW]	6,099
$P_{MAX, Neta}$	Potencia Máxima Neta	[MW]	5,960

Tabla 6.7 – Resumen general (parte 2 de 2)



6.8 Cálculo de incertidumbre

En los siguientes cuadros se calcula la incertidumbre del resultado para la central ensayada.

CÁLCULO DE INCERTIDUMBRE FINAL											
Potencia Bruta Unidad G11											
Variable	Unidad	TR01	TR02	TR03	TR04	TR05	TR06	TR07	TR08	TR09	TR10
Sistémica, $b_R = \sqrt{\sum_{i=1}^I (\theta_i b \bar{x}_i)^2}$	kW	8,07	8,08	8,08	8,08	8,08	8,09	8,09	8,08	8,08	8,08
Aleatoria, $s_R = \sqrt{\sum_{i=1}^I (\theta_i s \bar{x}_i)^2}$	kW	0,09	0,09	0,08	0,09	0,09	0,08	0,09	0,09	0,08	0,09
Total $U_R = \sqrt{b_R^2 + s_R^2}$	kW	8,07	8,08	8,08	8,08	8,08	8,10	8,09	8,08	8,08	8,08

$U_{R,Unidad}$ [kW] =	8,08
$U_{R,Pnom G11 y G12}$ [kW] =	16,17

Tabla 6.8 – Tabla correspondiente a los cálculos de incertidumbre para las unidades G11 y G12

CÁLCULO DE INCERTIDUMBRE FINAL											
Potencia Bruta Unidad G16											
Variable	Unidad	TR01	TR02	TR03	TR04	TR05	TR06	TR07	TR08	TR09	TR10
Sistémica, $b_R = \sqrt{\sum_{i=1}^I (\theta_i b \bar{x}_i)^2}$	kW	4,12	4,11	4,12	4,14	4,14	4,13	4,13	4,14	4,13	4,13
Aleatoria, $s_R = \sqrt{\sum_{i=1}^I (\theta_i s \bar{x}_i)^2}$	kW	0,18	0,16	0,16	0,38	0,19	0,24	0,21	0,28	0,18	0,31
Total $U_R = \sqrt{b_R^2 + s_R^2}$	kW	4,12	4,12	4,12	4,16	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14

$U_{R,Unidad}$ [kW] =	4,14
$U_{R,Pnom G15, G16 y G17}$ [kW] =	12,41

Tabla 6.9 – Tabla correspondiente a los cálculos de incertidumbre para las unidades G15, G16 y G17



CÁLCULO DE INCERTIDUMBRE FINAL											
Potencia Bruta Unidad G18											
Variable	Unidad	TR01	TR02	TR03	TR04	TR05	TR06	TR07	TR08	TR09	TR10
Sistémica, $b_R = \sqrt{\sum_{i=1}^I (\theta_i b_{\bar{x}_i})^2}$	kW	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29
Aleatoria, $s_R = \sqrt{\sum_{i=1}^I (\theta_i s_{\bar{x}_i})^2}$	kW	0,18	0,14	0,15	0,14	0,15	0,14	0,15	0,15	0,15	0,13
Total $U_R = \sqrt{b_R^2 + s_R^2}$	kW	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29	4,29

$U_{R,Unidad}$ [kW] =	4,29
$U_{R,Pnom G18}$ [kW] =	4,29

Incertidumbre total	
$U_{R,Planta}$ [kW] =	32,86

Tabla 6.10 – Tabla correspondiente a los cálculos de incertidumbre para la unidad G18 y total



7 CONCLUSIONES

Se realizó con éxito la prueba de Potencia Máxima en la **Central Térmica Maule** utilizando como combustible diésel.

Todas las unidades de la central fueron capaces 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 6,099 MW** para la **Central Térmica Maule** utilizando como combustible diésel con el siguiente desglose de resultados:

Resumen de resultados Central Térmica Maule		
Potencia Máxima	Bruta Medida (Promedio) [MW]	6,114
	Bruta Corregida [MW]	6,099
	Neta Medida [MW]	5,975
	Neta Corregida [MW]	5,960
Pérdidas en la red interna	Potencia [MW]	0,140



8 NORMATIVA

- Anexo Técnico: “Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras”.
- Norma ASME PTC 17 “Reciprocating Internal-Combustion Engines”
- Norma ASME PTC 19.1 “Test Uncertainty”
- Norma ISO 3046 “Ensayos de Performance de Unidades de Generación Eléctrica Equipadas con Motores de Combustión Interna”
- Norma ISO 15550 “Requerimientos Generales para la Determinación de la Potencia en Motores de Combustión Interna”



9 ANEXOS

9.1 Hoja de datos de generadores

9.1.1 Unidades G11 y G12

Selected Model			
Engine: 3516	Generator Frame: 827	Genset Rating (kW): 1600.0	Line Voltage: 400
Fuel: Diesel	Generator Arrangement: 1441828	Genset Rating (kVA): 2000.0	Phase Voltage: 230
Frequency: 50	Excitation Type: Permanent Magnet	Pwr. Factor: 0.8	Rated Current: 2886.8
Duty: PRIME	Connection: SERIES STAR	Application: EPG	Status: Current
Version: 38901 / 38945 / 38180 / 4860			
Spec Information			
Generator Specification		Generator Efficiency	
Frame: 827	Type: SR4B	No. of Bearings: 2	
Winding Type: FORM WOUND	Flywheel: 21.0		
Connection: SERIES STAR	Housing: 00		
Phases: 3	No. of Leads: 6		
Poles: 4	Wires per Lead: 8		
Sync Speed: 1500	Generator Pitch: 0.6667		
Per Unit Load	kW	Efficiency %	
0.25	400.0	93.9	
0.5	800.0	96.1	
0.75	1200.0	96.8	
1.0	1600.0	96.9	
1.1	1760.0	96.9	
Reactances		Per Unit	Ohms
SUBTRANSIENT - DIRECT AXIS X''_d		0.1325	0.0106
SUBTRANSIENT - QUADRATURE AXIS X''_q		0.1238	0.0099
TRANSIENT - SATURATED X'_d		0.2113	0.0169
SYNCHRONOUS - DIRECT AXIS X_d		2.9913	0.2393
SYNCHRONOUS - QUADRATURE AXIS X_q		1.4150	0.1132
NEGATIVE SEQUENCE X_2		0.1275	0.0102
ZERO SEQUENCE X_0		0.0088	0.0007
Time Constants		Seconds	
OPEN CIRCUIT TRANSIENT - DIRECT AXIS T'_{d0}		6.8880	
SHORT CIRCUIT TRANSIENT - DIRECT AXIS T'_d		0.4864	
OPEN CIRCUIT SUBTRANSIENT - DIRECT AXIS T''_{d0}		0.0078	
SHORT CIRCUIT SUBTRANSIENT - DIRECT AXIS T''_d		0.0069	
OPEN CIRCUIT SUBTRANSIENT - QUADRATURE AXIS T''_{q0}		0.0062	
SHORT CIRCUIT SUBTRANSIENT - QUADRATURE AXIS T''_q		0.0056	
EXCITER TIME CONSTANT T_e		0.2225	
ARMATURE SHORT CIRCUIT T_a		0.0573	
Short Circuit Ratio: 0.41		Stator Resistance = 0.0010 Ohms	
		Field Resistance = 1.17 Ohms	
Voltage Regulation		Generator Excitation	
Voltage level adjustment: +/-	5.0%	No Load	Full Load, (rated) pf
Voltage regulation, steady state: +/-	0.5%		Series Parallel
Voltage regulation with 3% speed change: +/-	0.5%	Excitation voltage: 7.22 Volts	31.41 Volts Volts
Waveform deviation line - line, no load: less than	3.0%	Excitation current 1.9 Amps	6.8 Amps Amps
Telephone influence factor: less than	50		

Figura 9.1 – Hoja de datos de los generadores (1 de 3)



Generator Mechanical Information

Center of Gravity		
Dimension X	-764.54 mm	-30.1 IN.
Dimension Y	0.0 mm	0.0 IN.
Dimension Z	0.0 mm	0.0 IN.
"X" is measured from driven end of generator and parallel to rotor. Towards engine fan is positive. See General Information for details "Y" is measured vertically from rotor center line. Up is positive. "Z" is measured to left and right of rotor center line. To the right is positive.		
Generator WT = 2565 kg * Rotor WT = 847 kg * Stator WT = 1719 kg 5,655 LB 1,867 LB 3,790 LB		
Rotor Balance = 0.0508 mm deflection PTP Overspeed Capacity = 180% of synchronous speed		

Generator Torsional Data

Generator Torsional Data

**J1 = Coupling
and Fan**

J2 = Rotor

**J3 = Exciter
End**

TOTAL J = J1 + J2 + J3

**K1 = Shaft Stiffness between
J1 + J2 (Diameter 1)**

**K2 = Shaft Stiffness between
J2 + J3 (Diameter 2)**

J1	K1	Min Shaft Dia 1	J2	K2	Min Shaft Dia 2	J3
62.0 LB IN. s ²	56.6 MLB IN./rad	5.0 IN.	779.4 LB IN. s ²	48.7 MLB IN./rad	3.8 IN.	3.3 LB IN. s ²
7.0 N m s ²	6.4 MN m/rad	127.0 mm	88.063 N m s ²	5.5 MN m/rad	96.5 mm	0.371 N m s ²
			Total J			
			844.7 LB IN. s ²			
			95.434 N m s ²			

Figura 9.2 – Hoja de datos de los generadores (2 de 3)

Generator Cooling Requirements - Temperature - Insulation Data	
Cooling Requirements:	Temperature Data: (Ambient 40 °C)
Heat Dissipated: 51.2 kW	Stator Rise: 105.0 °C
Air Flow: 0.0 m ³ /min	Rotor Rise: 105.0 °C
Insulation Class: H	
Insulation Reg. as shipped: 100.0 MΩ minimum at 40 °C	
Thermal Limits of Generator	
Frequency:	50 Hz
Line to Line Voltage:	400 Volts
B BR 80/40	1888.0 kVA
F BR -105/40	2275.0 kVA
H BR - 125/40	2500.0 kVA
F PR - 130/40	2500.0 kVA

Figura 9.3 – Hoja de datos de los generadores (3 de 3)

