



**hlm**  
Ingenieros & Consultores  
Asociados S.A.C.

09 de enero del 2024

# COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL

INFORME TÉCNICO DE LA PRUEBA  
DE POTENCIA MÁXIMA DE LA  
UNIDAD GEO CERRO PABELLÓN  
Geotérmica

**HLM36 - CGCP-002-INF-002**

CLIENTE:



ESTUDIO:

**PRUEBA DE POTENCIA MÁXIMA DE LA  
UNIDAD GEO CERRO PABELLÓN U1**  
Geotérmica

TITULO:

**INFORME TÉCNICO**

DOCUMENTO:

**HLM036 - CGCP-002-INF-002**

REVISIÓN GENERAL

FECHA: 09/01/2024

ELABORADO POR:

**BRIAN RODRIGUEZ BENITES**

REVISADO POR:

**BRIAN RODRIGUEZ BENITES / MARCO QUISPE CARDENAS**

APROBADO POR:

**MARCO QUISPE CARDENAS**



MARCO BASILIO  
QUISPE CARDENAS  
Ingeniero Mecánico Electricista  
CIP N° 235415

## ÍNDICE |

<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>4</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>2. OBJETIVO .....</b>	<b>5</b>
<b>3. CONTENIDO .....</b>	<b>5</b>
<b>4. DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL.....</b>	<b>6</b>
4.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS UNIDADES DE GENERACIÓN.....	6
<b>5. DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA .....</b>	<b>7</b>
5.1. PROGRAMA Y DURACIÓN DE LA PRUEBA .....	7
5.2. PARTICIPANTES DE LA PRUEBA .....	7
5.3. UBICACIÓN DE PUNTOS DE MEDICIÓN .....	8
5.4. VARIABLES Y MAGNITUDES A MEDIR.....	9
5.4.1. VARIABLES PRIMARIAS.....	9
5.4.2. VARIABLES SECUNDARIAS.....	10
5.5. EQUIPOS DE MEDICIÓN UTILIZADOS.....	10
<b>6. EJECUCIÓN DE LA PRUEBA PMÁX .....</b>	<b>11</b>
6.1. ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRUEBA PMÁX.....	11
6.2. EJECUCIÓN DE LA PRUEBA PMÁX.....	11
<b>7. CONDICIONES DE REFERENCIA Y DE SITIO .....</b>	<b>12</b>
<b>8. VALIDACIÓN DE VARIABLES MEDIDAS .....</b>	<b>12</b>
<b>9. METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE POTENCIA MÁXIMA .....</b>	<b>13</b>
9.1. VALIDACIÓN DE DATOS .....	13
9.2. CÁLCULO DE LA POTENCIA BRUTA MÁXIMA.....	13
9.2.1. CÁLCULO DE LA POTENCIA BRUTA MÁXIMA MEDIDA ( $PBM_{M,TV}$ ) .....	13
9.2.2. CÁLCULO DE LA POTENCIA BRUTA MÁXIMA CORREGIDA ( $PBM_{C,TV}$ ).....	13
9.3. CÁLCULO DE LA POTENCIA NETA MÁXIMA .....	15
9.3.1. RESULTADO DE LA POTENCIA NETA MÁXIMA MEDIDA ( $PNM_{M,TV}$ ) .....	15
9.3.2. CÁLCULO DE LA POTENCIA NETA MÁXIMA CORREGIDA ( $PNM_{C,TV}$ ) .....	15
<b>10.METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE INCERTIDUMBRE DE LA PRUEBA.....</b>	<b>16</b>
10.1. CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE DE LA PRUEBA .....	16
10.1.1. CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE SISTEMÁTICA.....	16
10.1.2. CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE ALEATORIA .....	17
<b>11.RESULTADOS DE LA PRUEBA .....</b>	<b>18</b>
11.1. RESULTADOS PARCIALES DE LA PRUEBA DE POTENCIA MÁXIMA .....	18
11.2. RESULTADO DE INCERTIDUMBRE .....	19
11.3. RESULTADO DE LA PRUEBA DE POTENCIA MÁXIMA .....	20
<b>12.ANEXOS.....</b>	<b>21</b>
ANEXO 1: Acta de Prueba PMáx GEO Cerro Pabellón U1.	
ANEXO 2: Cuadro de Cálculos y Resultados.	
ANEXO 3: Protocolo de Pruebas.	
ANEXO 4: Certificados de Equipos de Medición.	

## RESUMEN EJECUTIVO

HLM Ingenieros & Consultores Asociados S.A.C., por encargo del COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL y en conformidad con el ANEXO TÉCNICO: "Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras", ha elaborado el presente Informe Técnico de las Pruebas de Potencia Máxima de la Unidad GEO Cerro Pabellón U1.

Este informe, se elabora en base a la información obtenida en las pruebas realizadas, en la Unidad de Generación, el **viernes 15 de diciembre del 2023**.

### C.G. Cerro Pabellón

La Central Geotérmica Cerro Pabellón se encuentra ubicado en la comuna de Ollagüe, Región de Antofagasta, Chile.

Cuadro 1: Unidades de Generación de la C.G. Cerro Pabellón

Central Geotérmica	Unidad de Generación	Tipo	Combustible
Cerro Pabellón	U1	Turbina de Vapor	Geotérmico
	U2	Turbina de Vapor	Geotérmico
	U3	Turbina de Vapor	Geotérmico

### Condiciones de Referencia y de Sitio

Para los cálculos de la Potencia Máxima, se ha considerado las siguientes condiciones de referencia y de sitio.

Cuadro 2: Condiciones de Referencia y de Sitio

Parámetro	Condiciones de Referencia	Condiciones de Sitio
Temperatura Ambiente	2,00 °C	2,00 °C
Factor de Potencia	0,80	0,95

### Resultados de Potencia Máxima

De acuerdo a la **METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE POTENCIA MÁXIMA**, se muestran los resultados de Potencia Máxima de la Unidad GEO Cerro Pabellón U1.

Cuadro 4: Resultados de la Prueba de Potencia Máxima de la Unidad de Generación GEO Cerro Pabellón

Item	Potencia Bruta Medida (kW)	Potencia Bruta Corregida (kW)	Potencia Neta Medida (kW)	Potencia Neta Corregida (kW)	Potencia Máxima Corregida (kW)	Servicios Auxiliares Totales (kW)
GEO Cerro Pabellón U1	23 519,54	29 871,25	20 816,52	27 168,23	<b>29871,25 ± 920,11</b>	2 703,02 [2416,64 (SSAA Propios) + 286,37 (Pérd. Transf.)]

# INFORME TÉCNICO DE LA PRUEBA DE POTENCIA MÁXIMA DE LA UNIDAD GEO CERRO PABELLÓN U1

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente documento describe las tareas previas, ensayos y cálculos realizados para obtener los valores de Potencia Máxima de la Unidad GEO Cerro Pabellón U1 en base a los términos establecidos en el *Anexo Técnico “Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras”*.

Con la finalidad de cumplir con este requerimiento y de acuerdo al artículo 10 del Anexo Técnico, la empresa **HLM Ingenieros & Consultores Asociados S.A.C.** fue designada para ejecutar la Prueba de Potencia Máxima (**PM<sub>áx</sub>**) correspondiente a la **Unidad GEO Cerro Pabellón U1**, llevándose a cabo el **viernes 15 de diciembre del 2023**.

## 2. OBJETIVO

El presente **Informe Técnico de la Prueba de Potencia Máxima**, tiene el objetivo de presentar los resultados del ensayo y determinar la Potencia Máxima de la **Unidad GEO Cerro Pabellón U1**.

## 3. CONTENIDO

El contenido de este documento considera:

- a) La descripción de la central y las especificaciones técnicas de sus Unidades de Generación.
- b) Las variables primarias y secundarias.
- c) Las pautas que se cumplieron durante la ejecución del PM<sub>áx</sub>.
- d) La descripción del desarrollo del PM<sub>áx</sub>.
- e) El programa de pruebas.
- f) Otros aspectos que se consideran necesarios para la ejecución del PM<sub>áx</sub>.
- g) Cálculo y determinación de la potencia máxima de la unidad de generación de acuerdo con los alcances que se especifican en el Anexo Técnico.

## 4. DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL

La **Central Geotérmica Cerro Pabellón** se encuentra ubicado en la comuna de Ollagüe de Antofagasta, Chile.

### 4.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS UNIDADES DE GENERACIÓN

La **Central GEO Cerro Pabellón** está compuesta por tres Turbina de Vapor.

Las especificaciones técnicas de las Unidades de Generación, se indica a continuación:

#### ■ Especificaciones Técnicas de la Turbina

Las especificaciones técnicas de la **turbina** se muestran en el siguiente **Cuadro 4-1**:

**Cuadro 4-1:** Especificaciones Técnicas de la GEO Cerro Pabellón

Descripción		OEC1	OEC2	OEC3
Marca		Ormat	Ormat	Ormat
Fecha de Entrada en Operación	Fecha	31-05-2019	31-05-2019	31-12-2022
Potencia Máxima	MW	29,83	28,29	36,72
Potencia Mínima	MW	5,00	4,50	0,00
Tensión Nominal	kV	9,5	9,5	9,5
Factor de Potencia	-	0,85	0,85	0,85
Velocidad de Rotación de la Turbina	RPM	1500	1500	1500

## 5. DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA

En el siguiente capítulo, se detalla la ejecución de la Prueba **PM<sub>áx</sub>** de la Unidad GEO Cerro Pabellón U1.