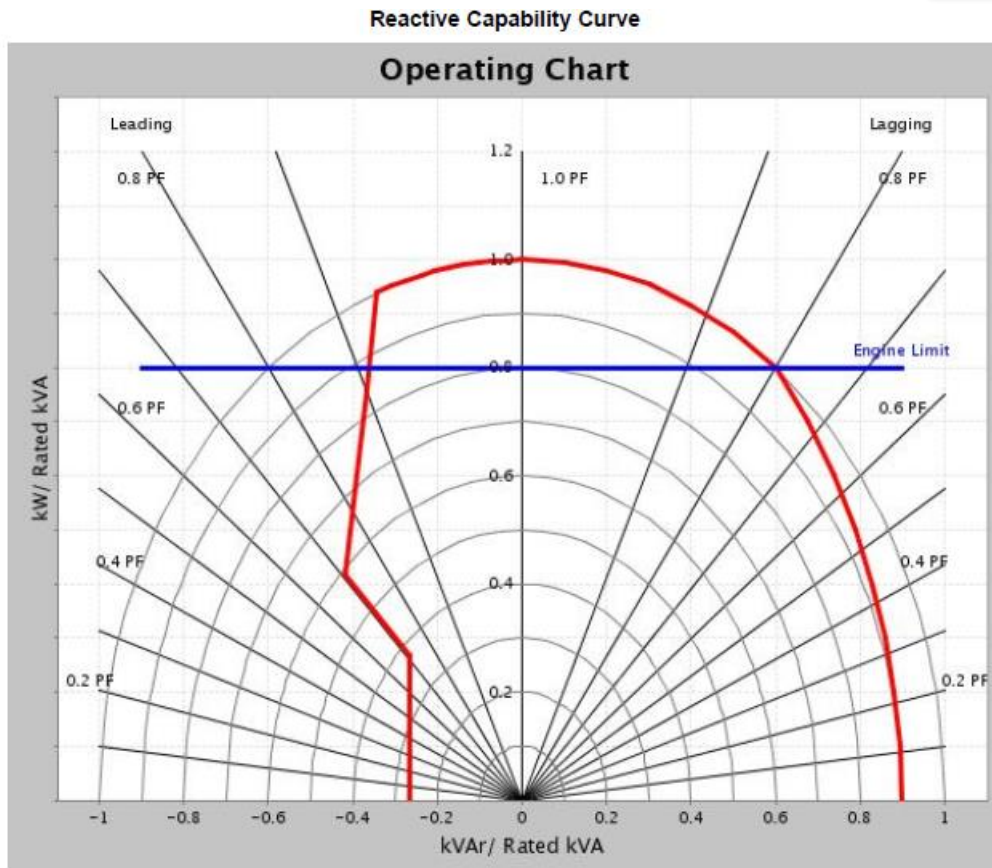


Figura 9.4 – Curva de Capacidad



9.1.2 Unidades G15, G16 y G17

Selected Model			
Engine: 3512	Generator Frame: 689	Genset Rating (kW): 920.0	Line Voltage: 400
Fuel: Diesel	Generator Arrangement: 7C1624	Genset Rating (kVA): 1022.0	Phase Voltage: 230
Frequency: 50	Excitation Type: Permanent Magnet	Pwr. Factor: 0.9	Rated Current: 1475.1
Duty: PRIME	Connection: SERIES STAR	Application: EPG	Status: Current
Version: 38901 /38433 /38285 /6763			
Spec Information			
Generator Specification		Generator Efficiency	
Frame: 689	Type: SR4	No. of Bearings: 1	
Winding Type: RANDOM WOUND	Flywheel: 521.0		
Connection: SERIES STAR	Housing: 00		
Phases: 3	No. of Leads: 6		
Poles: 4	Wires per Lead: 4		
Sync Speed: 1500	Generator Pitch: 0.7222		
Per Unit Load	kW	Efficiency %	
0.25	230.0	93.0	
0.5	460.0	95.3	
0.75	690.0	95.8	
1.0	920.0	95.6	
1.1	1012.0	95.5	
Reactances		Per Unit	Ohms
SUBTRANSIENT - DIRECT AXIS X''_d		0.1086	0.0170
SUBTRANSIENT - QUADRATURE AXIS X''_q		0.2658	0.0416
TRANSIENT - SATURATED X'_d		0.1738	0.0272
SYNCHRONOUS - DIRECT AXIS X_d		2.7453	0.4297
SYNCHRONOUS - QUADRATURE AXIS X_q		1.3519	0.2116
NEGATIVE SEQUENCE X_2		0.1872	0.0293
ZERO SEQUENCE X_0		0.0588	0.0092
Time Constants		Seconds	
OPEN CIRCUIT TRANSIENT - DIRECT AXIS T'_{d0}		4.3710	
SHORT CIRCUIT TRANSIENT - DIRECT AXIS T'_d		0.2765	
OPEN CIRCUIT SUBTRANSIENT - DIRECT AXIS T''_{d0}		0.0096	
SHORT CIRCUIT SUBTRANSIENT - DIRECT AXIS T''_d		0.0066	
OPEN CIRCUIT SUBTRANSIENT - QUADRATURE AXIS T''_{q0}		0.0210	
SHORT CIRCUIT SUBTRANSIENT - QUADRATURE AXIS T''_q		0.0150	
EXCITER TIME CONSTANT T_e		0.1090	
ARMATURE SHORT CIRCUIT T_a		0.0373	
Short Circuit Ratio: 0.41		Stator Resistance = 0.0044 Ohms	
		Field Resistance = 1.841 Ohms	
Voltage Regulation		Generator Excitation	
Voltage level adjustment: +/-	5.0%	No Load	Full Load, (rated) pf
Voltage regulation, steady state: +/-	0.5%		Series Parallel
Voltage regulation with 3% speed change: +/-	0.5%	Excitation voltage:	6.91 Volts 33.02 Volts Volts
Waveform deviation line - line, no load: less than	5.0%	Excitation current	1.81 Amps 7.11 Amps Amps
Telephone influence factor: less than	50		

Figura 9.5 – Hoja de datos de los generadores (1 de 3)



Generator Mechanical Information

Center of Gravity		
Dimension X	-914.4 mm	-36.0 IN.
Dimension Y	0.0 mm	0.0 IN.
Dimension Z	0.0 mm	0.0 IN.
"X" is measured from driven end of generator and parallel to rotor. Towards engine fan is positive. See General Information for details "Y" is measured vertically from rotor center line. Up is positive. "Z" is measured to left and right of rotor center line. To the right is positive.		
Generator WT = 3158 kg * Rotor WT = 1222 kg * Stator WT = 1936 kg 6,962 LB 2,694 LB 4,268 LB		
Rotor Balance = 0.0508 mm deflection PTP Overspeed Capacity = 180% of synchronous speed		

Generator Torsional Data

Generator Torsional Data

**J1 = Coupling
and Fan**

J2 = Rotor

**J3 = Exciter
End**

TOTAL J = J1 + J2 + J3

**K1 = Shaft Stiffness between
J1 + J2 (Diameter 1)**

**K2 = Shaft Stiffness between
J2 + J3 (Diameter 2)**

J1	K1	Min Shaft Dia 1	J2	K2	Min Shaft Dia 2	J3
23.3 LB IN. s ²	144.3 MLB IN./rad	6.2 IN.	261.5 LB IN. s ²	26.6 MLB IN./rad	2.6 IN.	3.3 LB IN. s ²
2.634 N m s ²	16.3 MN m/rad	157.5 mm	29.541 N m s ²	3.0 MN m/rad	66.0 mm	0.378 N m s ²
Total J						
288.1 LB IN. s ²						
32.553 N m s ²						

Figura 9.6 – Hoja de datos de los generadores (2 de 3)

Generator Cooling Requirements - Temperature - Insulation Data	
Cooling Requirements:	Temperature Data: (Ambient 40 °C)
Heat Dissipated: 42.3 kW	Stator Rise: 105.0 °C
Air Flow: 0.0 m ³ /min	Rotor Rise: 105.0 °C
Insulation Class: H	
Insulation Reg. as shipped: 100.0 MΩ minimum at 40 °C	
Thermal Limits of Generator	
Frequency:	50 Hz
Line to Line Voltage:	400 Volts
B BR 80/40	942.0 kVA
F BR -105/40	1135.0 kVA
H BR - 125/40	1250.0 kVA
F PR - 130/40	1250.0 kVA

Figura 9.7 – Hoja de datos de los generadores (3 de 3)

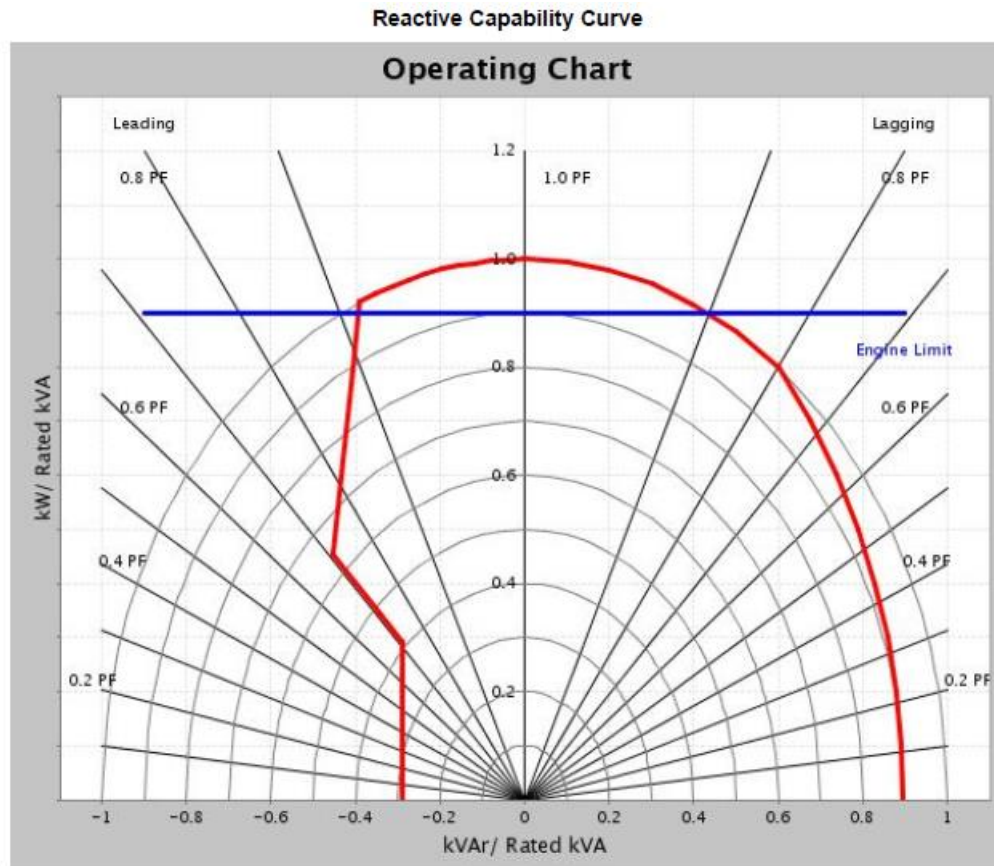


Figura 9.8 – Curva de Capacidad



9.1.3 Unidad G18

DATOS TÉCNICOS

GRUPO ELECTRÓGENO

Marca	CATERPILLAR
Modelo	3512 PKG
Potencia	1360 kVA / 1088 kWe
Tensión	400 V. Trifásico
Servicio	Principal. ISO 8528

MOTOR

DATOS GENERALES

Marca	CATERPILLAR
Modelo	3512B DITA
Tipo de combustible	Gas-oil
Número de cilindros	12
Disposición	En V
Diámetro	170 mm
Carrera	190 mm
Cilindrada	51,8 litros
Relación de compresión	14:1
Aspiración	Turboalimentado y Postenfriado
Refrigeración	Circuitos separados AT/BT SCAC
Velocidad	1500 rpm
Potencia al volante (sin ventilador)	1185,3 kWm

SISTEMA DE ADMISIÓN

Volumen de aire de combustión	87,5 m ³ /min
-------------------------------------	--------------------------

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Volumen de agua incluido el radiador	286,8 litros
Volumen de agua sin radiador	156,8 litros
Caudal de aire del radiador	1614 m ³ /min
Restricción de aire del ventilador	0,12 kPa
Potencia consumida por el ventilador	19 kW
Capacidad ambiente a 300 m.....	51°C

SISTEMA DE ESCAPE

Caudal de gases de escape	234,6 m ³ /min
Temperatura gases de escape	484,7 °C
Contrapresión máxima de escape	6,7 kPa
Contrapresión de diseño de escape	2,5 kPa
Pérdida de carga en silencioso	1,60 kPa
Diámetro interno de brida de escape	203,2 mm

Figura 9.9 – Hoja de datos de los generadores (1 de 2)



Longitud adaptador Y de escape 650 mm
Contrabrida salida expansor DIN 2576 - DN350 (14")

SISTEMA DE COMBUSTIBLE

Temperatura máxima retorno de
combustible sin pérdida de potencia 65 °C

SISTEMA DE LUBRICACIÓN

Capacidad del cárter de aceite 310,4 litros
Tipo de aceite recomendado API CI-4 y normativa Caterpillar ECF-2

SISTEMA DE ARRANQUE

Tensión de baterías 24 Vcc

GENERADOR

DATOS GENERALES

Marca CATERPILLAR
Modelo SR5
Potencia 1360 kVA
Velocidad 1500 rpm
Frecuencia 50 Hz
Tensión 400 V. Trifásico
Factor de potencia 0,8
Interruptor tetrapolar de salida 2500 A
Constancia de tensión $\pm 0,5\%$
Ajuste de tensión $\pm 5\%$
Aislamiento Clase H con tropicalización y antiabrasión
Protección IP23
Número de cojinetes 1
Factor de influencia telefónica < 50
Desviación de onda $< 2\%$
Rendimiento 95,6 %
Reactancia subtransitoria directa ($X''d$) 12,33 %
Relación de cortocircuito 0,33

CONJUNTO MOTOR ALTERNADOR

CONDICIONES DE TRABAJO

Calor absorbido en agua de refrigeración 506 kW
Calor residual en el escape 1056 kW
Calor radiado (motor + generador) 184,1 kW
Consumo de combustible
100% carga 288,5 l/h
75% Carga 218,4 l/h
50% Carga 155,9 l/h
Consumo específico de combustible 204,2 g/kWmh

Figura 9.10 – Hoja de datos de los generadores (2 de 2)