### 5.1. PROGRAMA Y DURACIÓN DE LA PRUEBA

La Prueba de Potencia Máxima realizado a la **Unidad GEO Cerro Pabellón U1**, se llevó a cabo el **viernes 15 de diciembre del 2023**, se desarrolló de acuerdo lo que se muestra en el siguiente **Cuadro 5-1**.

**Cuadro 5-1:** Programa de la Prueba PM<sub>áx</sub> de la Unidad GEO Cerro Pabellón U1

PROGRAMA DE ENSAYO						
Unidad de Generación	Fecha	Inicio	Fin	Duración	Actividad	Potencia (kW)
<b>GEO Cerro Pabellón U1</b>	<b>15-12-2023</b>	13:00	13:30	00:30	Periodo de estabilización previo a la Prueba PM <sub>áx</sub> .	
		13:30	18:30	05:00	<b>Prueba a Potencia Máxima.</b>	<b>25 360</b>
		18:30			Fin de la Prueba PM <sub>áx</sub> .	

**Cuadro 5-2:** Duración y Frecuencia de la Prueba PM<sub>áx</sub> de la Unidad GEO Cerro Pabellón U1

Unidad de Generación	Item	Carga (kW)	Duración (Horas)	Frecuencia de Registro de Datos
<b>GEO Cerro Pabellón U1</b>	Prueba a Potencia Máxima.	12 000	05:00	1 min.

### 5.2. PARTICIPANTES DE LA PRUEBA

La Prueba de Potencia Máxima se realizó con la presencia de los siguientes participantes:

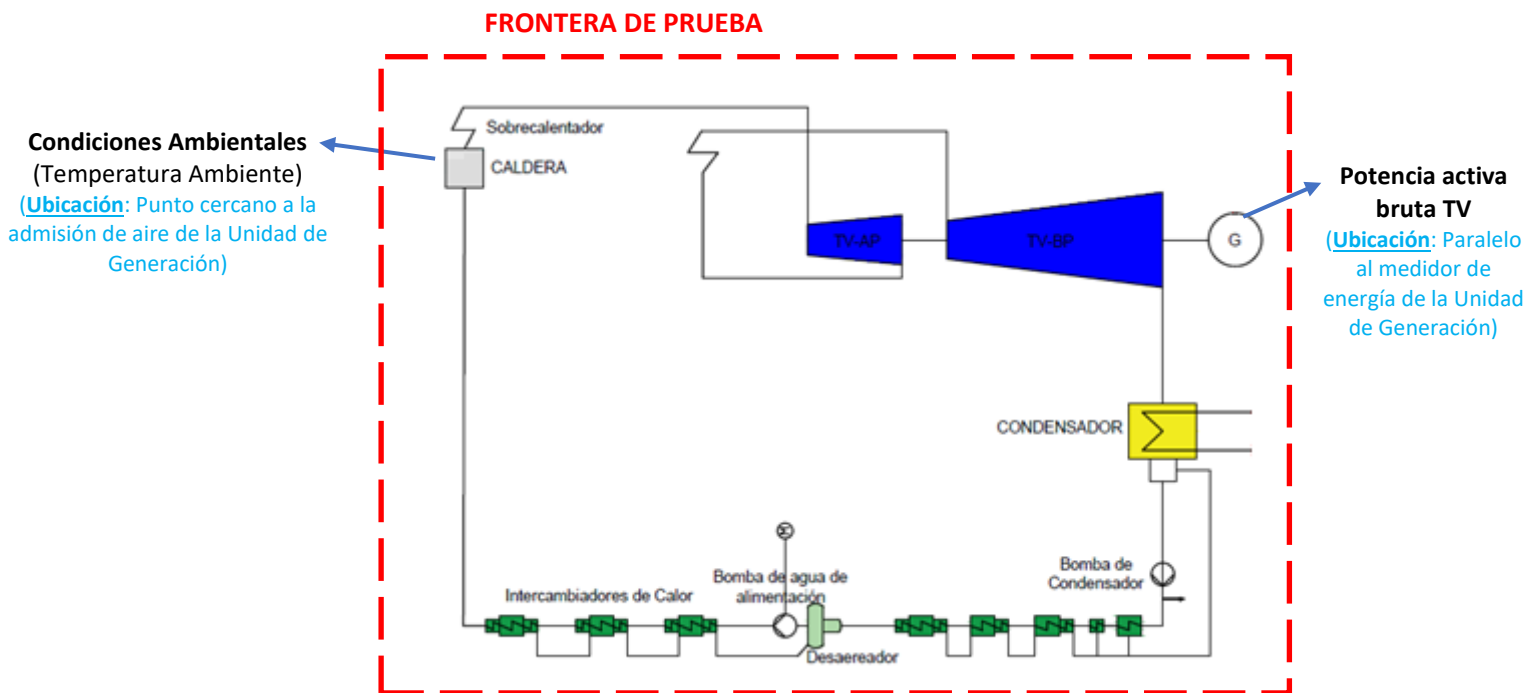
- Representante de la Empresa Generadora.**
- Representante de la Empresa Consultora**, el Experto Técnico acompañado de su Equipo Clave.
- Representante del Coordinador Eléctrico Nacional**, ingenieros del Departamento de Centro de Control.