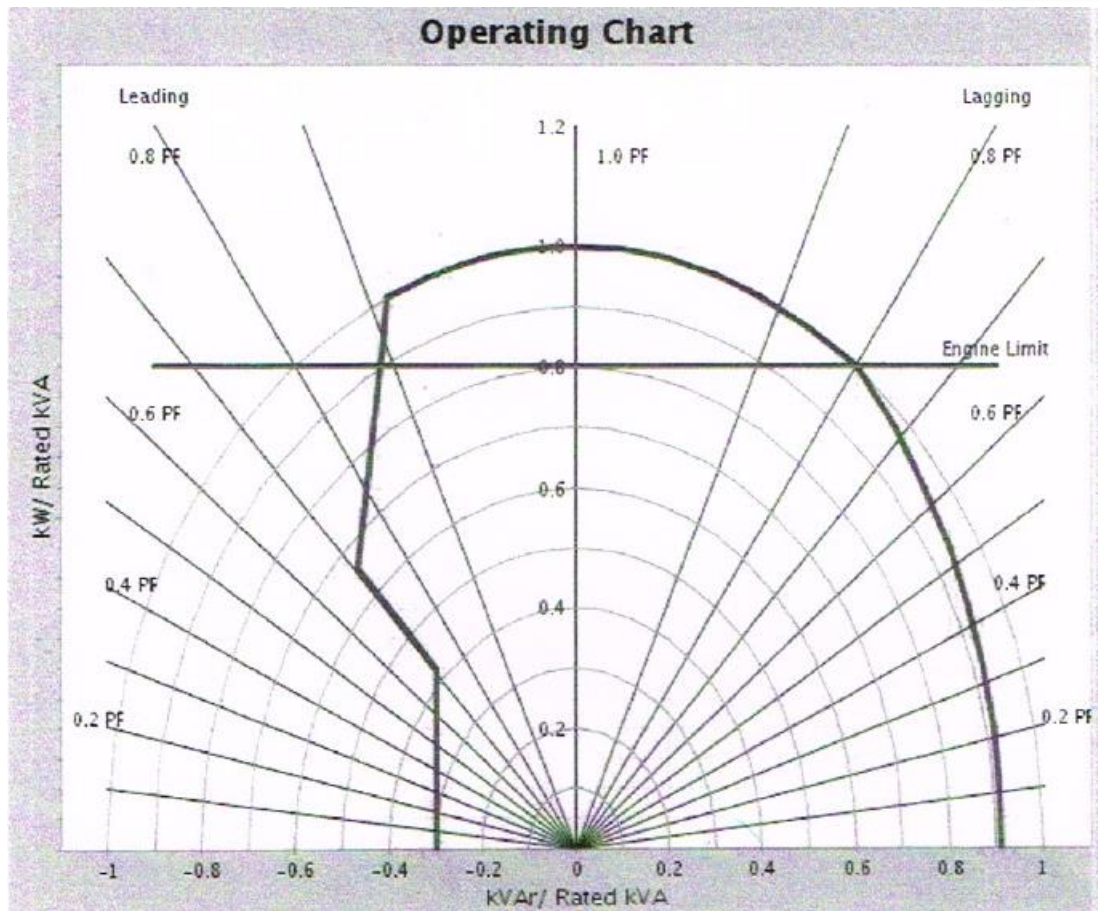


Figura 9.11 – Curva de Capacidad

9.2 Motor eléctrico – Unidades G15, G16 y G17



Figura 9.12 – Placa del motor del ventilador



9.3 Puntos de medición

9.3.1 Potencia bruta

Para las mediciones de potencia bruta en las unidades G16 y G18 (3512), el coordinado utilizó TTCC externos clase 0.5, relación de transformación 3000/5 (modelo TA 125P) y la medición de tensión se realizó directo sobre la barra de 400 V. Para la unidad G11, utilizó TTCC externos clase 0.5, relación de transformación 4000/5 (modelo 195/80SC) y la medición de tensión se realizó directo sobre la barra de 400 V.

En los siguientes unilineales se pueden identificar los puntos de medición de la potencia bruta para cada una de las unidades seleccionadas.

Unidad G11

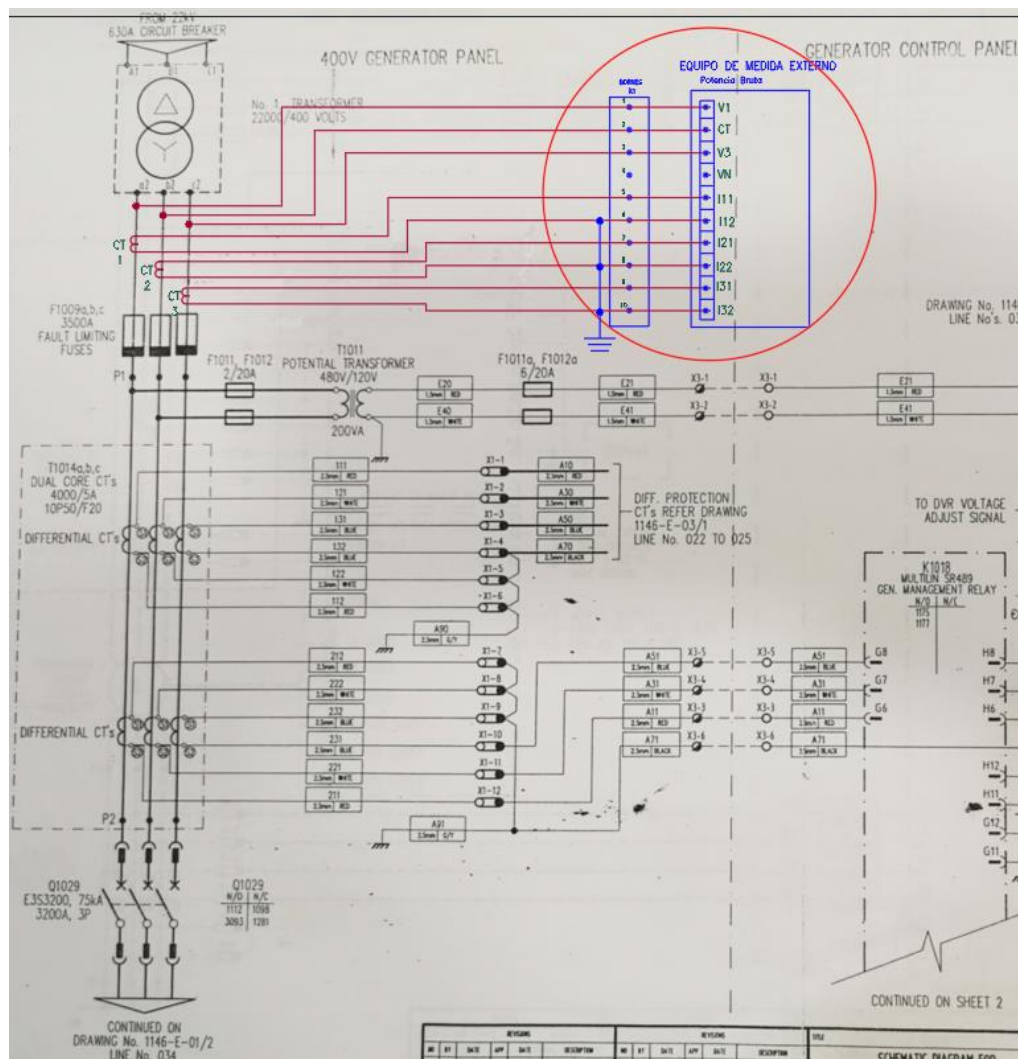


Figura 9.13 – Puntos de medición de corriente y tensión para medidor de Potencia bruta y Factor de potencia – G11



Unidad G16

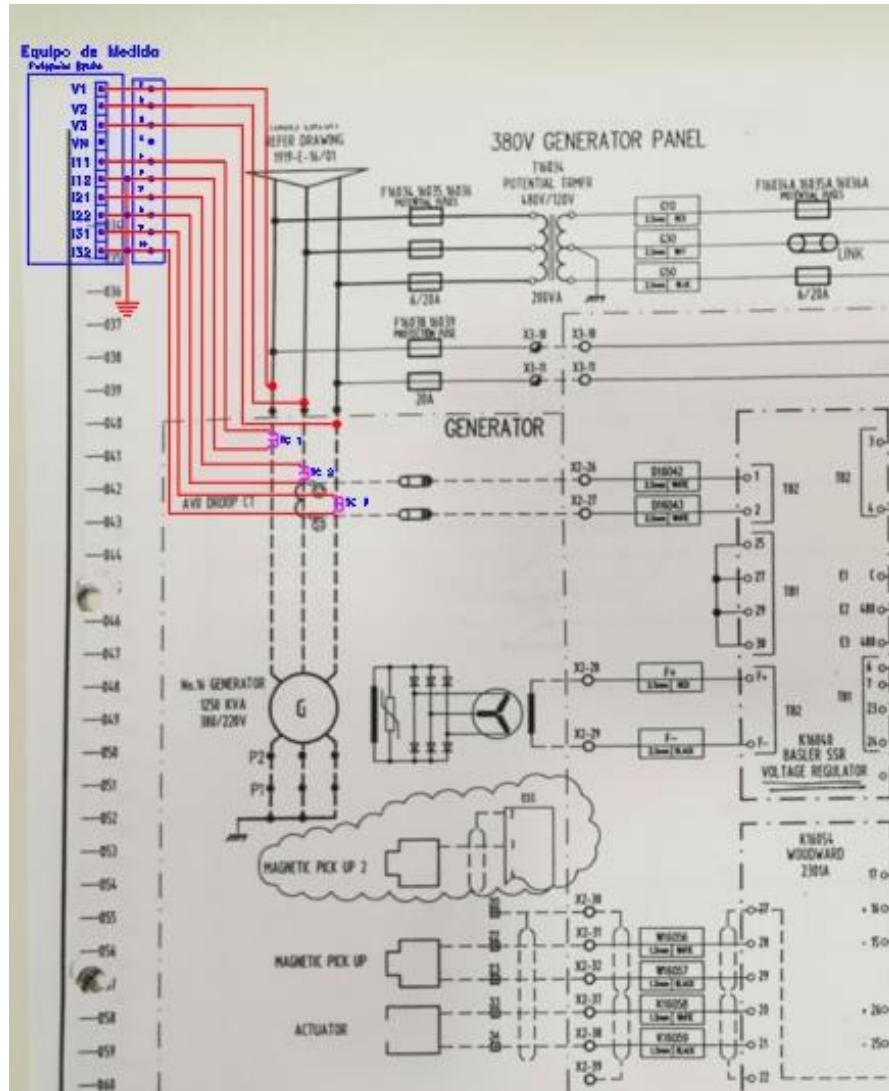


Figura 9.14 – Puntos de medición de corriente y tensión para medidor de Potencia bruta y Factor de potencia – G16



Unidad G18

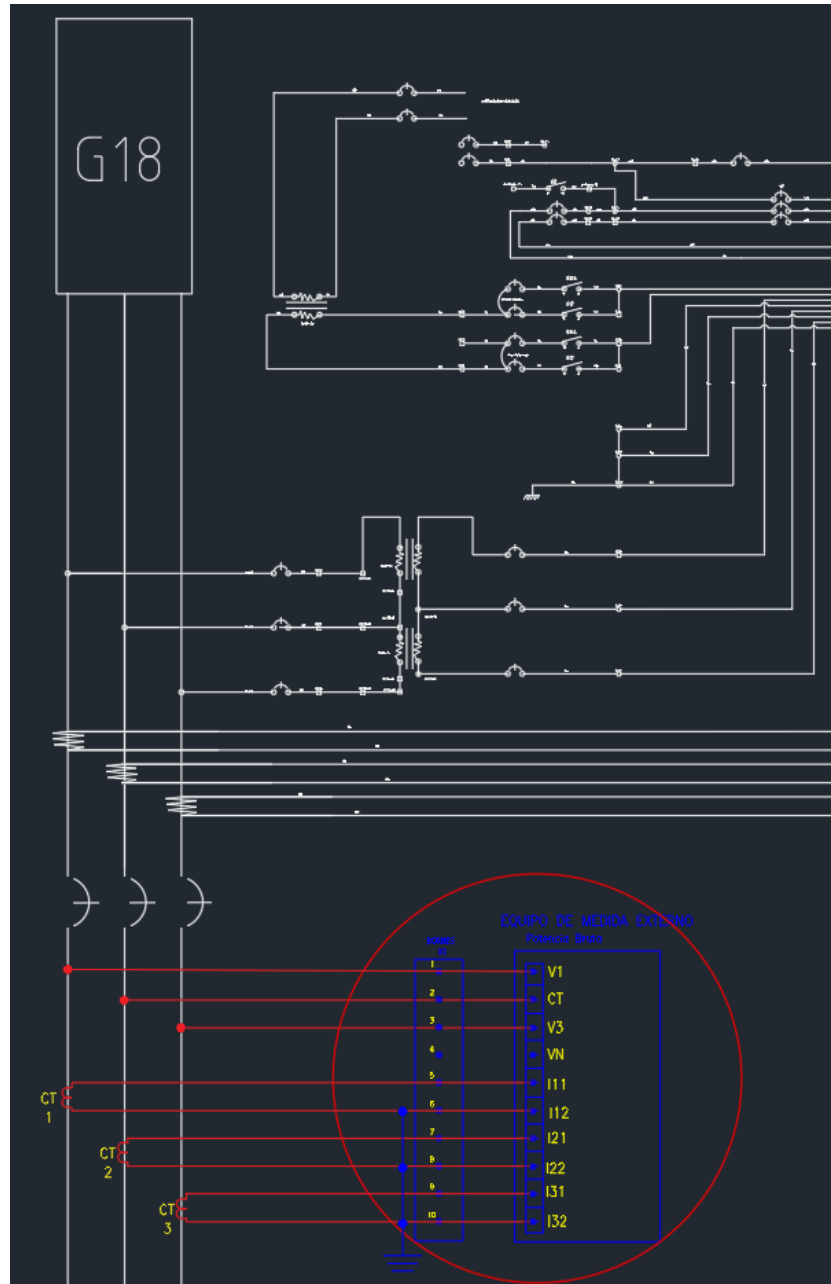


Figura 9.15 – Puntos de medición de corriente y tensión para medidor de Potencia bruta y Factor de potencia – G18



TTCC Externos



Figura 9.16 – Puntos de instalación TTCC externo

A continuación, se presentan los datos de placa de cada uno de los TTCC externos a utilizar.