**Figura 5-1:** Participantes de la Prueba PM<sub>áx</sub>

<b>Representante de la Empresa Generadora</b>  Carlos Riquelme	<b>Representante de la Empresa Consultora (Experto Técnico)</b>  Marco Quispe C.	<b>Representante del Coordinador Eléctrico Nacional</b>  Eduardo Gonzales V.
--	--	--

### 5.3. UBICACIÓN DE PUNTOS DE MEDICIÓN

Figura 5-2: Ubicación de Puntos de Medición de la Unidad GEO Cerro Pabellón U1



Para la obtención de los resultados corregidos, acorde con la frontera de prueba graficado anteriormente se requiere las siguientes mediciones:

- Temperatura ambiente.
- Potencia de salida del generador (Potencia Activa Bruta) de la Turbina de Vapor.

Así mismo, se medirá:

- Potencia de entrega al Sistema Interconectado (Potencia Activa Neta) de la Turbina de Vapor.



## 5.4. VARIABLES Y MAGNITUDES A MEDIR

Durante la ejecución de la Prueba PM<sub>Áx</sub> de la Unidad GEO Cerro Pabellón U1, se monitoreó y registró las siguientes listas de **variables primarias y secundarias**.

### 5.4.1. VARIABLES PRIMARIAS

Durante la ejecución de la Prueba PM<sub>Áx</sub>, se monitoreó y registró las variables primarias que se muestran en el siguiente **Cuadro 5-3**:

**Cuadro 5-3:** Lista de Variables Primarias de la Unidad GEO Cerro Pabellón U1

Ítem	Descripción	Unidades
<b>Variables Ambientales</b>		
1	Temperatura ambiente	°C
<b>Variables Eléctricas</b>		
2	Potencia activa bruta	kW
3	Potencia reactiva bruta	kVAR
4	Factor de potencia bruta	-
5	Potencia activa neta	kW
6	Potencia reactiva neta	kVAR
7	Factor de potencia neta	-

Estas variables son las que utilizaron en los cálculos para la determinación de la Potencia Máxima de la **Unidad GEO Cerro Pabellón U1**.

Todas estas variables primarias cuentan con certificados de calibración o contrastación vigente, con una antigüedad no mayor a la indicada en el mismo certificado o en su defecto 1 año.

## 5.4.2. VARIABLES SECUNDARIAS

Para el caso de las variables secundarias, se monitoreó y registró las variables secundarias que se muestran en el siguiente **Cuadro 5-4**:

**Cuadro 5-4:** Lista de Variables Secundarias de la Unidad GEO Cerro Pabellón U1

Ítem	Descripción	Unidades
1	Velocidad de rotor	RPM
2	Tensión	kV
3	Frecuencia	Hz
4	Consumo propios	kW
5	Temperatura y presión de vapor sobrecalentado	°C / bar
6	Presión de extracciones de vapor de turbina	bar
7	Presión de vapor de entrada al condensador	bar
8	Temperatura del agua de enfriamiento ingreso condesador	°C
9	Temperatura y presión del vapor recalentado caliente	°C / bar
10	Flujo de agua de refrigeración	ton/h
11	Temperatura de agua de refrigeración	°C
12	Presión en el condesador	bar

Las variables secundarias no se utilizan en los cálculos para la determinación de la Potencia Máxima de la **Unidad GEO Cerro Pabellón U1**.

Sin embargo, estas variables sirven para verificar las condiciones de estabilidad de la Unidad de Generación durante el PMáx; por tal motivo, no se tienen la exigencia de contar con certificados de calibración o contrastación.

## 5.5. EQUIPOS DE MEDICIÓN UTILIZADOS

Durante la ejecución de la Prueba PMáx de la **Unidad GEO Cerro Pabellón U1**, se monitorearon y registraron las variables primarias y secundarias con los siguientes instrumentos de medición:

- Potencia Activa Bruta de la Unidad de Generación (kW)**, fue monitoreada y registrada con el medidor marca Schneider Electric, modelo M8650A4C0H5E1B0A, serie MW-1704A383-02.
- Condiciones Ambientales – Temperatura Ambiente (°C)**, fue monitoreada y registrada con un sistema termométrico digital con sensor RTD marca LIMATHEM, modelo 34-600, serie S/l.
- Variables Secundarias**, fue monitoreada y registrada con los equipos fijos de las Unidad de Generación.

## 6. EJECUCIÓN DE LA PRUEBA PMÁX

Para la ejecución de la Prueba **PMáx de la Unidad GEO Cerro Pabellón U1**, se realizaron las siguientes actividades.

### 6.1. ACTIVIDADES PREVIAS A LA PRUEBA PMÁX

Previo a la realización de la Prueba PMáx, se desarrollaron actividades previas con la finalidad de tener la Unidad de Generación preparada para la Prueba PMáx, los equipos de medición instalados y verificados; y los participantes involucrados en la Prueba PMáx, debidamente capacitados.

Asimismo, la Empresa Generadora, durante el desarrollo de la Prueba PMáx, operó la Unidad de Generación en condiciones normales y estable.

Para ello, el Experto Técnico, el Representante de la Empresa Generadora y el veedor del Coordinador Eléctrico Nacional realizaron las siguientes actividades previas:

- a) **Prueba de comunicaciones de la Unidad de Generación**, días previos a la ejecución de la Prueba PMáx, el Experto Técnico, el representante de la Empresa Generadora y el coordinador de prueba del Coordinador Eléctrico Nacional realizaron la prueba de comunicación de la Unidad de Generación, en donde se identificó y verificó las señales de las variables a monitorear durante la Prueba PMáx de la Unidad de Generación.
- b) **Verificación de la Unidad de Generación**, el Experto Técnico verificó que la Unidad de Generación se encuentre operativo y disponible para ejecutar la Prueba PMáx.
- c) **Verificación de los Equipos de Medición**, el Experto Técnico verificó los equipos de medición encargados de registrar y monitorear todas las variables primarias.
- d) **Difusión del Protocolo de Pruebas**, el Experto Técnico difundió el protocolo de pruebas a todos los participantes involucrados en el desarrollo de la Prueba PMáx, con la finalidad de dar a conocer los alcances y objetivos del Prueba PMáx; así mismo, se asignará responsabilidades al personal de la central y al equipo clave del Experto Técnico.

### 6.2. EJECUCIÓN DE LA PRUEBA PMÁX

Durante la ejecución de la Prueba PMáx, se desarrollaron las siguientes actividades:

- a) La Prueba PMáx de la Unidad de Generación se inició cuando alcanzó su estado estable de operación de acuerdo a la experiencia del Jefe de Planta.
- b) Las Variables Primarias medidas durante la Prueba PMáx, son las indicadas en el **Cuadro 5-3**.
- c) Las Variables Secundarias, medidas para la verificación de las condiciones de estabilidad durante la Prueba PMáx, son las indicadas en el **Cuadro 5-4**:

## 7. CONDICIONES DE REFERENCIA Y DE SITIO

De acuerdo al artículo 34 de la Anexo Técnico, la Potencia Máxima bruta determinada en la prueba correspondiente, podrá ser corregida a fin de homologarla con los valores de referencia para los cuales fue calculada la potencia original de garantía.

Para ello se hace uso de las Curvas de Corrección de la **Unidad GEO Cerro Pabellón U1**, provista por el fabricante.

Las condiciones de referencia y de sitio a las cuales hay que corregir Potencia Bruta Máxima Medido son los que se indican en el siguiente **Cuadro 7-1**.

**Cuadro 7-1:** Condiciones de Referencia y de Sitio de la Unidad GEO Cerro Pabellón U1

Parámetro	Condiciones de Referencia	Condiciones de Sitio
Temperatura Ambiente	2,00 °C	2,00 °C
Factor de Potencia	0,80	0,95

## 8. VALIDACIÓN DE VARIABLES MEDIDAS

La validación se realiza con el fin de verificar la operación en régimen estable de la Unidad de Generación.

Para ello, las fluctuaciones máximas permitidas de las Variables Primarias y Secundarias son las que se indica en el **Cuadro 8-1**.