TRANSFORMADORES

GENERAL

Transformadores de primario bobinado, de primario pasante y núcleo abierto.
Para cable o barra.
Envoltorios de plástico o encapsulados en resina (en función del tipo).
Con soporte de fijación y/o tornillos de sujeción a la barra (en función del tipo).
Fijación a carril DIN (Bajo demanda).

NORMAS

IEC 185
UNE EN 61869
VDE 0414
IEC 801/1-3.4
DIN 57414
BS 3938
EN 50081
EN 50082
IEC 1010

DATOS TÉCNICOS GENERAL

Factor de seguridad	$F_s < 5$
Tensión de servicio (máxima)	720 V
Tensión de ensayo	3 kV c.a. (1 min)
Frecuencia	50-60 Hz
Intensidad térmica nominal de cortocircuito	$I_{th} = 60 I_n$ para transformadores de primario bobinado. I_{th} limitada por las dimensiones del cable o la barra de primario en otros casos.
Intensidad dinámica nominal	$IDyn = 2,5 \times I_{th}$
Sobrecarga continua	$ID = 1,2 \times I_n$
Temperatura de funcionamiento	-10...50 °C.
Precisión	0,5 ; 1 y 3 (0,2S, 0,5S bajo petición)
Intensidad secundaria nominal	/5 ó /1 A

TRANSFORMADORES

TR-07

Figura 9.17 – Datos de placa del transformador TTCC externo 3000/5 A (modelo TA 125P)



TRANSFORMADORES



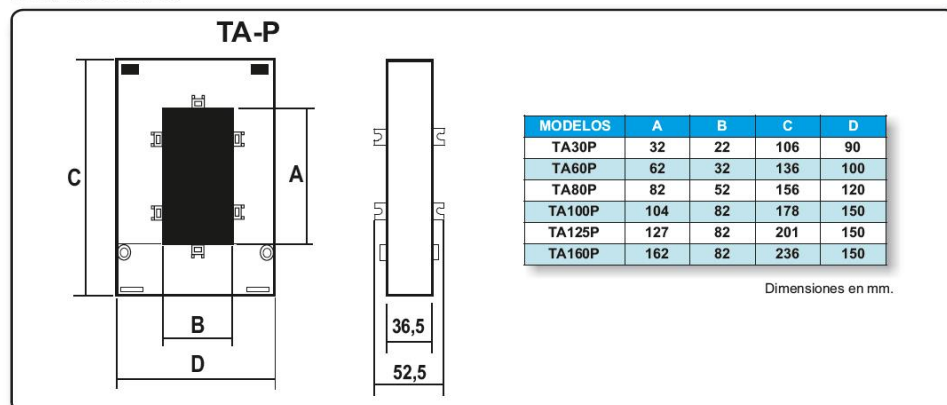
TRANSFORMADORES DE NÚCLEO ABIERTO (ENVOLVENTE PLÁSTICO)



TRANSFORMADORES DE NÚCLEO ABIERTO																				
MODELO	TA30P			TA60P			TA80P			TA100P			TA125P			TA160P				
Barra	30x20			60x30			80x50			100x80			125x80			160x80				
Cable	Ø20			Ø30			Ø50			Ø80			Ø80			Ø80				
Precisión	0,5	1	3	0,5	1	3	0,5	1	3	0,5	1	3	0,5	1	3	0,5	1	3		
I _{pn} (A)	VA			VA			VA			VA			VA			VA				
100	3																			
150	3,75																			
200	2,5 4																			
250	3,75 5			2,5 3,75			2,5 3,75			2,5 3,75										
300	2,5 4 6			3,75 5			3,75 5			3,75 5										
400	3,75 5 10			2,5 3,75 7,5			2,5 3,75 7,5			2,5 3,75 7,5										
500				3,75 5 15			3,75 5 15			3,75 5 15			5 7,5			2,5 3,75 7,5				
600				5 7,5 20			5 7,5 20			5 7,5 20			5 15			3,75 5 10				
750				7,5 10 20			7,5 10 20			7,5 10 20			5 10 20			5 10 20				
800				7,5 10 20			7,5 10 20			7,5 10 20			7,5 10 20			7,5 10 20				
1000				10 15 20			10 15 20			10 15 20			10 20 30			10 20 30				
1200										15 20 30			15 20 30			15 20 30				
1500										15 20 30			20 30 45			20 30 45				
2000										20 30 45			25 30 45			25 30 45				
2500													25 30 45			25 30 45				
3000													30 45 60			30 45 60				
4000																30 45 60				
5000																30 45 60				

TRANSFORMADORES

DIMENSIONES



TR-17

Figura 9.18 – Datos de placa del transformador TTCC externo 3000/5 A (modelo TA 125P)



LOW VOLTAGE CURRENT TRANSFORMER

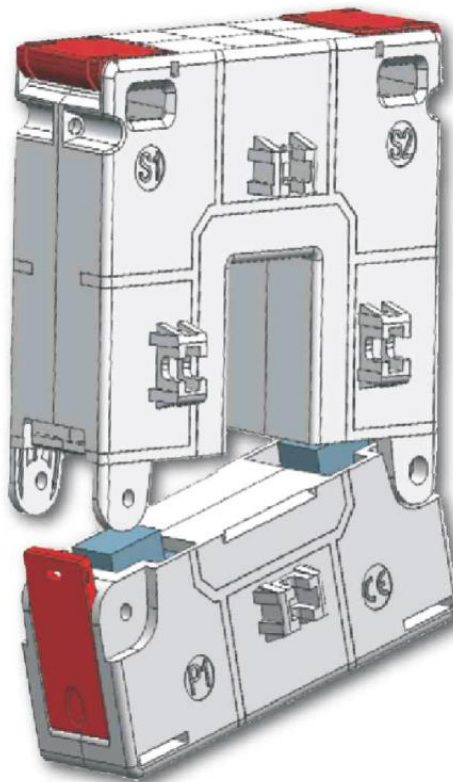
RISH SPLIT CORE



Data Sheet

SQUARE SPLIT CORE
CURRENT TRANSFORMER

SPLIT CORE



Page 1 of 6



**RISHABH
INSTRUMENTS**
Measure, Control & Record with a Difference

RISHABH INSTRUMENTS PVT.LTD.
F-31, MIDC, Satpur, Nashik-422 007, India.
Tel.: +91 253 2202160, 2202202 Fax : +91 253 2351064
E-mail : india - marketing@rishabh.co.in
International :- exp.marketing@rishabh.co.in
www.rishabh.co.in

1 / 08 / IV / 0617 / D

Figura 9.19 – Datos de placa del transformador TTCC externo 4000/5 A (modelo 195/80SC)



LOW VOLTAGE CURRENT TRANSFORMER

- # **Applicable standard:** - IEC-61869-1&2 / IEC- 60044 -1, BS 3938, IS 2705 -1,2&3.
- # **Case:** - Unfilled polycarbonate, flame retardant grades classified UL 94V-0.
- # **Connection:** - Two connection on each side. M4 screws with self lifting clamp strap assembly for RishXmer series and 1 connection on each side M4 screws with self lifting clamp strap for Rish CT series.
- # **Insulation class:** - E (120°C max)
- # **System voltage:** - 720V maximum
- # **Test voltage:** - 4 KV 50 Hz for 1 min
- # **Operating frequency:** - 50Hz / 60 Hz
- # **Rated primary rating:** - 100 A to 5000 A
- # **Rated secondary output:** - 5A standard (1A on request)
- # **Rated burden:** - 1, 1.25, 1.5, 2.5, 3.75, 5, 7.5, 10, 12.5, 15, 20, 30, 45 VA
- # **Class of accuracy:** - 0.5 for accurate measuring, kWh
1 for general measurement
3 for indicating instruments
- # **Ambient temperature:** - -25°C to +40°C
- # **Storage temperature:** - -50°C...+80°C
- # **Thermal short circuit current (I_{th}):** - 60xI_n for Bus Bar type CT.
- # **Dynamic short circuit current (I_{dyn}):** - 2.5xI_{th}
- # **Instrument security factor (FS):** - 2.5, 5, 10

Features

- # Wide range of system current Ratings.
- # Various mounting options like Bus bar mounting, Wall mounting.
- # Hinged terminal cover.
- # Terminal with self lifting screw with dual connection facility giving access from both sides of transformers.

APPLICATIONS

- Switchgear
- Distribution system
- Generator sets
- Control panels
- Overload protection
- Control devices



RISHABH
INSTRUMENTS
Measure, Control & Record with a Difference

RISHABH INSTRUMENTS PVT.LTD.
F-31, MIDC, Satpur, Nashik-422 007, India.
Tel.: +91 253 2202160, 2202202 Fax : +91 253 2351064
E-mail : India :- marketing@rishabh.co.in
International :- exp.marketing@rishabh.co.in
www.rishabh.co.in

Page 2 of 6

1 / 08 / IV / 0617 / D

Figura 9.20 – Datos de placa del transformador TTCC externo 4000/5 A (modelo 195/80SC)



LOW VOLTAGE CURRENT TRANSFORMER

RISH SPLIT CORE

Primary Current	VA/Acc Class	OD/ID(Axial)	RISH CT Type
500A	1.25VA / Class 0.5	195/80 (64)	RISH Xmer 195/80SC (64)
500A	5VA / Class 1	195/80 (64)	RISH Xmer 195/80SC (64)
600A	1.25VA / Class 0.5	195/80 (64)	RISH Xmer 195/80SC (64)
600A	5VA / Class 1	195/80 (64)	RISH Xmer 195/80SC (64)
750A	5VA / Class 0.5	195/80 (64)	RISH Xmer 195/80SC (64)
750A	10VA / Class 1	195/80 (64)	RISH Xmer 195/80SC (64)
800A	7.5VA / Class 0.5	195/80 (64)	RISH Xmer 195/80SC (64)
800A	10VA / Class 1	195/80 (64)	RISH Xmer 195/80SC (64)
1000A	10VA / Class 0.5	195/80 (64)	RISH Xmer 195/80SC (64)
1000A	20VA / Class 1	195/80 (64)	RISH Xmer 195/80SC (64)
1200A	15VA / Class 0.5	195/80 (64)	RISH Xmer 195/80SC (64)
1200A	20VA / Class 1	195/80 (64)	RISH Xmer 195/80SC (64)
1250A	15VA / Class 0.5	195/80 (64)	RISH Xmer 195/80SC (64)
1250A	20VA / Class 1	195/80 (64)	RISH Xmer 195/80SC (64)
1500A	20VA / Class 0.5	195/80 (64)	RISH Xmer 195/80SC (64)
1500A	30VA / Class 1	195/80 (64)	RISH Xmer 195/80SC (64)
1600A	20VA / Class 0.5	195/80 (64)	RISH Xmer 195/80SC (64)
1600A	30VA / Class 1	195/80 (64)	RISH Xmer 195/80SC (64)
2000A	25VA / Class 0.5	195/80 (64)	RISH Xmer 195/80SC (64)
2000A	30VA / Class 1	195/80 (64)	RISH Xmer 195/80SC (64)
2500A	25VA / Class 0.5	195/80 (64)	RISH Xmer 195/80SC (64)
2500A	30VA / Class 1	195/80 (64)	RISH Xmer 195/80SC (64)
3000A	30VA / Class 0.5	195/80 (64)	RISH Xmer 195/80SC (64)
3000A	45VA / Class 1	195/80 (64)	RISH Xmer 195/80SC (64)
4000A	30VA / Class 0.5	195/80 (64)	RISH Xmer 195/80SC (64)
4000A	45VA / Class 1	195/80 (64)	RISH Xmer 195/80SC (64)
5000A	30VA / Class 0.5	195/80 (64)	RISH Xmer 195/80SC (64)
5000A	45VA / Class 1	195/80 (64)	RISH Xmer 195/80SC (64)

Page 6 of 6



RISHABH INSTRUMENTS
Measure, Control & Record with a Difference

RISHABH INSTRUMENTS PVT.LTD.
F-31, MIDC, Satpur, Nashik-422 007, India.
Tel.: +91 253 2202160, 2202202 Fax : +91 253 2351064
E-mail : india :- marketing@rishabh.co.in
International :- exp.marketing@rishabh.co.in
www.rishabh.co.in

1 / 08 / IV / 0617 / D

Figura 9.21 – Datos de placa del transformador TTCC externo 4000/5 A (modelo 195/80SC)



9.3.2 Potencia neta

En el siguiente unilineal general se pueden identificar los puntos de medición de la potencia neta. El Coordinado ha informado que el medidor externo se instalará en la misma ubicación que el equipo compacto de medida, en el cual se encuentra conectado en los núcleos de clase 0.3 de los TC y TP.