**Cuadro 8-1:** Condiciones de estabilidad para la Unidad GEO Cerro Pabellón U1

Parámetro	Máxima fluctuación respecto al valor promedio (Desviación Estándar)
Potencia eléctrica	± 4.0 %
Presión de vapor vivo	± 3 % de la presión absoluta
Temperatura de vapor vivo	± 16 K
Presión de extracción	± 5 %
Temperatura de agua precalentada	± 6 K
Presión de descarga (condensación)	± 0.34 kPa
Voltaje	± 5 %
Factor de potencia	± 2 %
Velocidad de rotación	± 5 %

Norma de Referencia: ASME PTC 6-2004

## 9. METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE POTENCIA MÁXIMA

El cálculo de la Potencia Máxima de la **Unidad GEO Cerro Pabellón U1** se realizó aplicando las correcciones indicadas en curvas de corrección proporcionadas por el fabricante.

### 9.1. VALIDACIÓN DE DATOS

Las mediciones de las Variables Primarias, cuyos datos registrados se encuentren fuera de los rangos de fluctuación indicados en el **Cuadro 8-1** de este protocolo serán eliminados. Respecto a los datos que serán eliminados, se debe condicionar la prueba a la estabilidad exigida, solo se aceptará eliminar datos fuera de este rango por errores del instrumento o peak de lectura no atribuibles al sistema de control u operación normal de la unidad.

Las mediciones válidas serán todas las mediciones efectuadas menos las mediciones eliminadas.

### 9.2. CÁLCULO DE LA POTENCIA BRUTA MÁXIMA

#### 9.2.1. CÁLCULO DE LA POTENCIA BRUTA MÁXIMA MEDIDA ( $PBM_{M,TV}$ )

Para los datos validados se determinará la potencia bruta máxima considerando igual al promedio horario de la potencia bruta medida en los bornes del generador, donde cada promedio horario, es a su vez el promedio de mediciones de potencia tomadas cada 1 minuto.

$$PBM_{M,TV} = \frac{\sum_{i=1}^n PBM_{M,TV_i}}{n}$$

#### 9.2.2. CÁLCULO DE LA POTENCIA BRUTA MÁXIMA CORREGIDA ( $PBM_{C,TV}$ )

Para calcular el valor de Potencia Bruta Máxima Corregida, esta deberá ser ajustada por medio de la aplicación de factores de corrección multiplicativos. Para ello se aplicará la siguiente formula:

$$PBM_{C,TV} = \frac{PBM_{M,TV} + \Delta_1}{\alpha_1}$$

Donde:

- $PBM_{C,TV}$  : Potencia Bruta Máxima Corregida, kW.
- $PBM_{M,TV}$  : Potencia Bruta Máxima Medida, kW.
- $\alpha_1$  : Factor de Corrección por Temperatura Ambiente.
- $\Delta_1$  : Factor de Corrección por Factor de Potencia.

Según la norma ASME PTC 46, el factor de corrección  $\alpha_1$  se obtiene de la curva de corrección y es el resultado de dividir el factor de corrección de las condiciones de prueba a condiciones de sitio entre el factor de corrección de las condiciones de referencia a las condiciones de sitio; así por ejemplo el **factor de corrección por temperatura ambiente** se deduce de la siguiente manera:

$$\alpha_1 = \frac{\alpha_{1a}}{\alpha_{1b}}$$

Donde:

- $\alpha_1$  : Factor de Corrección por Temperatura Ambiente.
- $\alpha_{1a}$  : Factor de Corrección por Temperatura Ambiente de las condiciones de pruebas a las condiciones de sitio.
- $\alpha_{1b}$  : Factor de Corrección por Temperatura Ambiente de las condiciones de referencia a las condiciones de sitio.

Y, para, el **factor de corrección por factor de potencia** ( $\Delta_1$ ) se deduce de la siguiente manera:

$$\Delta_1 = \Delta_{1a} - \Delta_{1b}$$

Donde:

- $\Delta_1$  : Factor de Corrección por Factor de Potencia.
- $\Delta_{1a}$  : Factor de Corrección por Factor de Potencia a las condiciones de pruebas.
- $\Delta_{1b}$  : Factor de Corrección por Factor de Potencia a las condiciones de referencia (FDP = 0.95).

### 9.3. CÁLCULO DE LA POTENCIA NETA MÁXIMA

#### 9.3.1. RESULTADO DE LA POTENCIA NETA MÁXIMA MEDIDA ( $PNM_{M,TV}$ )

Se determinará la potencia neta máxima considerando igual al promedio horario de la potencia neta medida en la subestación, donde cada promedio horario, es a su vez el promedio de mediciones de potencia tomadas cada 5 minutos.

$$PNM_{M,TV} = \frac{\sum_{i=1}^n PNM_{M,TV_i}}{n}$$

#### 9.3.2. CÁLCULO DE LA POTENCIA NETA MÁXIMA CORREGIDA ( $PNM_{C,TV}$ )

Para calcular el valor de Potencia Neta Máxima Corregida, se aplicará la siguiente formula:

$$PNM_{C,TV} = PBM_{C,TV} - SSAA_{TV}$$

Donde:

- $PNM_{C,TV}$  : Potencia Neta Máxima Corregida, kW.
- $PBM_{C,TV}$  : Potencia Bruta Máxima Corregida, kW.
- $SSAA_{TV}$  : Servicios Auxiliares Totales, kW.