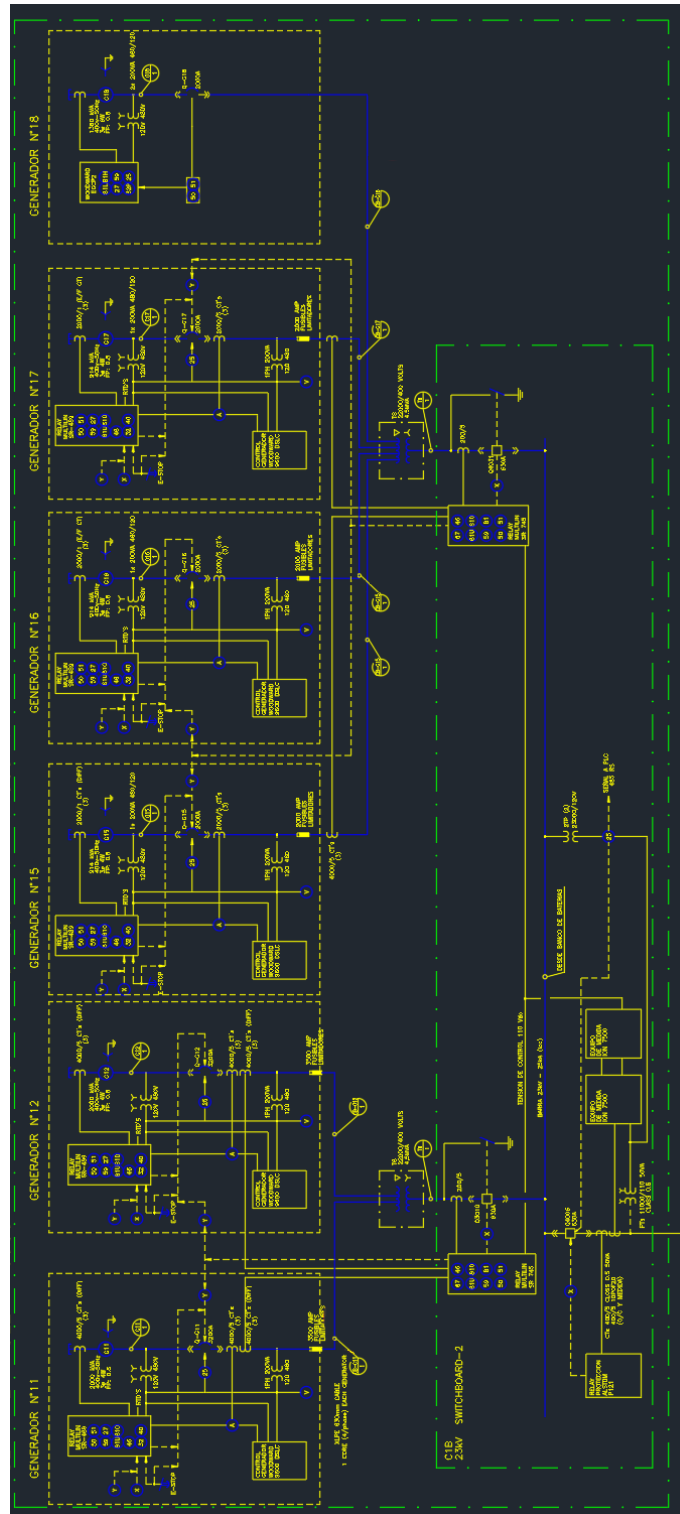


Figura 9.22 – Unilineal para mediciones de potencia neta

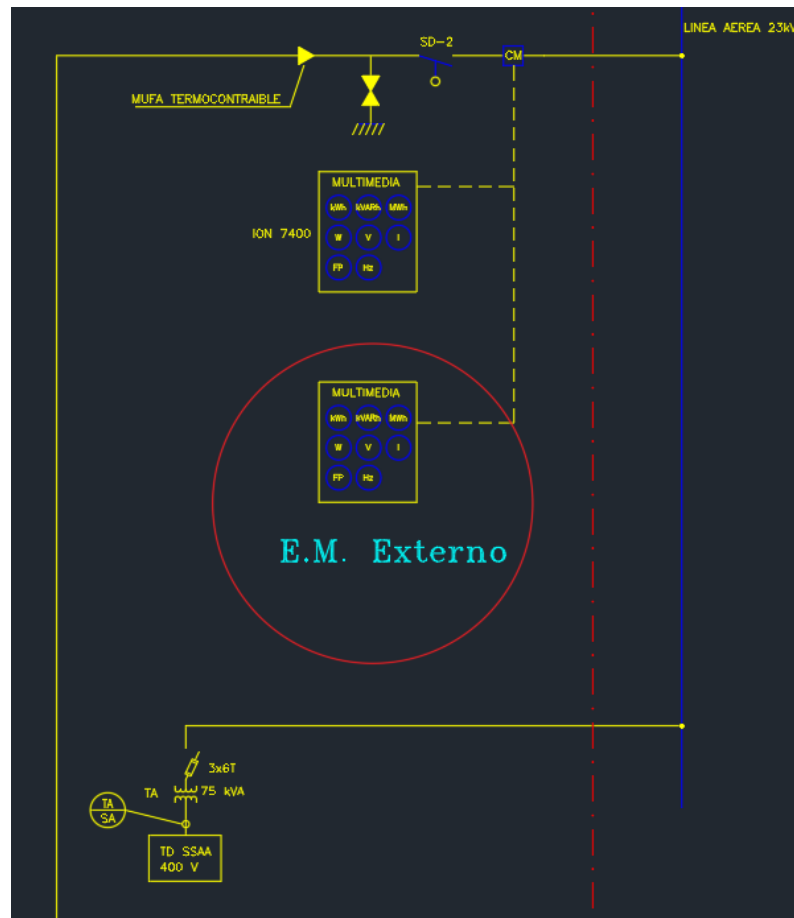


Figura 9.23 – Unilineal para mediciones de potencia neta

En el siguiente multifilar se muestran en círculos rojos los núcleos de los transformadores de corriente y tensión de clase 0.3. La relación de transformación del TTCC de compacto de medida es 200/5 A y la relación del TTPP es de 14400/240 V.

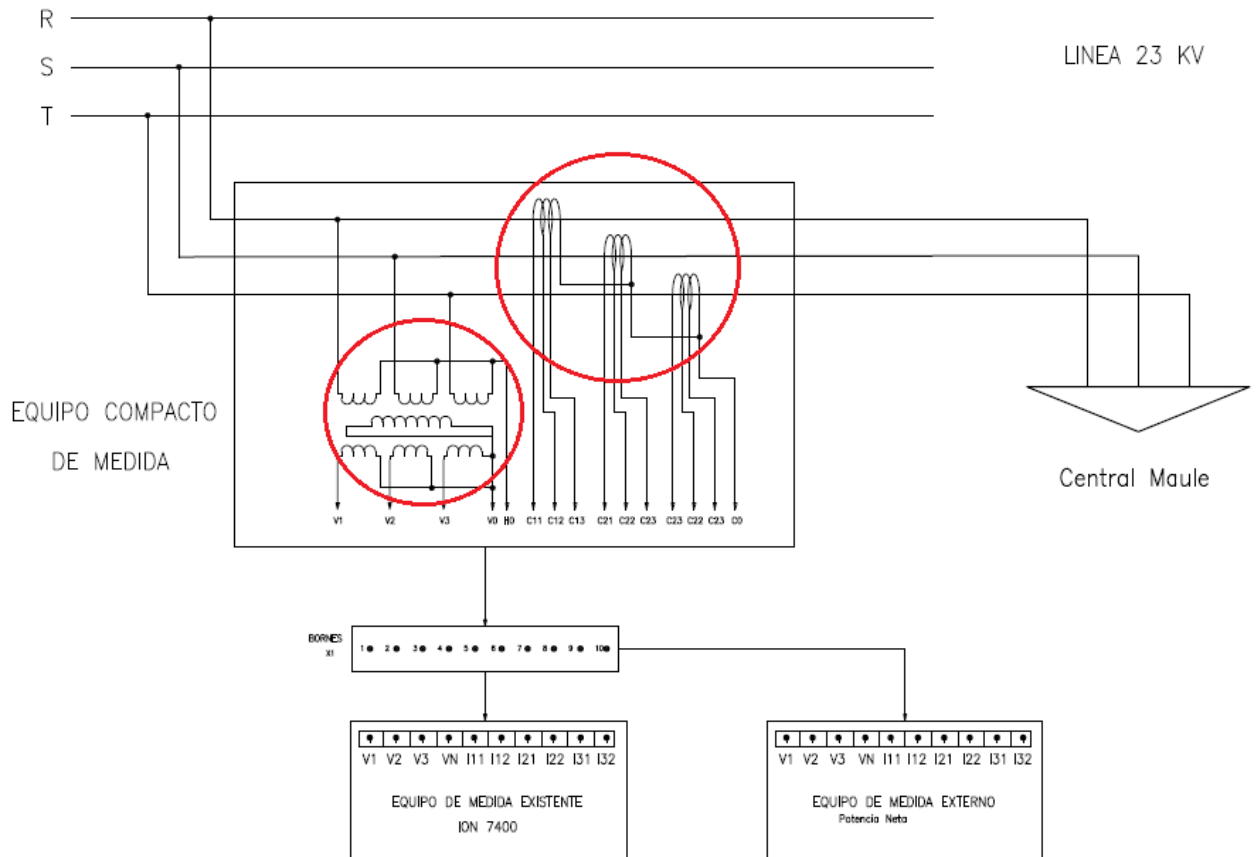


Figura 9.24 – Puntos de medición de tensión y corriente para medidor de Potencia neta y Factor de potencia



Finalmente se presentan los datos de placa del del equipo compacto de medida que integra a los transformadores de corriente y tensión utilizados para la medición de potencia neta.



Figura 9.25 – Datos de placa del equipo compacto de medida para la medición de potencia neta



9.3.3 Humedad relativa y Temperatura ambiente

El Coordinado ha contratado el servicio de medición a un proveedor externo y se ha instalado el equipo CHY - 820 para la medición de humedad relativa y temperatura ambiente del aire. Se presentan a continuación, los antecedentes técnicos del equipo instalado.

ELÉCTRICAS

Unidad de Temperatura: Celsius o Fahrenheit seleccionable por el usuario.

Rango de Medición:

TIPO "K" -50°C a 1000°C, Resolución: 0.1°C

Precisión: La precisión es especificada en un rango de temperatura de operación de 18°C a 28°C, por 1 año, no incluye el error de la termocupla.

$\pm(0.1\% \text{ rdg} + 1^\circ\text{C})$ en -50°C a 1000°C

Sensor: Sensor de temperatura termistor

Rango: 0°C a 60°C

Resolución: a.1°C

Precisión:

$\pm 2^\circ\text{C}$ entre 0°C a 10°C

$\pm 0.5^\circ\text{C}$ entre 10°C a 45°C

$\pm 2^\circ\text{C}$ entre 45°C a 60°C

HUMEDAD RELATIVA

Sensor: Sensor de humedad capacitivo

Rango: 0% a 100% RH

Precisión:

$\pm 2.5\%$ a 25°C, 10% a 90% RH

$\pm 5\%$ a 25°C, Resto del rango.

Tiempo de respuesta del Sensor HR para 90% del rango total: 60seg típico.

Histéresis Sensor (excursión de 10% a 90% a 10% HR): $\pm 1\%$ HR típico.

Coefficiente de temperatura:

0.1 veces la especificación de precisión aplicable por °C desde 0°C a 18°C y 28°C a 50°C.

Figura 9.26 – Hoja de datos CHY - 820



9.4 Certificados de calibración de instrumentos de medición

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

9.4.1 Potencia bruta/FP

El coordinado ha contratado a un proveedor externo el servicio de medición de potencia bruta y factor de potencia, en concordancia a lo estipulado en el Artículo 31 del anexo técnico. Se muestran a continuación, los certificados de calibración vigentes de los equipos externos instalados en cada unidad.