Siendo:

$$SSAA_{TV} = PBM_{M,TV} - PNM_{M,TV}$$

- $SSAA_{TV}$  : Servicios Auxiliares Totales, kW.
- $PBM_{M,TV}$  : Potencia Bruta Máxima Medida, kW.
- $PNM_{M,TV}$  : Potencia Neta Máxima Medida, kW

## 10. METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE INCERTIDUMBRE DE LA PRUEBA

La incertidumbre de la prueba, es un cálculo matemático que calcula con una confianza específica, el rango dentro del cual se encuentra los resultados reales. Los niveles de incertidumbre que se pueden lograr a partir de pruebas de conformidad con la Norma PTC 22 dependen del tipo de central, la complejidad del diseño específico y la consistencia de la operación durante la prueba. Para la unidad que estamos evaluando en el modo de ciclo combinado esta Norma muestra que la incertidumbre más grande deseada es igual a 0.8%.

### 10.1. CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE DE LA PRUEBA

El cálculo de la incertidumbre total de una prueba, así como la composición de la incertidumbre sistemática y aleatoria, e obtendrán de la siguiente expresión:

$$U_{95} = \sqrt{B_R^2 + (t \cdot S_R)^2}$$

Donde el primer término corresponde a la contribución de la incertidumbre sistemática y el segundo, a la del azar.

Tomando un intervalo de confianza de 95%, con un número de lecturas de cada medición arriba de 20 la expresión puede transformarse en:

$$U_{95} = 2 \sqrt{\left(\frac{B_R}{2}\right)^2 + (t \cdot S_R)^2}$$

Las incertidumbres se expresan en %.

#### 10.1.1. CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE SISTEMÁTICA

La incertidumbre sistemática se calcula con la siguiente expresión:

$$B_R = \sqrt{\sum_i (\theta_i \cdot B_{\bar{p}_i})^2}$$

Donde:

- $B_R$  : Incertidumbre sistemática total, %.
- $\theta_i$  : Coeficiente de sensibilidad % / %.
- $B_{\bar{p}_i}$  : Incertidumbre sistemática de cada variable individual %.
- $i$  : La sumatoria al ejecutar todas las variables que intervienen en el cálculo del resultado.



El coeficiente de sensibilidad se obtendrá de:

$$\theta_i = \frac{\bar{P}_i}{R} \cdot \frac{\partial R}{\partial \bar{P}_i}$$

Donde:

- $\bar{P}_i$  : Valor medio de la variable obtenida durante la prueba.
- $R$  : Resultado de los cálculos de la prueba.

El valor de  $\bar{P}_i$  será calculado de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\bar{P}_i = \frac{1}{N_j} \cdot \sum_{k=1}^{N_j} P_{ik}$$

Donde:

- $N_j$  : Número total de lecturas de la variable  $i$ .
- $P_{ik}$  : Valor de la lectura  $k$  de la variable  $i$ .
- $P_{ik}$  : La sumatoria al ejecutar todas las lecturas registradas durante la prueba de la variable  $i$ .

Si una variable debería determinarse promediando las mediciones de diversos instrumentos, el coeficiente de sensibilidad se dividirá entre el número de instrumentos recolectando la medición.

### 10.1.2. CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE ALEATORIA

La incertidumbre aleatoria se dará por:

$$S_R = \sqrt{\sum_i (\theta_i \cdot S_{\bar{P}_i})^2}$$

Donde:

- $S_R$  : Incertidumbre aleatoria total, %.
- $S_{\bar{P}_i}$  : Estimación de la desviación estándar de la media de la variable  $P_i$ .