FT-LAB-7.8c



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

Fecha de Emisión de Certificado: 03.03.2022

FOLIO: 507269

ANTECEDENTES DEL CLIENTE				RESULTADOS DE LA COMPONENTE ACTIVA			
N° / Fecha de Solicitud : 0537_02.03.2022							
Fecha Calibración : 03/03/2022							
Medidor : ION 8650							
Cliente : Tecnored S.A.							
Instalación :							
Subestación :							
ANTECEDENTES DEL MEDIDOR				RESULTADOS DE LA COMPONENTE REACTIVA			
Marca : Schneider Electric							
Modelo : M8650A4COHSE1B0A							
N° de Serie : MW-1210A672-01							
Estado : Usado							
Año Fabricación : 2012							
Clase Exactitud (%) : 0.2							
Constante Med. : 1							
PATRON DE CALIBRACIÓN				RESULTADOS DE LA COMPONENTE REACTIVA			
Marca : Clou							
Modelo : C13115							
N° Serie : 20171801							
Clase de Exactitud : 0.05							
Trazabilidad : Laboratorio Tecnored							
CONDICIONES DE MEDIDA				RESULTADOS DE LA COMPONENTE REACTIVA			
Lugar de Calibración : Laboratorio Tecnored							
Tipo de Medida : W, ESTRELLA/ACTIVO							
Tensión Aplicada : 63,5 (V)							
Corriente Nominal : 5 (A)							
N° de Elementos : 3							
Método Calibración : Comparación Directa							
Frecuencia (Hz) : 50 (HZ)							
Temperatura (C°) : 22.3							
Humedad (%) : 47.8							
Calibrador : B. Santibañez							
OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES							
Los resultados obtenidos están relacionados únicamente al ítem calibrado y descrito en "Antecedentes del Medidor". Los resultados cumplen con la norma IEC 62053-22 (ITEM 8.1 y 8.3). 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 Certificación 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							

Figura 9.27 – Certificado de calibración de medidor de potencia bruta – Unidad G11



FT-LAB-7.8c



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

Fecha de Emisión de Certificado: 03.03.2022

FOLIO: 507268

ANTECEDENTES DEL CLIENTE					
N° / Fecha de Solicitud	: 0537_02.03.2022				
Fecha Calibración	: 03/03/2022				
Medidor	: ION 8650				
Cliente	: Tecnored S.A.				
Instalación	:				
Subestación	:				

ANTECEDENTES DEL MEDIDOR					
Marca	: Schneider Electric				
Modelo	: M8650A4C0H5E1B0A				
N° de Serie	: MW-1311A373-01				
Estado	: Usado				
Año Fabricación	: 2013				
Clase Exactitud (%)	: 0.2				
Constante Med.	: 1				

PATRON DE CALIBRACIÓN					
Marca	: Clou				
Modelo	: C13115				
N° Serie	: 20171801				
Clase de Exactitud	: 0.05				
Trazabilidad	: Laboratorio Tecnored				

CONDICIONES DE MEDIDA					
Lugar de Calibración	: Laboratorio Tecnored				
Tipo de Medida	: W. ESTRELLA/ACTIVO				
Tensión Aplicada	: 63.5 (V)				
Corriente Nominal	: 5 (A)				
N° de Elementos	: 3				
Método Calibración	: Comparación Directa				
Frecuencia (Hz)	: 50 (HZ)				
Temperatura (C°)	: 22.3				
Humedad (%)	: 47.8				
Calibrador	: B. Santibañez				

RESULTADOS DE LA COMPONENTE ACTIVA							
N	Fase	Cte. %	Factor	Error (%)	Componente Activa		
					Directa	Reversa	
					Limite Norma (%)	Error (%)	Limite Norma (%)
1	123	100	1	0.064	± 0.2	0.062	± 0.2
2	123	100	0.5	0.087	± 0.3	0.076	± 0.3
3	123	10	1	0.061	± 0.2	0.066	± 0.2
4	123	10	0.5	0.077	± 0.3	0.069	± 0.3
5	1	100	1	0.062	± 0.3	0.059	± 0.3
6	2	100	1	0.069	± 0.3	0.067	± 0.3
7	3	100	1	0.061	± 0.3	0.074	± 0.3
8	1	100	0.5	0.062	± 0.4	0.067	± 0.4
9	2	100	0.5	0.095	± 0.4	0.108	± 0.4
10	3	100	0.5	0.078	± 0.4	0.085	± 0.4

RESULTADOS DE LA COMPONENTE REACTIVA							
N	Fase	Cte. %	Factor	Error (%)	Componente Reactiva		
					Directa	Reversa	
					Limite Norma (%)	Error (%)	Limite Norma (%)
1	123	100	1	0.054	± 2.0	0.066	± 2.0
2	123	100	0.5	0.026	± 2.0	0.034	± 2.0
3	123	10	1	0.044	± 2.0	0.070	± 2.0
4	123	10	0.5	0.012	± 2.0	0.074	± 2.0
5	1	100	1	0.045	± 3.0	0.032	± 3.0
6	2	100	1	0.066	± 3.0	0.072	± 3.0
7	3	100	1	0.068	± 3.0	0.066	± 3.0
8	1	100	0.5	0.028	± 3.0	0.042	± 3.0
9	2	100	0.5	0.034	± 3.0	0.057	± 3.0
10	3	100	0.5	0.093	± 3.0	0.024	± 3.0

OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos están relacionados únicamente al ítem calibrado y descrito en "Antecedentes del Medidor". Los resultados cumplen con la norma IEC 62053-22 (ITEM 8.1 y 8.3). 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 Certificación 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

Figura 9.28 – Certificado de calibración de medidor de potencia bruta – Unidad G16



FT-LAB-7.8c



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

Fecha de Emisión de Certificado: 04.03.2022

FOLIO: 507274

ANTECEDENTES DEL CLIENTE				RESULTADOS DE LA COMPONENTE ACTIVA			
N° / Fecha de Solicitud : 0537_02.03.2022							
Fecha Calibración : 04/03/2022							
Medidor : ION 8600							
Cliente : Tecnored S.A.							
Instalación :							
Subestación :							
ANTECEDENTES DEL MEDIDOR				RESULTADOS DE LA COMPONENTE REACTIVA			
Marca : Schneider Electric							
Modelo : P8600A4C0H5E0B0A							
N° de Serie : PT-0901A120-01							
Estado : Usado							
Año Fabricación : 2009							
Clase Exactitud (%) : 0.2							
Constante Med. : 1							
PATRON DE CALIBRACIÓN				RESULTADOS DE LA COMPONENTE REACTIVA			
Marca : Clou							
Modelo : C13115							
N° Serie : 20171801							
Clase de Exactitud : 0,05							
Trazabilidad : Laboratorio Tecnored							
CONDICIONES DE MEDIDA				RESULTADOS DE LA COMPONENTE REACTIVA			
Lugar de Calibración : Laboratorio Tecnored							
Tipo de Medida : WESTRELLA/ACTIVO							
Tensión Aplicada : 63,5 (V)							
Corriente Nominal : 5 (A)							
N° de Elementos : 3							
Método Calibración : Comparación Directa							
Frecuencia (Hz) : 50 (HZ)							
Temperatura (C°) : 21.2							
Humedad (%) : 63.8							
Calibrador : B.Santibañez							
OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES							
Los resultados obtenidos están relacionados únicamente al ítem calibrado y descrito en "Antecedentes del Medidor". Los resultados cumplen con la norma IEC 62053-22 (ITEM 8.1 y 8.3). 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 Certificación 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							

Figura 9.29 – Certificado de calibración de medidor de potencia bruta – Unidad G18



9.4.2 Potencia Neta

El coordinado ha contratado a un proveedor externo el servicio de medición de potencia neta y factor de potencia, en concordancia a lo estipulado en el Artículo 31 del anexo técnico. Se muestran a continuación, los certificados de calibración vigentes del equipo externo instalado.

FT-LAB-7.8c

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

FOLIO: 507270

Fecha de Emisión de Certificado: 03.03.2022

ANTECEDENTES DEL CLIENTE			
N° / Fecha de Solicitud :	0537_02.03.2022		
Fecha Calibración :	03/03/2022		
Medidor :	ION 8600		
Cliente :	Tecnored S.A.		
Instalación :			
Subestación :			

ANTECEDENTES DEL MEDIDOR			
Marca :	Schneider Electric		
Modelo :	P8600A4C0H5E0B0A		
N° de Serie :	PT-0807A491-01		
Estado :	Usado		
Año Fabricación :	2008		
Clase Exactitud (%) :	0.2		
Constante Med. :	1		

PATRON DE CALIBRACIÓN			
Marca :	Clou		
Modelo :	C13115		
N° Serie :	20171801		
Clase de Exactitud :	0.05		
Trazabilidad :	Laboratorio Tecnored		

CONDICIONES DE MEDIDA			
Lugar de Calibración :	Laboratorio Tecnored		
Tipo de Medida :	W. ESTRELLA/ACTIVO		
Tensión Aplicada :	63.5 (V)		
Corriente Nominal :	5 (A)		
N° de Elementos :	3		
Método Calibración :	Comparación Directa		
Frecuencia (Hz) :	50 (HZ)		
Temperatura (C°) :	22.3		
Humedad (%) :	47.8		
Calibrador :	B. Santibañez		

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	0.002	± 0.2	-0.027	± 0.2
2	123	100	0.5	-0.037	± 0.3	-0.059	± 0.3
3	123	10	1	-0.033	± 0.2	-0.034	± 0.2
4	123	10	0.5	-0.095	± 0.3	-0.067	± 0.3
5	1	100	1	-0.009	± 0.3	-0.023	± 0.3
6	2	100	1	-0.019	± 0.3	-0.038	± 0.3
7	3	100	1	-0.039	± 0.3	-0.025	± 0.3
8	1	100	0.5	0.150	± 0.4	-0.009	± 0.4
9	2	100	0.5	-0.052	± 0.4	-0.067	± 0.4
10	3	100	0.5	-0.075	± 0.4	-0.062	± 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	-0.034	± 2.0	-0.028	± 2.0
2	123	100	0.5	0.002	± 2.0	-0.006	± 2.0
3	123	10	1	-0.056	± 2.0	0.010	± 2.0
4	123	10	0.5	-0.048	± 2.0	0.024	± 2.0
5	1	100	1	-0.014	± 3.0	-0.074	± 3.0
6	2	100	1	-0.023	± 3.0	-0.040	± 3.0
7	3	100	1	-0.020	± 3.0	-0.039	± 3.0
8	1	100	0.5	-0.031	± 3.0	-0.081	± 3.0
9	2	100	0.5	-0.001	± 3.0	0.010	± 3.0
10	3	100	0.5	0.082	± 3.0	-0.029	± 3.0

OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos están relacionados únicamente al ítem calibrado y descrito en "Antecedentes del Medidor". Los resultados cumplen con la norma IEC 62053-22 (ITEM 8.1 y 8.3). 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 Certificación 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

Figura 9.30 – Certificado de calibración de medidor de Potencia neta



9.4.3 Humedad relativa y Temperatura ambiente

El coordinado contrató a un proveedor externo el servicio de medición de humedad relativa y temperatura ambiente en concordancia a lo estipulado en el Artículo 31 del anexo técnico.

Se presenta a continuación el certificado de calibración del equipo externo instalado.

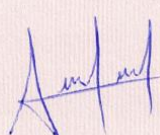
veto PRECISION A SU MEDIDA.		CERTIFICADO DE CALIBRACION LABC-TE-4011 Laboratorio de calibración - Magnitud Humedad Y Temperatura		SISTEMA NACIONAL DE ACREDITACION INN - CHILE Acreditación LC 105	
Guía de Laboratorio: 34284		F-LABC-44 (Rev. 00)		Fecha de Emisión: 03-06-2021	
IDENTIFICACION DEL CLIENTE					
Nombre	: ELEKTRA GENERACION S.A.				
Dirección	: Alcantara # 44, Piso 11 - Las Condes, Santiago				
IDENTIFICACION DEL ÍTEM					
Descripción	: Termohigrómetro				
Marca o fabricante	: CHY				
Modelo	: 820W				
N° de serie	: 200017				
Id. del cliente	: Sin información				
Rango	: 0 a 100 %HR / 0 a 60 °C				
Mínima División de escala	: 0,1 %HR / 0,1 °C				
CONDICIONES DE CALIBRACION					
Fecha de calibración	: 31 de Mayo y 01 de Junio de 2021				
Etiqueta de calibración	: 22415				
Procedimiento de referencia	: P-LABC-15 v.04 / TH.007(E.D.1) ; P-LABC-13 v.04 / TH.007(E.D.1)				
Lugar de calibración	: Laboratorio de calibración Veto y Cía. Ltda.				
CONDICIONES AMBIENTALES					
Temperatura	: (24 ± 1) °C				
Humedad relativa	: (39 ± 2) %HR				
PATRON UTILIZADO					
Descripción	Patrón Humedad		Patrón Temperatura		
Marca	Indicador digital / Sensor		Indicador digital / Sensor		
Modelo	Vaisala		Vaisala		
N° de serie	MI70 / HMP77B		MI70 / HMP77B		
Código interno	N1940016 / N2130593		N1940016 / N2130593		
	HU-PR-04 / HU-PR-05		HU-PR-04 / HU-PR-05		
TRAZABILIDAD DE LA CALIBRACION					
Laboratorio emisor	: LCPN-H		Veto y Cía. Ltda.		
N° de certificado	: H00371		LABC-TE-2907		
Vigencia Patrón	: Agosto 2022		Agosto 2021		
 Alejandro Rojas Campusano Técnico		 Copia Controlada Sello del Laboratorio		 Mauricio Soto Viveros Jefe de Laboratorio	
Laboratorio de Calibración Veto y Cía. Ltda. - San Eugenio # 567, Ñuñoa - F: 56 2 23554438 - www.veto.cl					
Página 1 de 2					

Figura 9.31 – Certificado de calibración medidor de humedad relativa y temperatura ambiente



LABC-TE-4011
Laboratorio de calibración - Magnitud Humedad Y
Temperatura



Guía de Laboratorio: 34284

Fecha de Emisión: 03-06-2021

RESULTADOS

Humedad Relativa

Indicación Patrón	Indicación Ítem	Error de medición	Incertidumbre expandida
%HR	%HR	%HR	%HR
30,9	29,1	-1,8	3,5
50,7	49,8	-0,9	3,5
69,9	69,4	-0,5	3,5

Temperatura Ambiental

Indicación Patrón	Indicación Ítem	Error de medición	Incertidumbre expandida
°C	°C	°C	°C
10,1	10,3	0,2	1,5
24,9	24,8	-0,1	1,5
40,4	40,2	-0,2	1,5

El factor de cobertura utilizado en la estimación de la incertidumbre es de $k=2$ correspondiente a un nivel de confianza del 95%.

Los patrones utilizados en la calibración cuentan con trazabilidad a patrones nacionales, los que a su vez están referidos a patrones primarios los cuales materializan las unidades del Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados de la calibración están referidos al momento y condiciones en las cuales fueron efectuadas las mediciones, y están relacionados solo con el ítem calibrado.

El cliente es responsable de calibrar el instrumento a intervalos que estime apropiados.

Este certificado no puede ser reproducido en forma parcial o total sin la autorización del laboratorio.

FIN DEL CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Copia Controlada



Laboratorio de Calibración Veto y Cía. Ltda. - San Eugenio # 567, Ñuñoa - F: 56 2 23554438 - www.veto.cl

Página 2 de 2

Figura 9.32 – Certificado de calibración medidor de humedad relativa y temperatura ambiente



9.5 Registro manual de datos

Central	Maule				Ide5
Unidad	Todas P. max.				
Estado de carga	6 MW.				
Registro de datos [5 min]					
Hora	Humedad relativa [%]	Temperatura Ambiente [°C]	Presion Barometrica [hpa]	Masa de Combustible [kg]	
19:00	47,9	20,7	999,8		
19:05	49,3	20,3	999,8	:	
19:10	49,8	20,1	999,8		
19:15	51,6	19,5	999,8		
19:20	52,9	19,1	999,8		
19:25	54,5	18,8	999,8		
19:30	55,7	18,3	1000		
19:35	55,5	18,4	1000		
19:40	55,0	18,2	1000		
19:45	55,7	17,8	1000		
19:50	56,8	17,7	1000		
19:55	57,6	17,5	1000		
20:00	58,5	17,3	1000		
				:	:

Figura 9.33 – Registro de datos (Página 1/5)



Central	Maule			2 de 5
Unidad	Todas P. MAX.			
Estado de carga	6 MW			
Registro de datos [5 min]				
Hora	Humedad relativa [%]	Temperatura Ambiente [°C]	Presion Barometrica [hpa]	Masa de Combustible [kg]
20:05	59,3	17,0	1000	
20:10	60,0	16,8	1000	
20:15	61,7	16,4	1000	
20:20	62,2	16,3	1000,2	
20:25	63,6	16,1	1000,2	
20:30	63,9	16,0	1000,2	
20:35	64,9	15,8	1000,2	
20:40	65,6	15,7	1000,2	
20:45	66,5	15,5	1000,2	
20:50	67,2	15,5	1000	
20:55	68,4	15,3	1000	
21:00	69,0	15,2	1000	

Figura 9.34 – Registro de datos (Página 2/5)



Central	MAULE 3 de 5			
Unidad	Toda P. max			
Estado de carga	6 MW			
Registro de datos [5 min]				
Hora	Humedad relativa [%]	Temperatura Ambiente [°C]	Presion Barometrica [hpa]	Masa de Combustible [kg]
21:05	69,3	15,2	1000	
21:10	69,8	15,1	1000	
21:15	70,1	15,1	1000	
21:20	70,6	15,1	1000	
21:25	71,0	15,0	1000	
21:30	71,7	14,9	1000	
21:35	72,1	14,9	1000	
21:40	73,0	14,7	1000	
21:45	73,2	14,7	1000	
21:50	73,5	14,6	1000	
21:55	73,6	14,6	1000	
22:00	74,2	14,4	1000	

Figura 9.35 – Registro de datos (Página 3/5)



Central	Maule 4 de 5			
Unidad	Todas P. MAX.			
Estado de carga	6 MW			
Registro de datos [5 min]				
Hora	Humedad relativa [%]	Temperatura Ambiente [°C]	Presion Barometrica [hpa]	Masa de Combustible [kg]
22:05	74,1	14,5	1000	
22:10	73,9	14,5	1000	
22:15	74,3	14,4	1000	
22:20	74,1	14,4	1000	
22:25	73,9	14,5	1000	
22:30	73,8	14,5	1000	
22:35	73,7	14,5	1000	
22:40	74,1	14,3	1000	
22:45	74,2	14,3	1000	
22:50	74,1	14,3	1000	
22:55	74,0	14,3	1000	
23:00	74,4	14,2	1000	

Figura 9.36 – Registro de datos (Página 4/5)



Central	Maule				Sdes
Unidad	Tolva P. Max.				
Estado de carga	6 MW				
Registro de datos [5 min]					
Hora	Humedad relativa [%]	Temperatura Ambiente [°C]	Presion Barometrica [hpa]	Masa de Combustible [kgr]	
23:05	74,8	14,2	1000		
23:10	75,0	14,2	1000		
23:15	75,5	14,2	1000		
23:20	76,1	14,2	1000		
23:25	76,7	14,2	1000		
23:30	76,8	14,2	1000		
23:35	77,4	14,2	1000		
23:40	78,0	14,1	1000		
23:45	78,8	14,0	1000		
23:50	79,9	14,0	1000		
23:55	80,3	14,0	1000		
00:00	80,5	14,0	1000		
00:05	80,9	14,0	1000		

Figura 9.37 – Registro de datos (Página 5/5)



9.6 Acta de ensayos

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



ACTA DE ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

Fecha	08/03/2022	Empresa	Elektra Generación SA - CT Maule
ID Proyecto	EE-2021-017	Ubicación	Constitución, Chile
N° total de unidades	<i>seis (6) moto-generadores Diesel Caterpillar:</i> • 2 equipos de 2000 kVA marca Caterpillar, modelo 3516 • 3 equipos de 950 kVA marca Caterpillar, modelo 3512 • 1 equipo de 1360 kVA marca Caterpillar, modelo 3512		
Denominación de las unidades bajo pruebas	G11, G16 y G18		

Datos unidad G11

Potencia aparente nominal [kVA]	2000	Corriente de estator nominal [A]	2886.8
Tensión de estator nominal [V]	400	Factor de potencia nominal	0.8
Potencia activa máxima [kW]	1500	Mínimo Técnico [kW]	1120

Datos unidad G16

Potencia aparente nominal [kVA]	950	Corriente de estator nominal [A]	1371.2
Tensión de estator nominal [V]	400	Factor de potencia nominal	0.8
Potencia activa máxima [kW]	750	Mínimo Técnico [kW]	375

Datos unidad G18

Potencia aparente nominal [kVA]	1360	Corriente de estator nominal [A]	1962.9
Tensión de estator nominal [V]	400	Factor de potencia nominal	0.8
Potencia activa máxima [kW]	750	Mínimo Técnico [kW]	500

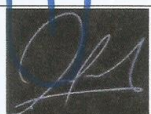
www.estudios-electricos.com

Figura 9.38 – Acta de ensayos (Página 1/4)



ESTUDIOS ELÉCTRICOS
ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

Responsables durante la prueba

Empresa	Nombre	Firmas
Elektra Generación SA (Coordinado)	Alejandro Larenas – Gerente General	
	Rigoberto Ferrer – Operaciones	
Coordinador Eléctrico Nacional	Roberto Moller – Ingeniero del Departamento de Control de la Operación	
	Eduardo González – Ingeniero del Departamento de Control de la Operación	
Estudios Eléctricos	Federico García – Experto Técnico	

Datos de la prueba

Estado previo de las unidades	Detenidas	Arranque de la primera unidad (fecha-hora)	08/03/2022 18:30 Hs
Inicio del período de estabilización	18:45 Hs	Fin del período de estabilización	19:00 Hs
Inicio del período de prueba Potencia Máxima	19:00 Hs	Fin del período de prueba Potencia Máxima	09/03/2022 00:00 Hs
Protocolo aplicable	EE-EN-2021-1351-Rev B	Desvíos del protocolo	Si.

www.estudios-electricos.com

Figura 9.39 – Acta de ensayos (Página 2/4)



ESTUDIOS ELECTRICOS
ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

Instrumental

Magnitud	Descripción de equipos y punto de conexión
Potencia Neta	ION 8600 - N° Serie: PT-0807A491-01. Instalado en la misma ubicación que el equipo compacto de medida de planta utilizando TC y TP clase 0.3
Potencia Bruta y FP Unidad G11	ION 8650 - N° Serie: MW-1210A672-01. Conectado a TTCC externos clase 0.5, relación de transformación 4000/5 y la medición de tensión se realiza directo sobre la barra de 400 V.
Potencia Bruta y FP Unidad G16	ION 8650 - N° Serie: MW-1311A373-01. Conectado a TTCC externos clase 0.5, relación de transformación 3000/5 y la medición de tensión se realiza directo sobre la barra de 400 V.
Potencia Bruta y FP Unidad G18	ION 8600 - N° Serie: PT-0901A120-01. Conectado a TTCC externos clase 0.5, relación de transformación 3000/5 y la medición de tensión se realiza directo sobre la barra de 400 V.
Potencia SSAA	No se mide.
Humedad relativa y temperatura ambiente	CHY 820W - N° Serie: 200017. Estación meteorológica externa instalada en planta.

Valores preliminares

En la siguiente tabla se presentan los valores promedio sin corrección de la potencia bruta de las unidades bajo pruebas y de la potencia neta de la central obtenidos durante el desarrollo de las pruebas de potencia máxima:

Período	1	2	3	4	5
Unidad G11 P.Bruta [kW]	1500.85	1502.97	1503.76	1503.62	1501.19
Unidad G16 P.Bruta [kW]	771.12	771.12	771.27	771.26	771.7
Unidad G18 P.Bruta [kW]	801.48	801.78	801.25	800.93	800.81
P. Neta [kW]	5980.37	5979.65	5976.4	5972.75	5974.82

Para el mismo período la temperatura ambiente experimento una variación entre 20°C y 14°C.

www.estudios-electricos.com

Figura 9.40 – Acta de ensayos (Página 3/4)



ESTUDIOS ELECTRICOS
ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

Observaciones

Desvíos del protocolo:

- Factor de potencia: En operación normal las unidades siempre operan con factor de potencia igual a uno ($FP=1$). La consigna de factor de potencia no puede ser modificada, por lo que no fue posible consignar $FP = 0.95$ como lo exige el Anexo Técnico. Por lo tanto, todas las pruebas se realizaron con factor de potencia igual a uno.
- Elektragen informa que Tecnoled reemplazó el medidor de potencia bruta ubicado en la unidad G18 por presentar problemas de funcionamiento. El mismo fue reemplazado por el medidor ION 8600 (N° Serie: PT-0901A120-01) y cumple con las exigencias requeridas y certificado de calibración vigente.

Desarrollo de la prueba: La prueba de Potencia Máxima se realizó con todas las unidades de Central Maule operando de forma simultánea. Para el registro de la potencia bruta se seleccionaron 3 unidades (G11, G16 y G18). Todas las unidades logran controlar en forma estable su potencia en bornes desde la sincronización hasta el fin de la prueba. En total se registraron 5 horas en condiciones de potencia máxima luego de finalizado el período de estabilización. Durante el desarrollo de las pruebas las unidades se operaron a máxima potencia con factor de potencia igual a uno. Los datos de temperatura ambiente, humedad relativa y presión barométrica fueron tomados en forma manual cada 5 minutos.

Estabilidad durante las pruebas: Se observó operación estable de todas las unidades. El análisis preciso de la estabilidad en todas las variables establecidas será realizado en el informe final.