Donde:

$$S_{\bar{P}_i} = \frac{1}{\sqrt{N_j}} \sqrt{\sum_{k=1}^{N_j} \frac{(P_{ik} - \bar{P}_i)^2}{N_j - 1}}$$

## 11. RESULTADOS DE LA PRUEBA

### 11.1. RESULTADOS PARCIALES DE LA PRUEBA DE POTENCIA MÁXIMA

**Cuadro 11-1:** Resultados Parciales de la Prueba de Potencia Máxima de la Unidad GEO Cerro Pabellón U1

		1 <sup>ra</sup> Prueba	2 <sup>da</sup> Prueba	3 <sup>ra</sup> Prueba	4 <sup>ta</sup> Prueba	5 <sup>ta</sup> Prueba
	<b>Fecha</b>	15-12-2023	15-12-2023	15-12-2023	15-12-2023	15-12-2023
	<b>Hora Inicio</b>	01:30 PM	02:30 PM	03:30 PM	04:30 PM	05:30 PM
	<b>Hora Fin</b>	02:30 PM	03:30 PM	04:30 PM	05:30 PM	06:30 PM
<b>Potencia Máxima Corregida</b>	[kW]	<b>31 070,26</b>	<b>30 360,60</b>	<b>30 246,13</b>	<b>29 100,24</b>	<b>28 579,03</b>
<b>Potencia Bruta Medida</b>	[kW]	22 929,82	22 829,57	23 552,72	23 873,83	24 411,74
<b>Potencia Bruta Corregida</b>	[kW]	31 070,26	30 360,60	30 246,13	29 100,24	28 579,03
<b>Potencia Neta Medida</b>	[kW]	20 245,58	20 139,36	20 839,03	21 172,81	21 685,83
<b>Potencia Neta Corregida</b>	[kW]	28 386,02	27 670,38	27 532,43	26 399,22	25 853,12
<b>Consumo Auxiliares Propios</b>	[kW]	2 385,70	2 408,89	2 425,52	2 416,25	2 446,84
<b>Incertidumbre Absoluta</b>	[kW]	<b>252,04</b>	<b>285,49</b>	<b>216,24</b>	<b>203,58</b>	<b>205,88</b>
<b>Incertidumbre Relativa</b>	[%]	<b>0,81</b>	<b>0,94</b>	<b>0,71</b>	<b>0,70</b>	<b>0,72</b>

## 11.2. RESULTADO DE INCERTIDUMBRE

**Cuadro 11-2:** Resultados de Incertidumbre de la Prueba de Potencia Máxima de la Unidad GEO Cerro Pabellón U1

Descripción	Valor Nominal	$PBM_{c\ CC}$ Potencia Bruta Corregida	Unidad	$B_R$ Incertidumbre Sistemático de Cada Escalón	$t S_R$ Incertidumbre Aleatorio de Cada Escalón	$U_R$ Incertidumbre Absoluta Total de Cada Escalón
Potencia Bruta Corregida - Primera Prueba	25 360,00	31 070,26	kW	203,72	148,39	252,04
Potencia Bruta Corregida - Segunda Prueba	25 360,00	30 360,60	kW	137,66	250,11	285,49
Potencia Bruta Corregida - Tercera Prueba	25 360,00	30 246,13	kW	186,88	108,80	216,24
Potencia Bruta Corregida - Cuarta Prueba	25 360,00	29 100,24	kW	169,71	112,45	203,58
Potencia Bruta Corregida - Quinta Prueba	25 360,00	28 579,03	kW	159,38	130,32	205,88
Promedio de Potencia Bruta Corregida		29 871,25	kW			
Desviación Estandar de Potencia Bruta Corregida		451,77	kW			
Student's t de Potencia Bruta Corregida		2,00	kW			
Incertidumbre Sistemática de la Potencia Bruta Corregida			kW	171,47		
Incertidumbre Aleatoria de la Potencia Bruta Corregida			kW		903,99	
Incertidumbre Absoluta total de la Potencia Bruta Corregida			kW			920,11
Incertidumbre Relativa total de la Potencia Bruta Corregida			%			3,08

### 11.3. RESULTADO DE LA PRUEBA DE POTENCIA MÁXIMA

**Cuadro 11-3:** Resultados de la Prueba de Potencia Máxima de la Unidad GEO Cerro Pabellón U1

Item	Potencia Bruta Medida (kW)	Potencia Bruta Corregida (kW)	Potencia Neta Medida (kW)	Potencia Neta Corregida (kW)	Potencia Máxima Corregida (kW)	Servicios Auxiliares Totales (kW)
<b>GEO Cerro Pabellón U1</b>	23 519,54	29 871,25	20 816,52	27 168,23	<b>29871,25 ± 920,11</b>	2 703,02 [2416,64 (SSAA Propios) + 286,37 (Pérd. Transf.)]

## 12. ANEXOS

**ANEXO 1:** Acta de Prueba PM<sub>áx</sub> GEO Cerro Pabellón U1.

**ANEXO 2:** Cuadro de Cálculos y Resultados.

**ANEXO 3:** Protocolo de Pruebas.

**ANEXO 4:** Certificados de Equipos de Medición.