Comentarios: Se verificó sincronización horaria. Los medidores de potencia neta y bruta se encuentran sincronizados. Se verificó correcta tasa de muestreo de 1 segundo de todos los medidores.

Elektragen entregó la totalidad de los registros digitales y manuales de esta prueba. La entrega se compone de tres fuentes de archivos distintas: registros de medición de Potencia neta, registros de medición de Potencia bruta de cada unidad bajo prueba, y planillas con el registro manual cada 5 minutos de los datos de temperatura ambiente, humedad relativa y presión barométrica.

Queda pendiente de entrega por parte de Elektragen los resultados del análisis de combustible utilizado para ser anexado al informe final.

Conclusiones: Se verificó con éxito que todas las unidades de Central Maule pueden operar a máxima potencia por un período superior a las 5 horas requeridas en el Anexo Técnico. Se obtuvieron los datos necesarios para realizar el cálculo formal del valor de Potencia Máxima.

www.estudios-electricos.com

Figura 9.41 – Acta de ensayos (Página 4/4)



9.7 Análisis de combustible

INFORME DE LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD

Camino Melipilla 11920, Santiago

1 / 1



MUESTRA ESPECIAL DIESEL

Procedencia Muestra:	Planta Chillan	Fecha Obtención:	08/03/2022
Tipo de Control:		Fecha Recepción:	10/03/2022
Tipo de Muestra:	Fondo	Fecha Informe:	08/04/2022
N° Informe:	63664	N° Estanque:	
Lote de Inspeccion SAP:	890000154203	Volumen m3:	
Lote de Inspeccion Starlims:	C00063664	Versión Certificado:	1

ENSAYO	METODO	ESPECIFICACIONES		RESULTADO	UNIDAD
		MIN	MAX		
Apariencia	VISUAL			Limpio/Seco	
API 60°F/60°F	D 4052			37,4	
Densidad a 15°C	D 4052	0,82	0,85	0,8376	Kg/Lts
Azufre (S)	D 5453		15	9,2	ppm
Curva de Destilación					
IBP	D 86			166,8	°C
10%	D 86			205,1	°C
50%	D 86			272,2	°C
90%	D 86	282	350	338,3	°C
EP	D 86			365,5	°C
Residuo	D 86			1,8	%
Pérdida	D 86			0,5	%
Recogido	D 86			97,7	%
Índice de Cetano Calculado	D 976			52,5	
Punto de Inflamación Copa Cerrada	D 93	52		65,0	°C
Agua y Sedimento	D 2709		0,05	<0,01	%v
CALORSUP	D 4868			45,7	MJ/kg
CALORINF	D 4868			42,9	MJ/kg

*** Fin de los Resultados ***

OBSERVACIONES

- Muestra cumple especificaciones. Muestra cumple especificaciones en parametros medidos. Elektra generacion Tk-2
- * :Resultados de análisis acreditados según Norma ISO 17025.

Lino Vallejos I.
Laboratorio Central de Combustibles
COPEC S.A.

El servicio de Control de Calidad de Muestras de Combustibles y Aditivo ha sido ejecutado bajo los controles establecidos por un Sistema de Gestión de Calidad aprobado por Bureau Veritas Certification conforme con ISO 9001 2015.
La muestra es proporcionada por el cliente.
El presente informe solo se puede reproducir en forma total.

Figura 9.42 – Análisis de combustible

9.8 Registro fotográfico

A continuación, se muestran imágenes de los equipos de medición externos.

9.8.1 Potencia neta



Figura 9.43 – Medidor de potencia neta



9.8.2 Potencia bruta/FP

Unidad G11

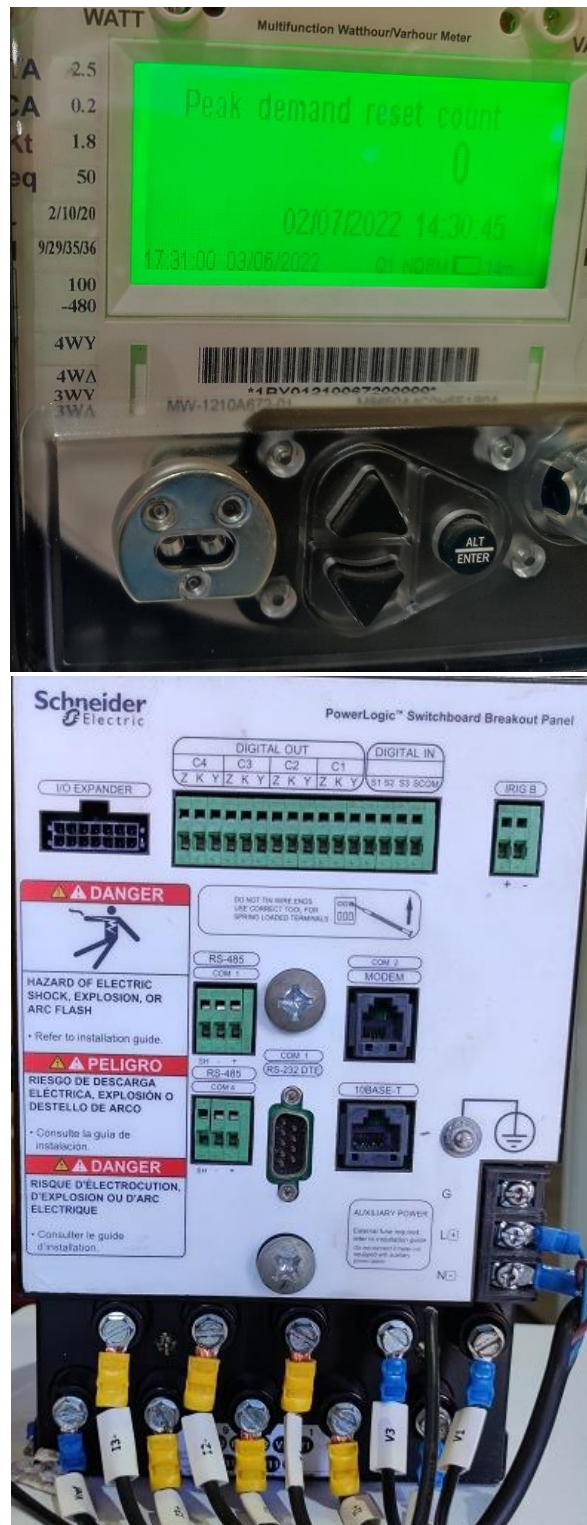


Figura 9.44 – Medidor de potencia bruta/FP unidad G11



Unidad G16



Figura 9.45 – Medidor de potencia bruta/FP unidad G16



Unidad G18

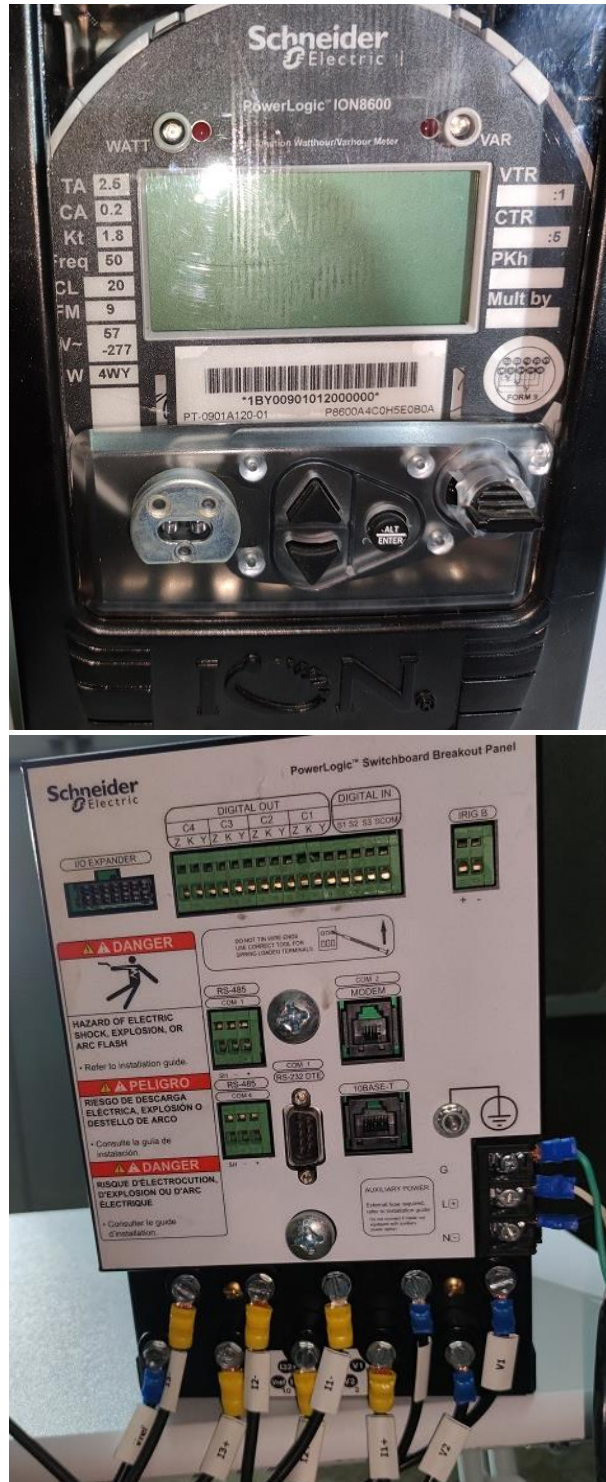


Figura 9.46 – Medidor de potencia bruta/FP unidad G18



Conexión TTCC externo

Se presentan las imágenes de las conexiones en las unidades

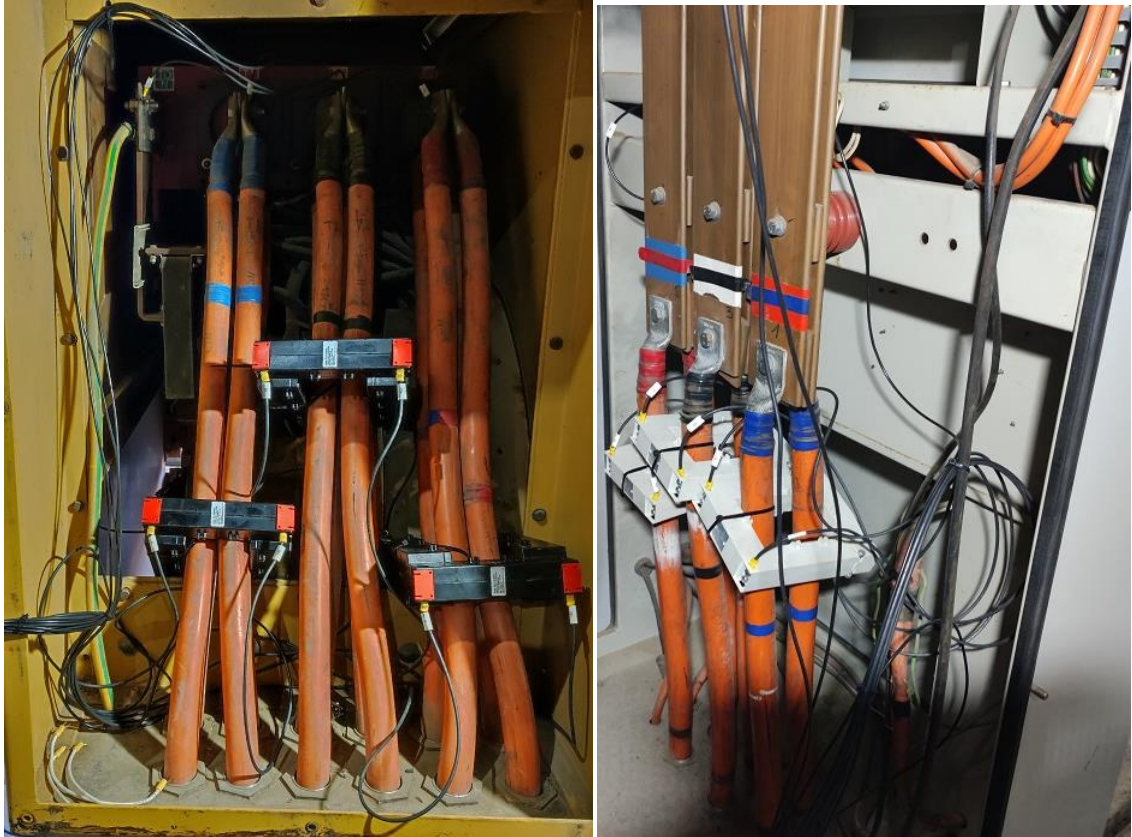


Figura 9.47 – Conexión TTCC externos (Unidad G11 y G16)



Figura 9.48 – Conexión TTCC externos (Unidad G18)



9.8.3 Estación meteorológica



Figura 9.49 – Estación meteorológica



Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco