

**Empresa:** Coordinador Eléctrico Nacional

**País:** Chile

**Proyecto:** Central Hidroeléctrica Ralco

**Descripción:** Informe de Pruebas de Potencia Máxima

**Código de Proyecto:** EE-2021-115

**Código de Informe:** EE-EN-2021-2134

**Revisión:** A



**15 de diciembre de 2021**



Este documento EE-EN-2021-2134-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](mailto:andres.capalbo@estudios-electricos.com)

**Ing. Pablo Rifrani**

Gerente Dpto. Ensayos e Ingeniería  
[pablo.rifrani@estudios-electricos.com](mailto:pablo.rifrani@estudios-electricos.com)

[www.estudios-electricos.com](http://www.estudios-electricos.com)

Este documento contiene 53 páginas y ha sido guardado por última vez el 15/12/2021 por Federico García, sus versiones y firmantes digitales se indican a continuación:

Rev.	Fecha	Comentarios	Realizó	Revisó	Aprobó
A	15/12/2021	Para presentar.	FP/FG	AC	PR

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



## Índice

1	INTRODUCCIÓN.....	5
2	RESUMEN EJECUTIVO.....	6
3	OBJETIVO GENERAL Y RESPONSABLES DE LA PRUEBA.....	8
3.1	Objetivo.....	8
3.2	Condiciones Particulares.....	8
3.3	Experto Técnico.....	8
3.4	Representante empresa generadora.....	9
3.5	Representante del Coordinador Eléctrico Nacional.....	9
3.6	Observador de otro Coordinado.....	9
4	DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD Y CONDICIONES DE PRUEBA.....	10
4.1	Descripción general de la planta.....	10
4.2	Descripción de las unidades de generación.....	11
4.3	Condiciones de referencia y curvas de corrección.....	14
4.3.1	Curvas de corrección.....	15
4.3.2	Metodología de corrección.....	16
4.4	Instrumentación y mediciones.....	16
4.4.1	Metodología.....	17
4.4.2	Instrumentación principal.....	18
4.4.3	Mediciones complementarias.....	19
5	REALIZACIÓN DE LA PRUEBA.....	20
5.1	Chequeos preliminares.....	20
5.2	Desarrollo de las pruebas.....	20
5.2.1	Verificaciones previas.....	20
5.3	Incremento de potencia, estabilización e inicio de la prueba.....	21
5.4	Período de prueba.....	23
6	CALCULOS REALIZADOS Y RESULTADOS.....	25
6.1	Reducción de datos y estabilidad.....	25
6.2	Determinación de la potencia de pérdidas totales (SSAA).....	25
6.3	Correcciones aplicables a la potencia bruta.....	26
6.4	Cálculo de la potencia neta corregida.....	28



6.5	Cálculo del promedio final .....	29
6.6	Tabla Resumen general .....	30
6.7	Incertidumbre .....	32
7	CONCLUSIONES .....	34
8	NORMATIVA .....	35
9	ANEXOS .....	36
9.1	Características Turbina y Generador .....	36
9.2	Puntos de medición .....	37
9.2.1	Potencia bruta .....	37
9.2.2	Potencia neta .....	39
9.3	Certificados de calibración de instrumentos de medición .....	41
9.3.1	Potencia bruta/FP .....	41
9.3.2	Potencia neta .....	44
9.4	Acta de ensayos .....	47



## 1 INTRODUCCIÓN

---

El presente documento describe las tareas, ensayos y cálculos realizados para obtener el valor de **Potencia Máxima de la Unidad 1 y la Unidad 2 para la Central Hidroeléctrica Ralco** en los términos establecidos en el “ANEXO TÉCNICO: Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras”.

En este informe se documentan los resultados de las pruebas individuales realizadas en las unidades U1 y U2 de Central Ralco. Los resultados de las pruebas a la Central Completa serán presentados en un informe aparte.

Para la ejecución de las pruebas se siguió el protocolo:

*EE-EN-2021-1872-RC\_Procedimiento\_Potencia\_Maxima\_CH\_Ralco*

La Central Hidroeléctrica Ralco pertenece a Enel Generación S.A., está ubicada a 120 km al oriente de Los Ángeles, comuna Alto Biobío, Región del Biobío, está conformada por dos generadores sincrónicos idénticos impulsados por dos turbinas Francis de eje vertical. Particularmente las turbinas son marca Alstom que impulsan generadores sincrónicos marca Alstom.



## 2 RESUMEN EJECUTIVO

---

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

Finalmente, se diseñó una alternativa que permitió realizar la determinación buscada en las mejores condiciones técnicas posibles. Para esto, se han utilizado los equipos medidores de planta para las mediciones de potencia bruta y potencia neta.

Las pruebas de la Unidad 1 y la Unidad 2 se ejecutaron los días 9 y 10 de noviembre de 2021 respectivamente. Todas las pruebas fueron realizadas en presencia de Mauricio Mella, Alejandro Pérez, José Carvajal y Francisco Camarada por parte del Coordinado (Enel Generación S.A.), Roberto Moller y Eduardo González por parte del Coordinador, y Federico Deledda y Federico García como Experto Técnico (Estudios Eléctricos).

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 se operó la respectiva unidad en carga base con regulación de frecuencia operativa.

### Nota:

- *Para las pruebas de la Unidad 1 y la Unidad 2 no fue posible operar con un factor de potencia cercano a 0.95 debido a que las condiciones del Sistema no permitieron aumentar la inyección de reactivos para lograr dicho valor. Por esta razón, se operó en un factor de potencia cercano a 0.98 para ambas unidades en sus respectivas pruebas.*



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

Adicionalmente, se han realizado los cálculos de incertidumbre total del resultado, tanto para el valor de potencia bruta corregida como para el valor de potencia neta corregida, siguiendo los lineamientos establecidos en la norma aplicable ASME PTC19.1.

Finalmente, se determinaron los siguientes valores de **Potencia Máxima Bruta** de la Central Hidroeléctrica Ralco con el siguiente desglose de valores:

Resumen de resultados CH Ralco - Unidad 1		
<b>Potencia Máxima</b>	Bruta Medida [MW]	389,7856
	<b>Bruta Corregida [MW]</b>	<b>389,5383</b>
	Neta Medida [MW]	387,4069
	<b>Neta Corregida [MW]</b>	<b>387,1596</b>
<b>Servicios Auxiliares</b>	Potencia [MW]	2,3788

Resumen de resultados CH Ralco - Unidad 2		
<b>Potencia Máxima</b>	Bruta Medida [MW]	391,1863
	<b>Bruta Corregida [MW]</b>	<b>390,9468</b>
	Neta Medida [MW]	388,3915
	<b>Neta Corregida [MW]</b>	<b>388,1520</b>
<b>Servicios Auxiliares</b>	Potencia [MW]	2,7948



## 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 acordado con 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 Hidroeléctrica Ralco los inspectores sustitutos fueron **Mauricio Mella**, quien se desempeña como Mantenedor/Operador de la central, **Alejandro Pérez** quien se desempeña como Especialista Sr en Sistemas de Control, **José Carvajal**, quien se desempeña como Especialista en Sistemas de Control y **Francisco Camarada**, quien se desempeña como Plant Unit Biobío.

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 Unidad 1 y la Unidad 2 de la Central Hidroeléctrica Ralco. Los Expertos Técnicos designados fueron el Ing. Federico Deledda y el Ing. Federico García. Ellos fueron los responsables 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 Enel Generación S.A., el Coordinado, estuvieron presente durante las pruebas los inspectores sustitutos **Mauricio Mella**, quien se desempeña como Mantenedor/Operador de la central, **Alejandro Pérez** quien se desempeña como Especialista Sr en Sistemas de Control, **José Carvajal**, quien se desempeña como Especialista en Sistemas de Control y **Francisco Camarada**, quien se desempeña como Plant Unit Biobío.

### 3.5 Representante del Coordinador Eléctrico Nacional

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

### 3.6 Observador de otro Coordinado

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





## 4.2 Descripción de las unidades de generación

Las dos unidades, U1 y U2, pertenecientes a la central Ralco son de idénticas características y están compuestas cada una por una turbina Alstom de eje vertical, vinculada a un generador Alstom, que juntos entregan una potencia bruta aproximada de 690 MW<sup>1</sup>. Se presenta a continuación el diagrama unilineal de la central.

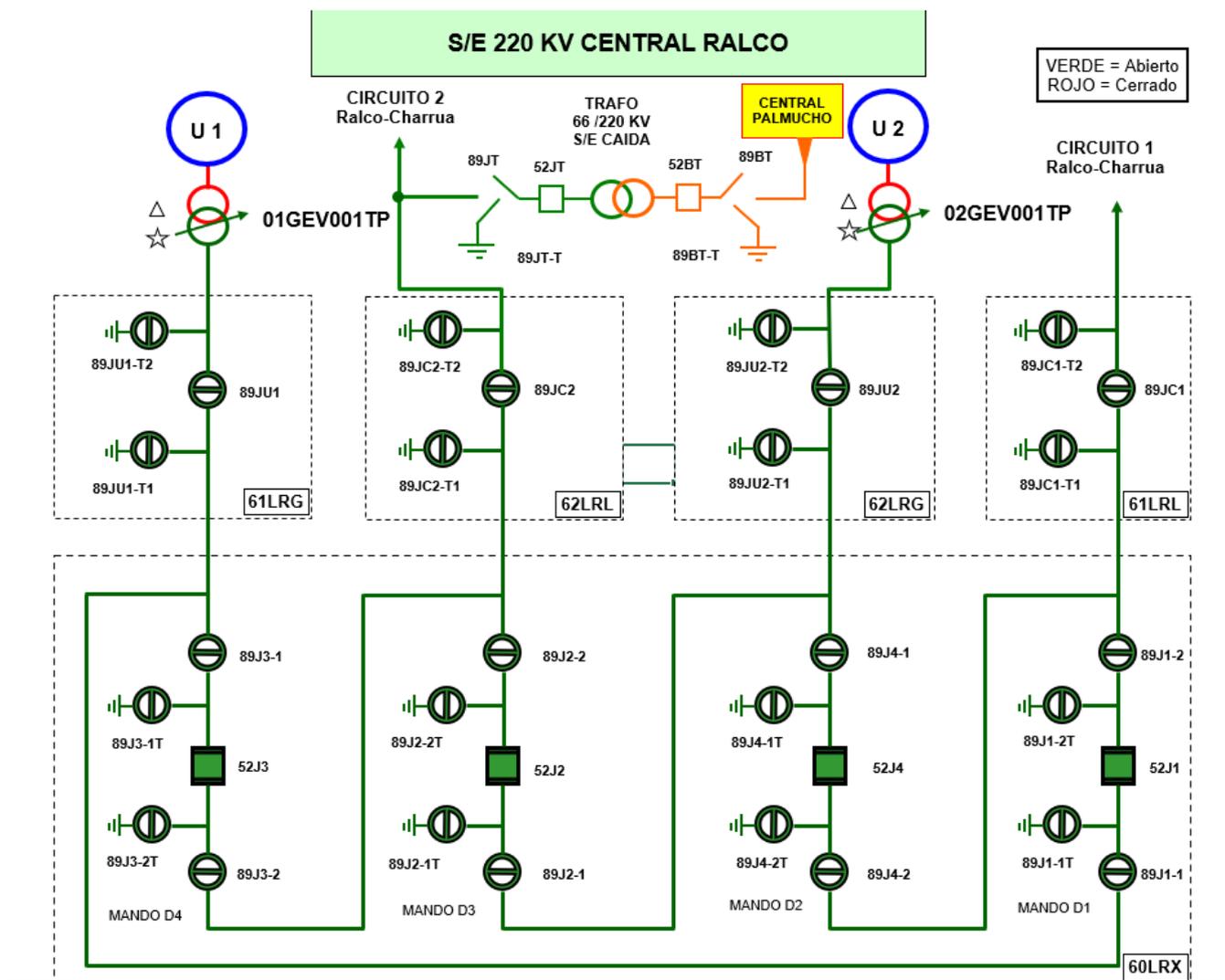


Figura 4.2 – Diagrama unilineal de la central

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



En la Figura 4.3 se presenta un diagrama esquemático general de la distribución de los SSAA de planta:

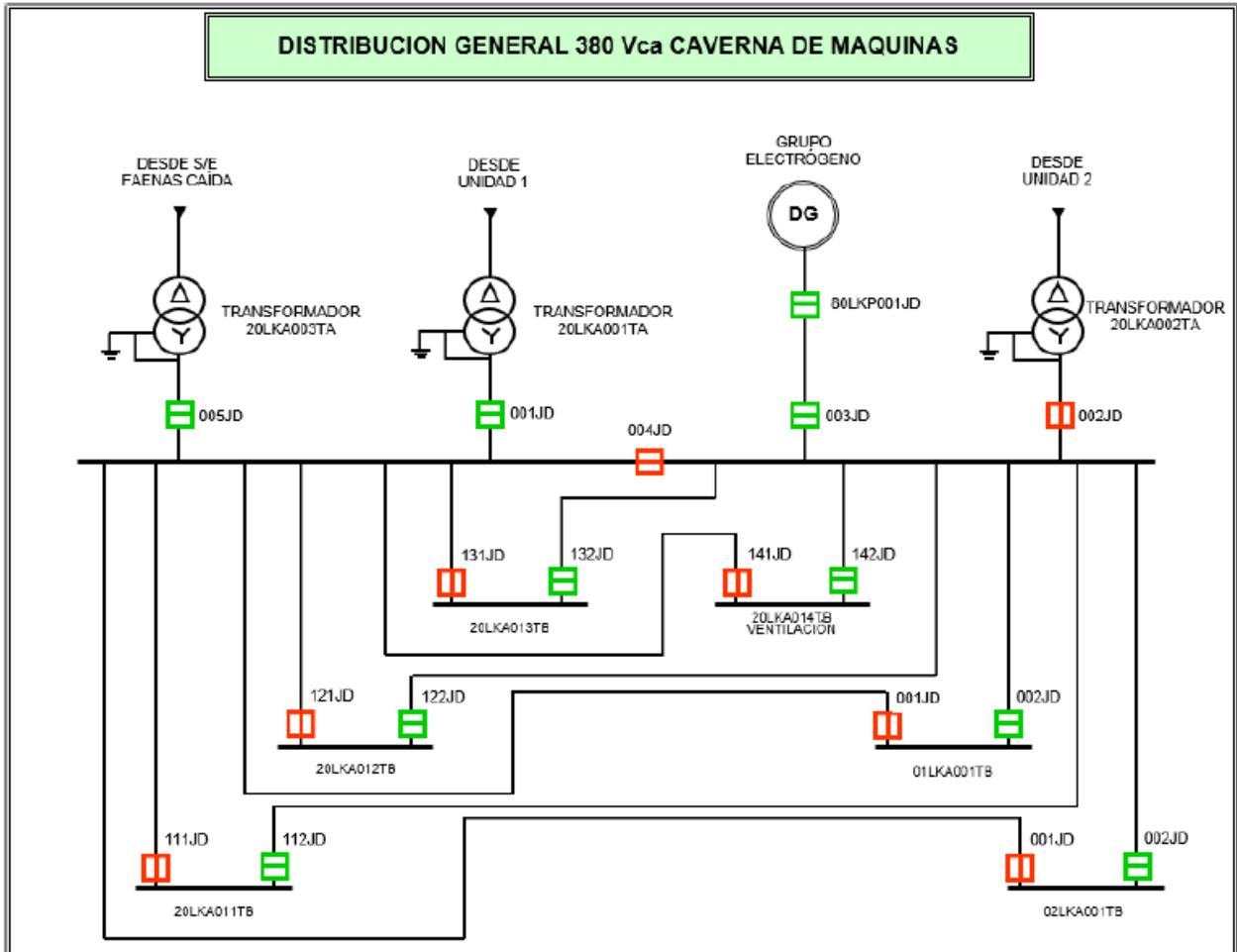


Figura 4.3 - Diagrama Unilineal Servicios Auxiliares



Los datos característicos de placa del generador se presentan a continuación. En el Anexo 9.1 se pueden encontrar la hoja de datos completa del generador.



Figura 4.4 – Datos de placa del generador U1



Figura 4.5 – Datos de placa del generador U2



### 4.3 Condiciones de referencia y curvas de corrección

A partir de la información suministrada por el fabricante y datos característicos de la Central se consideran los siguientes valores de potencia máxima esperables para las unidades de la Central Ralco:

<b>Unidad</b>	<b>Potencia Máxima [MW]</b>
<b>CH Ralco – U1</b>	<b>345.0</b>
<b>CH Ralco – U2</b>	<b>345.0</b>

*Tabla 4-1 – Valores base de potencia para las unidades*

De acuerdo con los parámetros declarados, la potencia máxima bruta esperable de la Central Ralco es de 690 MW.

En la Tabla 4.2 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.

<b>Parámetro de corrección</b>	<b>Valor nominal</b>
Factor de potencia	0.95 (lagging)

*Tabla 4.2 – Condiciones nominales de referencia*





### 4.3.2 Metodología de corrección

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

### 4.4 Instrumentación y mediciones

Según lo establecido en el Artículo 37 del Anexo Técnico, las mediciones de potencia y factor de potencia deberán realizarse con instrumentos clase 0.2.

En la Figura 4.7 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 se describe la metodología propuesta.

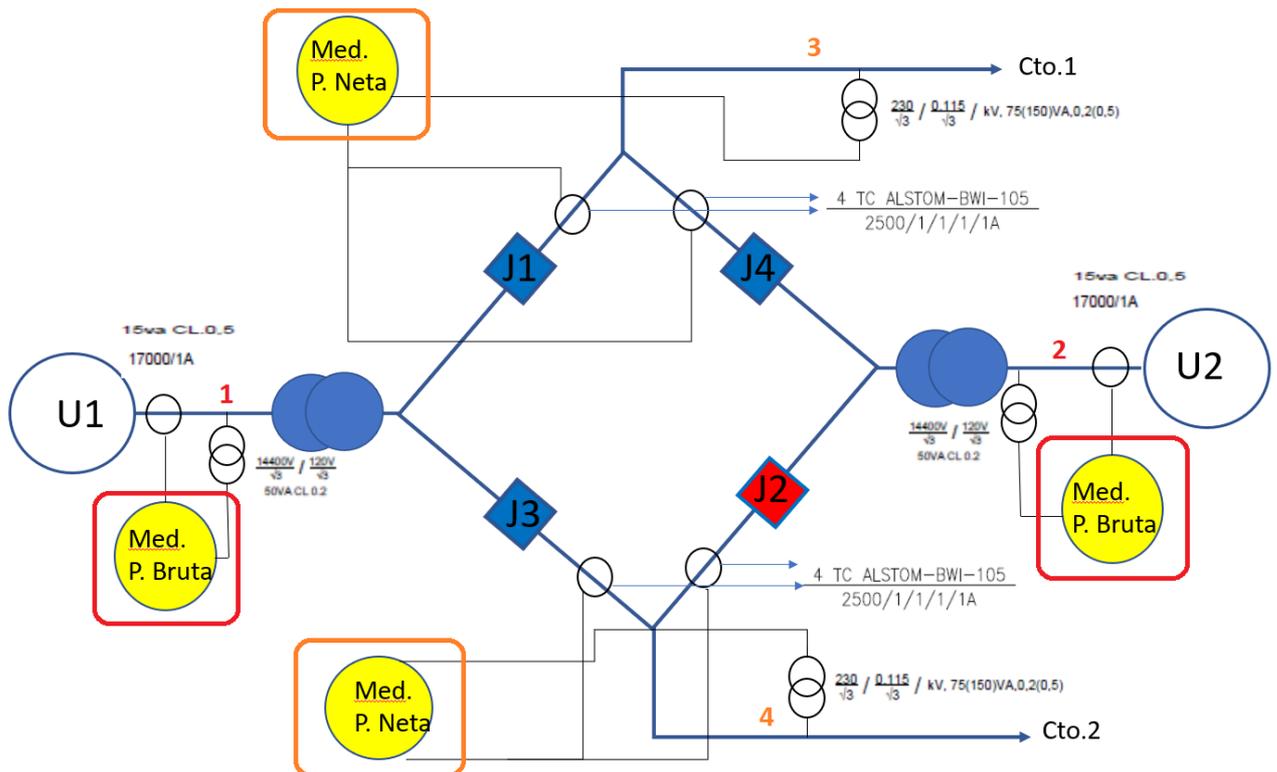


Figura 4.7 – Unilineal de planta esquemático



#### 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 neta se midió a partir de medidores ubicados en la SE Ralco. La potencia de los servicios auxiliares se calculó indirectamente a partir de la diferencia obtenida entre la medición de potencia bruta y la medición de la potencia neta.

Para las mediciones de potencia bruta de cada unidad, se ha utilizado los transformadores de instrumentación (PTs, CTs) que son clase 0.2 y 0.5 respectivamente (puntos “1” y “2” en la Figura 4.7). Para la medición de voltaje se utilizaron transformadores de tensión cuyas relaciones de transformación son 14.4/0.12 kV. Para la medición de corriente se utilizaron transformadores de corriente cuyas relaciones de transformación son 17000/1A.

Para las mediciones de potencia neta de cada unidad, se ha utilizado los transformadores de instrumentación (PTs, CTs) que son clase 0.2 (puntos “3” y “4” en la Figura 4.7). Para la medición de voltaje se utilizaron transformadores de tensión cuyas relaciones de transformación son 230/0.115 kV. Para la medición de corriente se utilizaron transformadores de corriente cuyas relaciones de transformación son 2500/1A.

Para la medición de potencia neta (medidores en Circuito 1 y Circuito 2) y potencia bruta de cada unidad se ha utilizado los medidores ION 7650 que el Coordinado posee instalados en sus instalaciones. Los mismos son clase 0.2 y cumplen con las exigencias de precisión requeridas. Los antecedentes técnicos y certificados de calibración fueron entregados antes de las pruebas.

En la sección de anexo 9.2 se detallan los puntos desde donde se realizan las mediciones de cada variable, en tanto en la sección de anexo 9.3 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 4.3. La misma indica la instrumentación principal utilizada, magnitud medida, tipo y clase, y ubicación.

#	Magnitud	Instrumento	Tipo, clase y muestreo	Propietario y certificado	Ubicación	Tipo de registro
1	<b>Potencia activa bruta Unidad 1</b>	ION 7650 Serie: PJ-1407A627-04	A, 0.2, 1 min	Enel Generación Anexo 9.3.1	Conectado PTs y CTs clase 0.2 y 0.5, respectivamente en punto 1 del unilineal la Figura 4.7. Borneras y puntos de conexión en Anexo 9.2.	Digital
2	<b>Factor de potencia Unidad 1</b>	ION 7650 Serie: PJ-1407A627-04	A, 0.2, 1 min	Enel Generación Anexo 9.3.1	Conectado PTs y CTs clase 0.2 y 0.5, respectivamente en punto 1 del unilineal la Figura 4.7. Borneras y puntos de conexión en Anexo 9.2.	Digital
3	<b>Potencia activa neta Circuito 1</b>	ION 7650 Serie: PJ-1407A632-04	A, 0.2, 1 min	Enel Generación Anexo 9.3.2	Conectado PTs y CTs clase 0.2 en punto 3 del unilineal la Figura 4.7. Borneras y puntos de conexión en Anexo 9.2.	Digital
4	<b>Potencia activa bruta Unidad 2</b>	ION 7650 Serie: PJ-1205A485-03	A, 0.2, 1 min	Enel Generación Anexo 9.3.1	Conectado PTs y CTs clase 0.2 y 0.5, respectivamente en punto 2 del unilineal la Figura 4.7. Borneras y puntos de conexión en Anexo 9.2.	Digital
5	<b>Factor de potencia Unidad 2</b>	ION 7650 Serie: PJ-1205A485-03	A, 0.2, 1 min	Enel Generación Anexo 9.3.1	Conectado PTs y CTs clase 0.2 y 0.5, respectivamente en punto 2 del unilineal la Figura 4.7. Borneras y puntos de conexión en Anexo 9.2.	Digital
6	<b>Potencia activa neta Circuito 2</b>	ION 7650 Serie: PJ-1407A631-04	A, 0.2, 1 min	Enel Generación Anexo 9.3.2	Conectado PTs y CTs clase 0.2 en punto 4 del unilineal la Figura 4.7. Borneras y puntos de conexión en Anexo 9.2.	Digital

Tabla 4.3 – 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 9.3.

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



### 4.4.3 Mediciones complementarias

Se muestra en la Tabla 4.4 el listado de señales disponibles en el SCADA de la central con los TAGS correspondientes:

	Unidad 1		Unidad 2	
Potencia Activa	RAL_TH1_SRV_POTGRUPO		RAL_TH2_SRV_POTGRUPO	
Potencia Reactiva	RAL_TH1_GEMEPOT_RACT		RAL_TH2_GEMEPOT_RACT	
Velocidad	RAL_TH1_SRV_VELOCI		RAL_TH2_SRV_VELOCI	
Tensión	RAL_TH1_GEVOLTAJE_AB		RAL_TH2_GEVOLTAJE_AB	
Frecuencia	RAL_TH1_GE_FRECUENC		RAL_TH2_GE_FRECUENC	
Caudal	Descarga:RAL_CAV_DCG_NIV_DCGA			
Nivel del espejo de agua del embalse o cámara de carga	RAL_OH_PSNIV_EMBPRI			
Altura bruta (Medida de embalse y descarga)	Altura bruta sin Tag			
Temperatura del devanado del estator y cojinetes	Devanado Unidad 1	Cojinetes Unidad 1	Devanados Unidad 2	Cojinetes Unidad 2
	RAL_TH1_GE_ESTEMEN_1	Descanso Guía Superior	RAL_TH2_GE_ESTEMEN_1	Descanso Guía Superior
	RAL_TH1_GE_ESTEMEN_2	RAL_TH1_GEDGSMEMPTE1	RAL_TH2_GE_ESTEMEN_2	RAL_TH2_GEDGSMEMPTE1
	RAL_TH1_GE_ESTEMEN_3	RAL_TH1_GEDGSMEMPTE2	RAL_TH2_GE_ESTEMEN_3	RAL_TH2_GEDGSMEMPTE2
	RAL_TH1_GE_ESTEMEN_4	RAL_TH1_GEDGSMEMPTE2	RAL_TH2_GE_ESTEMEN_4	RAL_TH2_GEDGSMEMPTE3
	RAL_TH1_GE_ESTEMEN_5		RAL_TH2_GE_ESTEMEN_5	
	RAL_TH1_GE_ESTEMEN_6	Descanso de empuje	RAL_TH2_GE_ESTEMEN_6	Descanso de empuje
	RAL_TH1_GE_ESTEMEN_7	RAL_TH1_GEDGEMEMPTE1	RAL_TH2_GE_ESTEMEN_7	RAL_TH2_GEDGEMEMPTE1
	RAL_TH1_GE_ESTEMEN_8	RAL_TH1_GEDGEMEMPTE2	RAL_TH2_GE_ESTEMEN_8	RAL_TH2_GEDGEMEMPTE2
	RAL_TH1_GE_ESTEMEN_9	RAL_TH1_GEDGEMEMPTE3	RAL_TH2_GE_ESTEMEN_9	RAL_TH2_GEDGEMEMPTE3
	RAL_TH1_GE_ESTEMEN_10		RAL_TH2_GE_ESTEMEN_10	
	RAL_TH1_GE_ESTEMEN_11	Descanso Guía Inferior	RAL_TH2_GE_ESTEMEN_11	Descanso Guía Inferior
	RAL_TH1_GE_ESTEMEN_12	RAL_TH1_GEDGEMEGATE1	RAL_TH2_GE_ESTEMEN_12	RAL_TH2_GEDGEMEGATE1
		RAL_TH1_GEDGEMEGATE2		RAL_TH2_GEDGEMEGATE2
		RAL_TH1_GEDGEMEGATE3		RAL_TH2_GEDGEMEGATE3
		Descanso Turbina		Descanso Turbina
		RAL_TH1_TUDGTTEMET1		RAL_TH2_TUDGTTEMET1
	RAL_TH1_TUDGTTEMET2		RAL_TH2_TUDGTTEMET2	

Tabla 4.4 – Variables SCADA Central Ralco

Finalizadas las pruebas el Coordinado realizó la entrega del registro digital de datos correspondiente.



## 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 su desarrollo de 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

En una reunión previa a la ejecución de las pruebas en las unidades se realizó una inspección virtual en dónde se verificó que todo quede adecuadamente dispuesto para el inicio de las pruebas.

Se verificó:

1. Lectura de los equipos de medición principales.
2. Sincronización horaria entre los distintos equipos de medición.
3. El sistema de adquisición de datos de planta estaba operativo.

### 5.2 Desarrollo de las pruebas

Lo indicado en el presente apartado aplica por igual a las pruebas realizadas en las dos unidades.

#### 5.2.1 Verificaciones previas

1. Se verificó el cumplimiento de las condiciones de prueba establecidas:
  - a. Todas las protecciones estaban operativas y sin falla.
  - b. No existían alarmas relevantes.
  - c. La unidad estaba disponible para operar a máxima potencia.
  - d. El control primario de frecuencia (CPF) no pudo ser desactivado en ninguna de las unidades, por lo tanto, se mantuvo operativo durante la prueba. Por esta razón, en todos los ensayos se modificó el valor de la banda muerta (a  $\pm 100\text{mHz}$  o más) o se ajustó el estatismo lo más alto posible.
  - e. Se consignó un valor de potencia reactiva para tener un factor de potencia cercano a 0.95 durante toda la prueba. No fue posible operar con un factor de potencia cercano a 0.95 debido a que las condiciones del Sistema no permitieron aumentar la inyección de reactivos para lograr dicho valor. Por esta razón, se operó en un factor de potencia cercano a 0.98.



- f. La barra de SSAA estuvo aislada de conexiones externas a la central o consumos que no reflejen consumos propios de la unidad bajo prueba.
- g. Durante las pruebas individuales la otra unidad de la central estuvo fuera de servicio.

### 5.3 Incremento de potencia, estabilización e inicio de la prueba

Previo al inicio de la prueba individual de la Unidad 1, la misma se encontraba en servicio. El operador incrementó paulatinamente hasta alcanzar el valor correspondiente a potencia máxima.

En el caso de la Unidad 2, la misma se encontraba detenida antes del inicio de la prueba individual. El operador dio orden de partida, sincronizó la misma e incrementó carga paulatinamente hasta alcanzar el valor correspondiente a potencia máxima.

En dicho punto se verificaron las condiciones de prueba establecidas en la Tabla 4.1 del procedimiento, las cuales son: deshabilitar el control primario de frecuencia y ajustar el factor de potencia al valor más cercano posible a 0.95 que permita la red.

Finalizados estos ajustes se dio inicio al período de estabilización de la unidad en cuestión. 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 del desarrollo de la prueba para la Unidad 1.

Arranque de la unidad	09/11/2021 -
Inicio del período de estabilización	20:30 Hs
Fin del período de estabilización	21:15 Hs
Inicio del período de prueba	21:15 Hs
Fin del período de prueba	02:15 Hs (10/11/2021)

*Tabla 5.1 - Etapas de la prueba para la Unidad 1*



La Tabla 5.2 resume los períodos resultantes del desarrollo de la prueba para la Unidad 2.

Arranque de la unidad	10/11/2021 19:04 Hs
Inicio del período de estabilización	19:45 Hs
Fin del período de estabilización	20:45 Hs
Inicio del período de prueba	20:45 Hs
Fin del período de prueba	01:45 Hs (11/11/2021)

*Tabla 5.2 - Etapas de la prueba para la Unidad 2*



## 5.4 Período de prueba

Finalmente, cada prueba se extendió por un período total de 5 horas divididas en 10 test run de 30 minutos. En cada uno de los mismos se verificó la estabilidad de la unidad según lo establecido en el artículo 36 del Anexo Técnico.

Parámetros	Desviación estándar durante el periodo
<b>Potencia eléctrica de salida</b>	1.5%
<b>Factor de potencia</b>	2%
<b>Altura bruta del nivel de laguna</b>	1%
<b>Velocidad de rotación de la Turbina</b>	0.5%

Tabla 5.3 – Máximas variaciones permisibles en las condiciones de operación

La Tabla 5.4 muestra el resumen de las verificaciones de estabilidad realizadas para la Unidad 1.

Períodos		ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test Run n°												
Hora			21:15	21:45	22:15	22:45	23:15	23:45	0:15	0:45	1:15	1:45
<b>Verificación de condiciones de estabilidad</b>												
P <sub>Neta</sub>	Potencia Neta medido en Alta	1,50%	0,15%	0,24%	0,17%	0,20%	0,14%	0,22%	0,15%	0,17%	0,13%	0,11%
P <sub>BRUTA</sub>	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	1,50%	0,12%	0,21%	0,16%	0,20%	0,17%	0,15%	0,20%	0,19%	0,12%	0,17%
Nivel	Altura bruta del nivel de laguna	1,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	2,00%	0,08%	0,05%	0,07%	0,18%	0,04%	0,05%	0,06%	0,03%	0,05%	0,04%
Frec	Velocidad de Rotación	0,50%	0,06%	0,11%	0,05%	0,05%	0,00%	0,05%	0,09%	0,04%	0,04%	0,03%
Estabilidad	¿Se cumplen los criterios para todas las variables?		SI									

Tabla 5.4 – Verificación de estabilidad para la Unidad 1

La Tabla 5.5 muestra el resumen de las verificaciones de estabilidad realizadas para la Unidad 2.

Períodos		ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test Run n°												
Hora			20:45	21:15	21:45	22:15	22:45	23:15	23:45	0:15	0:45	1:15
<b>Verificación de condiciones de estabilidad</b>												
P <sub>neta</sub>	Potencia Neta medido en Alta	1,50%	0,15%	0,20%	0,43%	0,11%	0,19%	0,06%	0,19%	0,18%	0,19%	0,21%
P <sub>BRUTA</sub>	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	1,50%	0,07%	0,23%	0,43%	0,08%	0,22%	0,14%	0,19%	0,19%	0,22%	0,24%
Nivel	Altura bruta del nivel de laguna	1,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	2,00%	0,13%	0,04%	0,07%	0,03%	0,17%	0,04%	0,02%	0,04%	0,04%	0,11%
Frec	Velocidad de Rotación	0,50%	0,05%	0,14%	0,05%	0,07%	0,00%	0,00%	0,09%	0,09%	0,07%	0,04%
Estabilidad	¿Se cumplen los criterios para todas las variables?		SI									

Tabla 5.5 – Verificación de estabilidad para la Unidad 2



Para las pruebas de la Unidad 1 y de la Unidad 2 todos los test run registrados verificaron las condiciones de estabilidad y se han utilizado para el cálculo final de los resultados.

Finalizadas las pruebas se confeccionaron actas reflejando las principales condiciones de los ensayos. Dichas actas pueden consultarse en el Anexo 9.4.



## 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 5.4, determinando los test run aptos para ser considerados en el cálculo final del valor de potencia bruta.

### 6.2 Determinación de la potencia de pérdidas totales (SSAA)

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

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

Donde:

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

La Tabla 6.1 detalla los cálculos realizados para la Unidad 1.

Períodos			ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test Run n°	Hora			21:15	21:45	22:15	22:45	23:15	23:45	0:15	0:45	1:15	1:45
<b>Variables Primarias</b>													
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	-		0,975	0,976	0,978	0,981	0,982	0,982	0,983	0,984	0,982	0,982
P <sub>BRUTA</sub>	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	[MW]		387,39	390,63	390,73	390,71	390,55	389,95	389,71	389,36	389,50	389,33
P <sub>Neta</sub>	Potencia Neta medido en Alta	[MW]		385,59	387,56	387,72	387,55	387,58	387,67	387,76	387,64	387,60	387,41
<b>Determinación pérdidas totales</b>													
L <sub>TOTALES</sub>	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos (SSAA)	[MW]		1,80	3,08	3,01	3,16	2,98	2,27	1,94	1,72	1,90	1,93

Tabla 6.1 – Cálculos de potencia de pérdidas para la Unidad 1

La Tabla 6.2 detalla los cálculos realizados para la Unidad 2.

Períodos			ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test Run n°	Hora			20:45	21:15	21:45	22:15	22:45	23:15	23:45	0:15	0:45	1:15
<b>Variables Primarias</b>													
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	-		0,979	0,980	0,981	0,982	0,981	0,979	0,980	0,977	0,977	0,978
P <sub>BRUTA</sub>	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	[MW]		391,80	391,39	390,37	391,79	391,11	390,97	391,25	391,31	391,13	390,75
P <sub>Neta</sub>	Potencia Neta medido en Alta	[MW]		388,98	388,55	387,44	388,91	388,41	388,44	388,44	388,42	388,32	388,00
<b>Determinación pérdidas totales</b>													
L <sub>TOTALES</sub>	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos (SSAA)	[MW]		2,81	2,84	2,93	2,88	2,70	2,54	2,81	2,89	2,81	2,75

Tabla 6.2 – Cálculos de potencia de pérdidas para la Unidad 2



### 6.3 Correcciones aplicables a la potencia bruta

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

Según lo establece el anexo técnico pueden aplicarse correcciones por:

1. Corrección por factor de potencia.

Los factores de corrección de cada una de las magnitudes antes mencionadas, y para cada período, se obtuvieron de las curvas indicadas en la sección 4.3.1.

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

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

Dónde:

- $P_{Bruta,Corr}$ : Potencia Bruta Corregida
- $P_{Bruta}$ : Potencia Bruta Medida
- $L_{FP}$ : Pérdidas relacionadas a no operar en el factor de potencia (FP) establecido por el Anexo Técnico. Se aplica sólo si durante los ensayos no se logró alcanzar  $FP = 0.95$ . Se calcula como la diferencia de potencia entre la correspondiente al FP del ensayo menos la potencia correspondiente al FP de referencia ambos valores obtenidos de las curvas de la sección 4.3.1.



La Tabla 6.3 detalla las correcciones realizadas para la Unidad 1.

Períodos		ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test Run n°	Hora		21:15	21:45	22:15	22:45	23:15	23:45	0:15	0:45	1:15	1:45
<b>Variables Primarias</b>												
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	-	0,975	0,976	0,978	0,981	0,982	0,982	0,983	0,984	0,982	0,982
P <sub>BRUTA</sub>	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	[MW]	387,39	390,63	390,73	390,71	390,55	389,95	389,71	389,36	389,50	389,33
P <sub>Neta</sub>	Potencia Neta medido en Alta	[MW]	385,59	387,56	387,72	387,55	387,58	387,67	387,76	387,64	387,60	387,41
<b>Correcciones a la Potencia bruta</b>												
L <sub>FP</sub>	Diferencia en pérdidas por FP	[kW]	199,73	214,75	224,04	251,78	260,98	261,68	266,60	271,59	259,29	262,72
<b>P Bruta, Corr</b>	<b>Potencia Bruta corregida por los factores permitidos en el Anexo Técnico</b>	<b>[MW]</b>	<b>387,19</b>	<b>390,42</b>	<b>390,50</b>	<b>390,46</b>	<b>390,29</b>	<b>389,68</b>	<b>389,44</b>	<b>389,09</b>	<b>389,24</b>	<b>389,07</b>

Tabla 6.3 – Correcciones a la Potencia Bruta para la Unidad 1

La Tabla 6.4 detalla las correcciones realizadas para la Unidad 2.

Períodos		ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test Run n°	Hora		20:45	21:15	21:45	22:15	22:45	23:15	23:45	0:15	0:45	1:15
<b>Variables Primarias</b>												
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	-	0,979	0,980	0,981	0,982	0,981	0,979	0,980	0,977	0,977	0,978
P <sub>BRUTA</sub>	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	[MW]	391,80	391,39	390,37	391,79	391,11	390,97	391,25	391,31	391,13	390,75
P <sub>Neta</sub>	Potencia Neta medido en Alta	[MW]	388,98	388,55	387,44	388,91	388,41	388,44	388,44	388,42	388,32	388,00
<b>Correcciones a la Potencia bruta</b>												
L <sub>FP</sub>	Diferencia en pérdidas por FP	[kW]	240,11	240,20	252,11	262,95	253,86	235,44	243,47	220,42	217,39	229,12
<b>P Bruta, Corr</b>	<b>Potencia Bruta corregida por los factores permitidos en el Anexo Técnico</b>	<b>[MW]</b>	<b>391,56</b>	<b>391,15</b>	<b>390,12</b>	<b>391,53</b>	<b>390,86</b>	<b>390,74</b>	<b>391,01</b>	<b>391,09</b>	<b>390,91</b>	<b>390,52</b>

Tabla 6.4 – Correcciones a la Potencia Bruta para la Unidad 2



## 6.4 Cálculo de la potencia neta corregida

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

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

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

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

Dónde:

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

La Tabla 6.5 detalla los cálculos realizados para la Unidad 1.

Períodos												
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Hora		21:15	21:45	22:15	22:45	23:15	23:45	0:15	0:45	1:15	1:45	
Determinación pérdidas totales												
L <sub>TOTALES</sub>	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos (SSAA)	[MW]	1,80	3,08	3,01	3,16	2,98	2,27	1,94	1,72	1,90	1,93
Cálculo promedio final												
P <sub>Bruta, Corr</sub>	Valores utilizados para cálculo de promedio final	[MW]	387,19	390,42	390,50	390,46	390,29	389,68	389,44	389,09	389,24	389,07
P <sub>Neta, Corr</sub>		[MW]	385,39	387,34	387,49	387,29	387,32	387,41	387,50	387,37	387,34	387,14

Tabla 6.5 – Cálculos de Potencia Neta corregida para la Unidad 1

La Tabla 6.6 detalla los cálculos realizados para la Unidad 2.

Períodos												
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Hora		20:45	21:15	21:45	22:15	22:45	23:15	23:45	0:15	0:45	1:15	
Determinación pérdidas totales												
L <sub>TOTALES</sub>	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos (SSAA)	[MW]	2,81	2,84	2,93	2,88	2,70	2,54	2,81	2,89	2,81	2,75
Cálculo promedio final												
P <sub>Bruta, Corr</sub>	Valores utilizados para cálculo de promedio final	[MW]	391,56	391,15	390,12	391,53	390,86	390,74	391,01	391,09	390,91	390,52
P <sub>Neta, Corr</sub>		[MW]	388,74	388,31	387,19	388,65	388,15	388,20	388,20	388,20	388,11	387,77

Tabla 6.6 – Cálculos de Potencia Neta corregida para la Unidad 2



## 6.5 Cálculo del promedio final

Finalmente, se realiza el promedio final de aquellos períodos que verificaron las condiciones de estabilidad para obtener los siguientes valores finales de **Potencia Máxima Bruta**:

- Unidad 1: **389,54 MW**
- Unidad 2: **390,95 MW**

En tanto, los valores finales de **Potencia Máxima Neta** son:

- Unidad 1: **387,16 MW**
- Unidad 2: **388,15 MW**

La Tabla 6.7 detalla los valores utilizados para el cálculo del promedio de la Unidad 1.

Períodos												
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Hora		21:15	21:45	22:15	22:45	23:15	23:45	0:15	0:45	1:15	1:45	
Cálculo promedio final												
P <sub>Bruta, Corr</sub>	Valores utilizados para	[MW]	387,19	390,42	390,50	390,46	390,29	389,68	389,44	389,09	389,24	389,07
P <sub>Neta, Corr</sub>	cálculo de promedio final	[MW]	385,39	387,34	387,49	387,29	387,32	387,41	387,50	387,37	387,34	387,14
<b>P<sub>MAX, Bruta</sub></b>	<b>Potencia Máxima Bruta</b>	<b>[MW]</b>	<b>389,54</b>									
P <sub>MAX, Neta</sub>	Potencia Máxima Neta	[MW]	387,16									

Tabla 6.7 – Promedio Final para la Unidad 1

La Tabla 6.8 detalla los valores utilizados para el cálculo del promedio de la Unidad 2.

Períodos												
Test Run n°	ref	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Hora		20:45	21:15	21:45	22:15	22:45	23:15	23:45	0:15	0:45	1:15	
Cálculo promedio final												
P <sub>Bruta, Corr</sub>	Valores utilizados para	[MW]	391,56	391,15	390,12	391,53	390,86	390,74	391,01	391,09	390,91	390,52
P <sub>Neta, Corr</sub>	cálculo de promedio final	[MW]	388,74	388,31	387,19	388,65	388,15	388,20	388,20	388,20	388,11	387,77
<b>P<sub>MAX, Bruta</sub></b>	<b>Potencia Máxima Bruta</b>	<b>[MW]</b>	<b>390,95</b>									
P <sub>MAX, Neta</sub>	Potencia Máxima Neta	[MW]	388,15									

Tabla 6.8 – Promedio Final para la Unidad 2



## 6.6 Tabla Resumen general

Todos los cálculos presentados anteriormente se resumen a continuación.

Períodos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Test Run n°	ref									
Hora	21:15	21:45	22:15	22:45	23:15	23:45	0:15	0:45	1:15	1:45
<b>Variables Primarias</b>										
FP	0,975	0,976	0,978	0,981	0,982	0,982	0,983	0,984	0,982	0,982
P <sub>Bruta</sub>	387,39	390,63	390,73	390,71	390,55	389,95	389,71	389,36	389,50	389,33
P <sub>Neta</sub>	385,59	387,56	387,72	387,55	387,58	387,67	387,76	387,64	387,60	387,41
<b>Variables Secundarias</b>										
Nivel	723,640	723,638	723,630	723,630	723,630	723,620	723,615	723,610	723,604	723,600
Frec	50,09	50,03	50,02	50,03	50,00	49,99	50,01	50,04	50,04	50,09
<b>Verificación de condiciones de estabilidad</b>										
P <sub>Neta</sub>	1,50%	0,24%	0,17%	0,20%	0,14%	0,22%	0,15%	0,17%	0,13%	0,11%
P <sub>Bruta</sub>	1,50%	0,21%	0,16%	0,20%	0,17%	0,15%	0,20%	0,19%	0,12%	0,17%
Nivel	1,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
FP	2,00%	0,08%	0,05%	0,18%	0,04%	0,05%	0,06%	0,03%	0,05%	0,04%
Frec	0,50%	0,06%	0,11%	0,05%	0,00%	0,05%	0,09%	0,04%	0,04%	0,03%
Estabilidad	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
<b>Determinación pérdidas totales</b>										
L <sub>TOTALES</sub>	1,80	3,08	3,01	3,16	2,98	2,27	1,94	1,72	1,90	1,93
<b>Correcciones a la Potencia bruta</b>										
L <sub>FP</sub>	199,73	214,75	224,04	251,78	260,98	261,68	266,60	271,59	259,29	262,72
P <sub>Bruta, Corr</sub>	387,19	390,42	390,50	390,46	390,29	389,68	389,44	389,09	389,24	389,07
<b>Cálculo promedio final</b>										
P <sub>Bruta, Corr</sub>	387,19	390,42	390,50	390,46	390,29	389,68	389,44	389,09	389,24	389,07
P <sub>Neta, Corr</sub>	385,39	387,34	387,49	387,29	387,32	387,41	387,50	387,37	387,34	387,14
P <sub>MAX, Bruta</sub>	<b>Potencia Máxima Bruta [MW] 389,54</b>									
P <sub>MAX, Neta</sub>	387,16									

Tabla 6.9 – Resumen general para la Unidad 1



Períodos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Test Run n°	ref	20:45	21:15	21:45	22:15	22:45	23:15	23:45	0:15	0:45	1:15
Hora											
<b>Variables Primarias</b>											
Factor de potencia en bornes de máquina	-	0,979	0,980	0,981	0,982	0,981	0,979	0,980	0,977	0,977	0,978
Potencia Bruta medida en bornes de máquina	[MW]	391,80	391,39	390,37	391,79	391,11	390,97	391,25	391,31	391,13	390,75
P <sub>Bruta</sub>											
Potencia Neta medida en Alta	[MW]	388,98	388,55	387,44	388,91	388,41	388,44	388,44	388,42	388,32	388,00
P <sub>Neto</sub>											
<b>Variables Secundarias</b>											
Nivel	[msnm]	723,631	723,623	723,620	723,615	723,630	723,630	723,606	723,600	723,600	723,600
Frec	[Hz]	49,93	50,05	50,10	49,98	50,03	50,03	49,99	50,01	50,02	50,06
<b>Verificación de condiciones de estabilidad</b>											
P <sub>Neto</sub>	Potencia Neta medido en Alta	1,50%	0,15%	0,20%	0,43%	0,11%	0,19%	0,06%	0,19%	0,18%	0,19%
P <sub>Bruta</sub>	Potencia Bruta medida en bornes de máquina	1,50%	0,07%	0,23%	0,43%	0,08%	0,14%	0,19%	0,19%	0,22%	0,24%
Nivel	Altura bruta del nivel de laguna	1,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
FP	Factor de potencia en bornes de máquina	2,00%	0,13%	0,04%	0,07%	0,03%	0,17%	0,04%	0,02%	0,04%	0,11%
Frec	Velocidad de Rotación	0,50%	0,05%	0,14%	0,05%	0,07%	0,00%	0,00%	0,09%	0,07%	0,04%
Estabilidad	¿Se cumplen los criterios para todas las variables?	SI									
<b>Determinación pérdidas totales</b>											
L <sub>TOTALES</sub>	Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos (SSAA)	[MW]	2,81	2,84	2,93	2,88	2,70	2,54	2,81	2,89	2,75
<b>Correcciones a la Potencia bruta</b>											
L <sub>FP</sub>	Diferencia en pérdidas por FP	[kW]	240,11	240,20	252,11	262,95	253,86	235,44	243,47	220,42	229,12
P <sub>Bruta, Corr</sub>	Potencia Bruta corregida por los factores permitidos en el Anexo Técnico	[MW]	391,56	391,15	390,12	391,53	390,86	390,74	391,01	391,09	390,52
<b>Cálculo promedio final</b>											
P <sub>Bruta, Corr</sub>	Valores utilizados para cálculo de promedio final	[MW]	391,56	391,15	390,12	391,53	390,86	390,74	391,01	391,09	390,52
P <sub>Neto, Corr</sub>		[MW]	388,74	388,31	387,19	388,65	388,15	388,20	388,20	388,11	387,77
P <sub>MAX, Bruta</sub>	Potencia Máxima Bruta	[MW]	390,95								
P <sub>MAX, Neto</sub>	Potencia Máxima Neta	[MW]	388,15								

Tabla 6.10 – Resumen general para la Unidad 2



## 6.7 Incertidumbre

En la presente sección se presenta los resultados del cálculo de **Incertidumbre Total del Resultado ( $U_R$ )**, siguiendo los lineamientos establecidos en la norma ASME PTC 19.1 “Test Uncertainty”.

En la Tabla 6.11 y en la Tabla 6.12 se presenta el cálculo de incertidumbre para la **Potencia Bruta Corregida** y la **Potencia Neta** Corregida respectivamente para la Unidad 1, en ambos casos se ha considerado una certeza del 95%.

### Cálculo de incertidumbre - Potencia Bruta

Variable	Unidad	Promedio	Desviación estándar	N	ts,v - 95%	Error de medición (Bx)	Error aleatorio (Sx)	Factor de sensibilidad ( $\theta$ )	Incertidumbre sistémica (Bx* $\theta$ )	Incertidumbre aleatoria (Sx* $\theta$ *ts,v)
P <sub>BRUTA</sub>	[kW]	389785,64	655,786	26	2,056	2239,15	128,61	1,006	2252,11	265,95
FP	[-]	0,981	0,001	21	2,080	0,006	0,0001	-6918,02	-38,97	-2,04
<b><math>U_R</math></b>									<b>2268,10</b>	<b>[kW]</b>

Tabla 6.11 – Cálculo de incertidumbre para la Potencia Bruta corregida de la Unidad 1

### Cálculo de incertidumbre - Potencia Neta

Variable	Unidad	Promedio	Desviación estándar	N	ts,v - 95%	Error de medición (Bx)	Error aleatorio (Sx)	Factor de sensibilidad ( $\theta$ )	Incertidumbre sistémica (Bx* $\theta$ )	Incertidumbre aleatoria (Sx* $\theta$ *ts,v)
P <sub>BRUTA</sub>	[kW]	389785,64	655,79	26	2,056	2239,15	128,61	0,006	12,96	1,53
FP	[-]	0,981	0,001	21	2,080	0,006	0,0001	-6918,024	-38,97	-2,04
P <sub>Neta</sub>	[kW]	387406,89	651,87	23	2,069	1342,02	135,925	1,000	1342,02	281,23
<b><math>U_R</math></b>									<b>1371,78</b>	<b>[kW]</b>

Tabla 6.12 – Cálculo de incertidumbre para la Potencia Neta corregida de la Unidad 1

En la Tabla 6.13 y en la Tabla 6.14 se presenta el cálculo de incertidumbre para la **Potencia Bruta Corregida** y la **Potencia Neta** Corregida respectivamente para la Unidad 2, en ambos casos se ha considerado una certeza del 95%.


**Cálculo de Incertidumbre - Potencia Bruta**

Variable	Unidad	Promedio	Desviación estándar	N	ts,v - 95%	Error de medición (Bx)	Error aleatorio (Sx)	Factor de sensibilidad ( $\theta$ )	Incertidumbre sistémica (Bx* $\theta$ )	Incertidumbre aleatoria (Sx* $\theta$ *ts,v)
P <sub>BRUTA</sub>	[kW]	391186,35	785,933	23	2,0690	2247,194	163,88	1,006	2261,00	341,15
FP	[-]	0,979	0,001	17	2,1100	0,006	0,0002	-8127,75	-45,73	-2,80
<b>U<sub>R</sub></b>									<b>2287,05</b>	<b>[kW]</b>

Tabla 6.13 – Cálculo de incertidumbre para la Potencia Bruta corregida de la Unidad 2

**Cálculo de Incertidumbre - Potencia Neta**

Variable	Unidad	Promedio	Desviación estándar	N	ts,v - 95%	Error de medición (Bx)	Error aleatorio (Sx)	Factor de sensibilidad ( $\theta$ )	Incertidumbre sistémica (Bx* $\theta$ )	Incertidumbre aleatoria (Sx* $\theta$ *ts,v)
P <sub>BRUTA</sub>	[kW]	391186,35	785,93	23	2,069	2247,19	163,88	0,006	13,80	2,08
FP	[-]	0,979	0,001	17	2,110	0,006	0,0002	-8127,752	-45,73	-2,80
P <sub>Neta</sub>	[kW]	388391,53	745,22	20	2,086	1345,43	166,636	1,000	1345,43	347,60
<b>U<sub>R</sub></b>									<b>1390,43</b>	<b>[kW]</b>

Tabla 6.14 – Cálculo de incertidumbre para la Potencia Neta corregida de la Unidad 2



## 7 CONCLUSIONES

Se realizaron con éxito las pruebas de Potencia Máxima de la Unidad 1 y la Unidad 2 para la Central Hidroeléctrica Ralco.

Cada unidad fue capaz de sostener en forma estable la potencia en sus bornes de salida por un período de tiempo superior a las 5 horas.

Se determinaron los siguientes valores de **Potencia Máxima Bruta** de la Central Hidroeléctrica Ralco con el siguiente desglose de valores:

Resumen de resultados CH Ralco - Unidad 1		
<b>Potencia Máxima</b>	Bruta Medida [MW]	389,7856
	<b>Bruta Corregida [MW]</b>	<b>389,5383</b>
	Neta Medida [MW]	387,4069
	<b>Neta Corregida [MW]</b>	<b>387,1596</b>
<b>Servicios Auxiliares</b>	Potencia [MW]	2,3788

Resumen de resultados CH Ralco - Unidad 2		
<b>Potencia Máxima</b>	Bruta Medida [MW]	391,1863
	<b>Bruta Corregida [MW]</b>	<b>390,9468</b>
	Neta Medida [MW]	388,3915
	<b>Neta Corregida [MW]</b>	<b>388,1520</b>
<b>Servicios Auxiliares</b>	Potencia [MW]	2,7948



## 8 NORMATIVA

---

- Anexo Técnico: “Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras”.
- Norma Internacional IEC 60041
- Norma ASME PTC 19.1 “Test Uncertainty”



## 9 ANEXOS

### 9.1 Características Turbina y Generador

Parámetros eléctricos máquinas generadoras	G1	G2
Tensión nominal [kV]	13,8	13,8
Potencia nominal [MVA]	402	402
Factor de potencia ( $\cos\phi$ )	0,95	0,95
Método de conexión del neutro a tierra	YN	YN
Reactancia sincrónica eje directo $X_d$ [p.u.]	1,682	1,682
Reactancia sincrónica eje en cuadratura $X_q$ [p.u.]	0,982	0,982
Reactancia subtransitoria saturada $X''_d$ sat [p.u.]	0,2	0,2
Resistencia de estator $r_{st}$ [p.u.]	0	0
Reactancia de secuencia cero $X_0$ [p.u.]	0,119	0,119
Resistencia de secuencia cero $R_0$ [p.u.]	0	0
Reactancia de secuencia negativa $X_2$ [p.u.]	0,235	0,235
Resistencia de secuencia negativa $R_2$ [p.u.]	0	0
Reactancia transitoria eje directo $X'_d$ [p.u.]	0,317	0,317
Reactancia transitoria eje en cuadratura $X'_q$ [p.u.]	---	---
Reactancia subtransitoria eje directo $X''_d$ [p.u.]	0,22	0,22
Reactancia subtransitoria eje en cuadratura $X''_q$ [p.u.]	0,25	0,25
Constante de tiempo transitoria eje directo $T'_d$ [s]	13,3	13,3
Constante de tiempo subtransitoria eje directo $T''_d$ [s]	0,083	0,083
Constante de tiempo subtransitoria eje en cuadratura $T''_q$ [s]	0,26	0,26

Figura 9.1 – Hoja de datos del generador

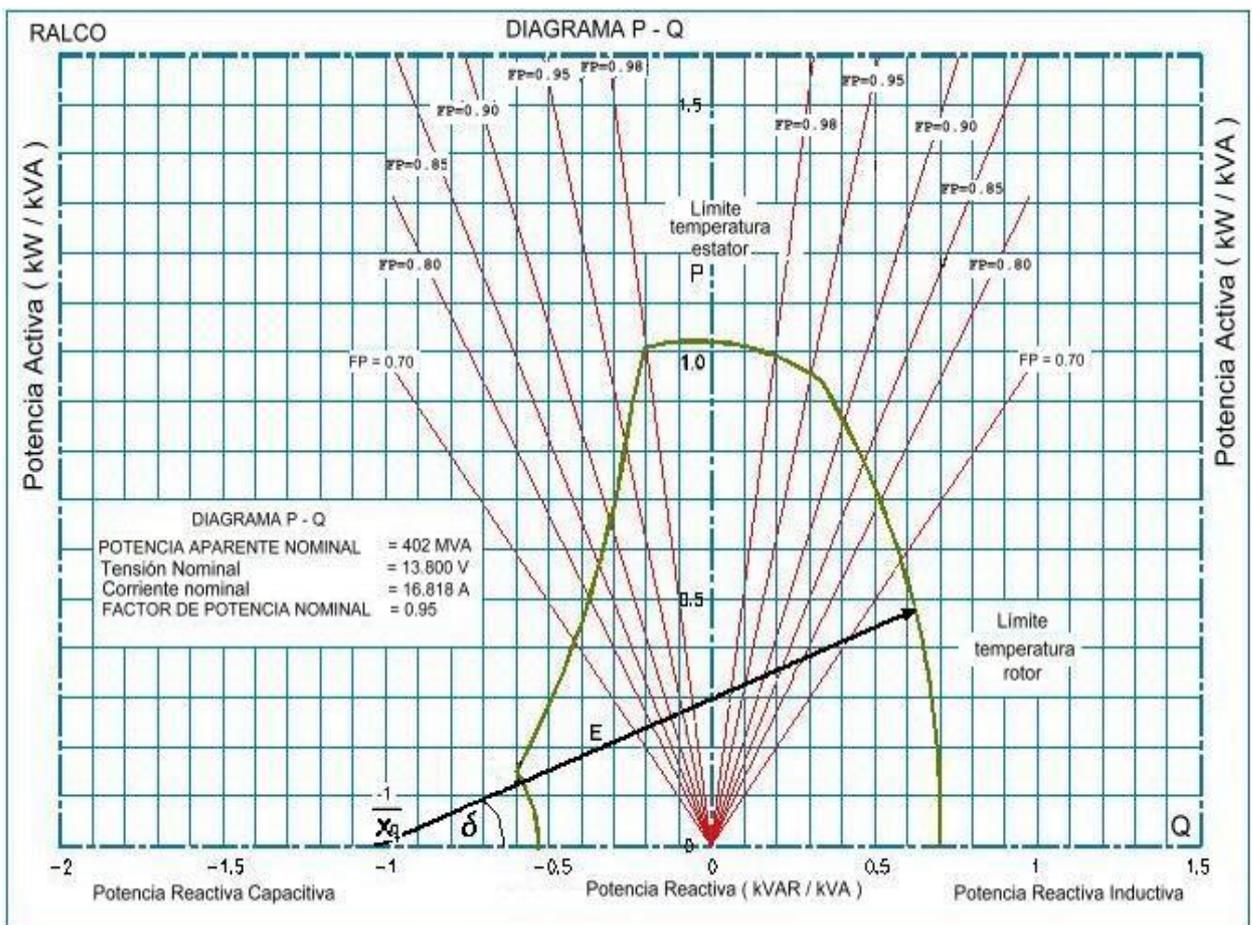


Figura 9.2 – Curva de Capacidad



## 9.2 Puntos de medición

### 9.2.1 Potencia bruta

Para la medición de potencia bruta se utilizó el medidor ION 7650, que el Coordinado posee instalado en sus instalaciones. Para las mediciones se utilizaron los transformadores TTCC y TTPP que el generador tiene de fábrica, clase 0.5 y 0.2 respectivamente. La relación de transformación del TTCC es 17000/1 A y la relación del TTPP es de 14400/120 V.

En las siguientes imágenes se presentan las fotos de placa de los medidores y borneras de conexión de corriente y tensión.



Figura 9.3 – Datos de placa medidor de potencia bruta y factor de potencia - Unidad 1

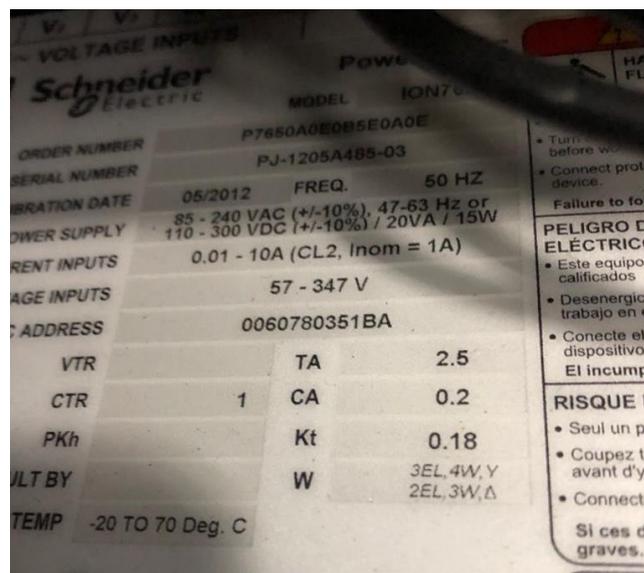


Figura 9.4 – Datos de placa medidor de potencia bruta y factor de potencia - Unidad 2



Figura 9.5 – Bornes medidor de potencia bruta – Unidad 1

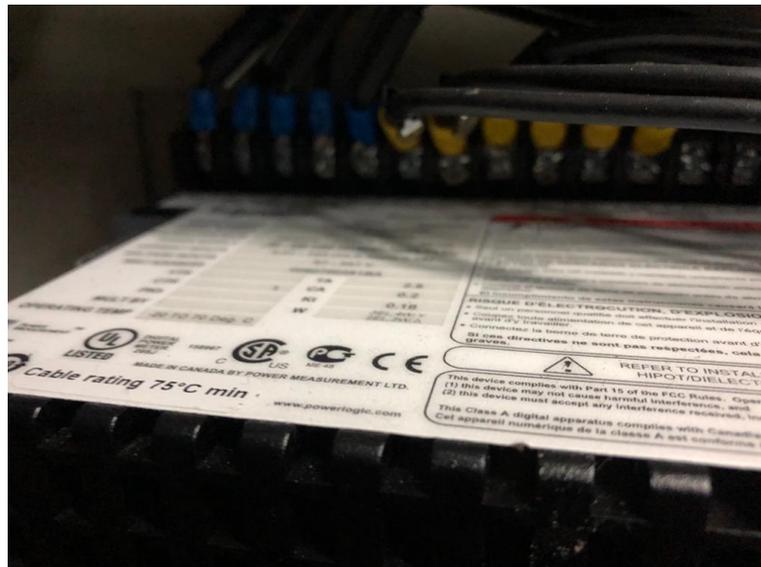


Figura 9.6 – Bornes medidor de potencia bruta – Unidad 2



## 9.2.2 Potencia neta

Para la medición de potencia neta se utilizaron los medidores ION 7650 (Circuito 1 y Circuito 2), que el Coordinado tiene en sus instalaciones. El equipo se conecta a los núcleos de los transformadores de corriente y tensión de clase 0.2. La relación de transformación del TTCC es 2500/1 A y la relación del TTPP es de 23000/115 V.

En las siguientes imágenes se presentan las fotos de placa de los medidores y borneras de conexión de corriente y tensión.

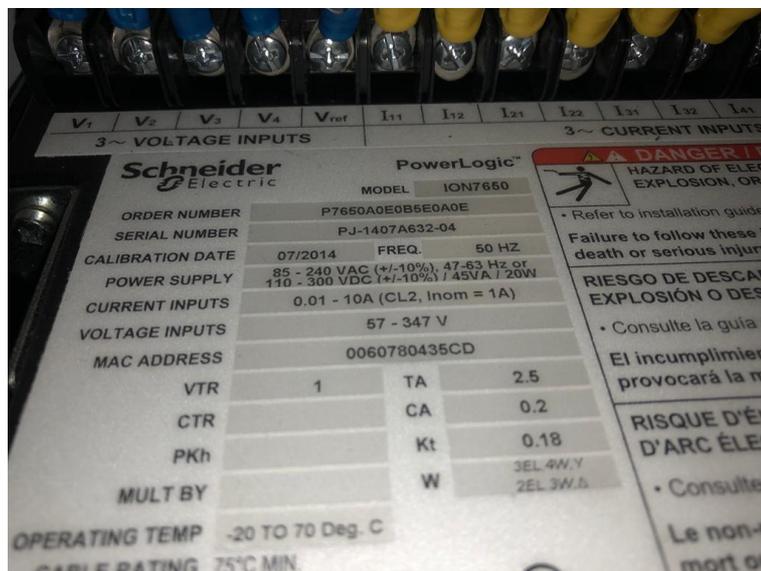


Figura 9.7 – Datos de placa medidor de potencia neta – Circuito 1



Figura 9.8 – Datos de placa medidor de potencia neta – Circuito 2

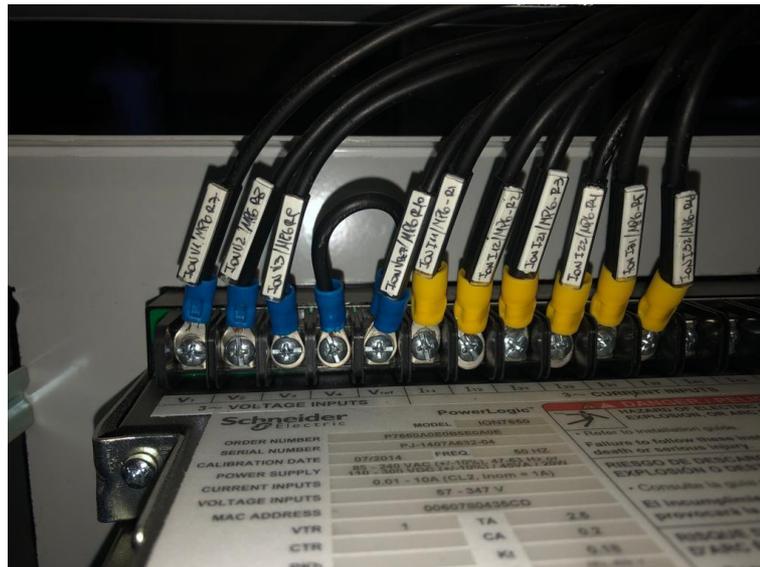


Figura 9.9 – Bornes medidor de potencia neta – Circuito 1



Figura 9.10 – Bornes medidor de potencia neta – Circuito 2



### 9.3 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.

#### 9.3.1 Potencia bruta/FP

Se ha utilizado el medidor que el Coordinado tiene dentro de sus instalaciones. Este medidor es clase 0.2 y cumple con los requerimientos establecidos en el anexo técnico.

El Coordinado ha realizado pruebas de certificación de este equipo previo al desarrollo de las pruebas. El registro de datos se ha realizado con una tasa de muestreo de 1 muestra por minuto y se ha entregado en formato csv.

A continuación, se incluyen los certificados de calibración.



FT-LAB-7.8c



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

FOLIO: 38455

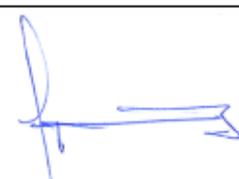
ANTECEDENTES DEL CLIENTE				RESULTADOS DE LA COMPONENTE ACTIVA							
N° / Fecha de Solicitud	: OC 4500343161			N	Fase	Cte. %	Factor	Componente Activa			
Fecha Calibración	: 28.10.2021							Directa	Reversa		
Medidor	: ION 7650			Error (%)	Limite Norma (%)	Error (%)	Limite Norma (%)				
Cliente	: Enel Chile S.A.			1	123	100	1	-0,033	± 0,2	0,001	± 0,2
Instalación	: Unidad 1			2	123	100	0,5	-0,001	± 0,3	-0,017	± 0,3
Subestación	: Central Ralco			3	123	10	1	-0,021	± 0,2	0,010	± 0,2
ANTECEDENTES DEL MEDIDOR				4	123	10	0,5	0,008	± 0,3	-0,035	± 0,3
Marca	: Schneider Electric			5	1	100	1	-0,038	± 0,3	-0,038	± 0,3
Modelo	: P7650A0E0B5E0A0E			6	2	100	1	-0,040	± 0,3	-0,015	± 0,3
N° de Serie	: PJ-1407A627-04			7	3	100	1	-0,016	± 0,3	-0,009	± 0,3
Estado	: En Servicio			8	1	100	0,5	-0,005	± 0,4	0,001	± 0,4
Año Fabricación	: 2014			9	2	100	0,5	0,009	± 0,4	0,009	± 0,4
Clase Exactitud (%)	: 0,2			10	3	100	0,5	-0,029	± 0,4	-0,014	± 0,4
Constante Med.	: 1			RESULTADOS DE LA COMPONENTE REACTIVA							
PATRON DE CALIBRACION				N	Fase	Cte. %	Factor	Componente Reactiva			
Marca	: Applied Precision							Directa	Reversa		
Modelo	: PTE 2300			Error (%)	Limite Norma (%)	Error (%)	Limite Norma (%)				
N° Serie	: 2615020128			1	123	100	1	-0,028	± 2,0	-0,027	± 2,0
Clase de Exactitud	: 0,05			2	123	100	0,5	0,001	± 2,0	0,003	± 2,0
Trazabilidad	: Laboratorio Tecnored			3	123	10	1	-0,027	± 2,0	-0,025	± 2,0
CONDICIONES DE MEDIDA				4	123	10	0,5	0,002	± 2,0	0,011	± 2,0
Lugar de Calibración	: Central Ralco			5	1	100	1	-0,034	± 3,0	-0,035	± 3,0
Tipo de Medida	: WESTRELLA/ACTIVO			6	2	100	1	-0,037	± 3,0	-0,036	± 3,0
Tensión Aplicada	: 63,5 (V)			7	3	100	1	-0,014	± 3,0	-0,014	± 3,0
Corriente Nominal	: 1 (A)			8	1	100	0,5	-0,010	± 3,0	-0,011	± 3,0
N° de Elementos	: 3			9	2	100	0,5	-0,003	± 3,0	0,003	± 3,0
Método Calibración	: Comparación Directa			10	3	100	0,5	0,008	± 3,0	0,009	± 3,0
Frecuencia (Hz)	: 50 (HZ)			<p align="center"><b>OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES</b></p> <p>Los errores encontrados cumplen con la Normativa Vigente IEC 62053-22 (ITEM 8.1). Tecnored S.A., declina toda responsabilidad por el uso indebido que se hicieran de este certificado. Este documento no puede ser reproducido en forma parcial.</p>							
Temperatura (C°)	: 21.7			<p align="right">                       Jaime Eduardo García Collao                      Jefe Área Laboratorio y Medidas                 </p>							
Humedad (%)	: 56.6										
Calibrador	: O. Vergara - I.Llanos										
<p align="center"> <b>TECNORED S.A.</b>                      Cerro El Plomo 3819 Barrio Industrial Curauma, Valparaíso                      Fono: 56-32-2452580 fax: 56-32-2452571                      www.tecnored.cl ventas@tecnored.cl                 </p>											

Figura 9.11 – Certificado de calibración medidor de potencia bruta y factor de potencia (Unidad 1)



FT-LAB-7.8c



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

FOLIO: 38468

ANTECEDENTES DEL CLIENTE				RESULTADOS DE LA COMPONENTE ACTIVA							
Nº / Fecha de Solicitud	: Correo			N	Fase	Cte. %	Factor	Componente Activa			
Fecha Calibración	: 29-10-2021							Directa	Reversa		
Medidor	: ION 7650			Error (%)	Limite Norma (%)	Error (%)	Limite Norma (%)				
Cliente	: Enel Chile S.A.			1	123	100	1	-0,113	± 0,2	-0,110	± 0,2
Instalación	: Unidad 2			2	123	100	0,5	-0,089	± 0,3	-0,087	± 0,3
Subestación	: Central Ralco			3	123	10	1	-0,111	± 0,2	-0,109	± 0,2
ANTECEDENTES DEL MEDIDOR				4	123	10	0,5	-0,088	± 0,3	-0,086	± 0,3
Marca	: Schneider Electric			5	1	100	1	-0,144	± 0,3	-0,141	± 0,3
Modelo	: P7650A0E0B5E0A0E			6	2	100	1	-0,060	± 0,3	-0,059	± 0,3
Nº de Serie	: PJ-1205A485-03			7	3	100	1	-0,133	± 0,3	-0,132	± 0,3
Estado	: En Servicio			8	1	100	0,5	-0,123	± 0,4	-0,119	± 0,4
Año Fabricación	: 2012			9	2	100	0,5	-0,044	± 0,4	-0,045	± 0,4
Clase Exactitud (%)	: 0,2			10	3	100	0,5	-0,108	± 0,4	-0,108	± 0,4
Constante Med.	: 1										
PATRON DE CALIBRACION				RESULTADOS DE LA COMPONENTE REACTIVA							
Marca	: Applied Precision							Componente Reactiva			
Modelo	: PTE 2300							Directa	Reversa		
Nº Serie	: 2615020128			N	Fase	Cte. %	Factor	Error (%)	Limite Norma (%)	Error (%)	Limite Norma (%)
Clase de Exactitud	: 0,05			1	123	100	1	-0,088	± 2,0	-0,087	± 2,0
Trazabilidad	: Laboratorio Tecnored			2	123	100	0,5	-0,108	± 2,0	-0,108	± 2,0
CONDICIONES DE MEDIDA				3	123	10	1	-0,085	± 2,0	-0,085	± 2,0
Lugar de Calibración	: Central Ralco			4	123	10	0,5	-0,140	± 2,0	-0,140	± 2,0
Tipo de Medida	: W,ESTRELLA/ACTIVO			5	1	100	1	-0,056	± 3,0	-0,055	± 3,0
Tensión Aplicada	: 63,5 (V)			6	2	100	1	-0,132	± 3,0	-0,131	± 3,0
Corriente Nominal	: 1 (A)			7	3	100	1	-0,118	± 3,0	-0,119	± 3,0
Nº de Elementos	: 3			8	1	100	0,5	-0,042	± 3,0	-0,040	± 3,0
Método Calibración	: Comparación Directa			9	2	100	0,5	-0,108	± 3,0	-0,105	± 3,0
Frecuencia (Hz)	: 50 (HZ)			10	3	100	0,5	-0,107	± 3,0	-0,108	± 3,0
Temperatura (C°)	: 21,7°C										
Humedad (%)	: 56,8%RH										
Calibrador	: O. Vergara - I.Llanos										
OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES											
Los errores encontrados cumplen con la Normativa Vigente IEC 62053-22 (ITEM 8.1). Tecnored S.A., declina toda responsabilidad por el uso indebido que se hicieran de este certificado. Este documento no puede ser reproducido en forma parcial.											
										 Jaime Eduardo García Collao Jefe Área Laboratorio y Medidas	
<b>TECNORED S.A.</b> Cerro El Plomo 3819 Barrio Industrial Curauma, Valparaíso Fono: 56-32-2452580 fax: 56-32-2452571 www.tecnored.cl ventas@tecnored.cl											

Figura 9.12 – Certificado de calibración medidor de potencia bruta y factor de potencia (Unidad 2)



### 9.3.2 Potencia neta

Se han utilizado los medidores que el Coordinado tiene dentro de sus instalaciones. Estos medidores son clase 0.2 y cumplen con los requerimientos establecidos en el anexo técnico.

El Coordinado ha realizado pruebas de certificación de este equipo previo al desarrollo de las pruebas. El registro de datos se ha realizado con una tasa de muestreo de 1 muestra por minuto y se ha entregado en formato csv.

A continuación, se incluyen los certificados de calibración.



FT-LAB-7.8c



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

FOLIO: 38456

ANTECEDENTES DEL CLIENTE			
N° / Fecha de Solicitud	: OC 4500343161		
Fecha Calibración	: 28.10.2021		
Medidor	: ION 7650		
Cliente	: Enel Chile S.A.		
Instalación	: Línea 1 Ralco-Charrua		
Subestación	: Central Ralco		

ANTECEDENTES DEL MEDIDOR			
Marca	: Schneider Electric		
Modelo	: P7650A0E0B5E0A0E		
N° de Serie	: PJ-1407A632-04		
Estado	: En Servicio		
Año Fabricación	: 2014		
Clase Exactitud (%)	: 0,2		
Constante Med.	: 1		

PATRON DE CALIBRACION			
Marca	: Applied Precision		
Modelo	: PTE 2300		
N° Serie	: 2615020128		
Clase de Exactitud	: 0,05		
Trazabilidad	: Laboratorio Tecnored		

CONDICIONES DE MEDIDA			
Lugar de Calibración	: Central Ralco		
Tipo de Medida	: W,ESTRELLA/ACTIVO		
Tensión Aplicada	: 63,5	(V)	
Corriente Nominal	: 1	(A)	
N° de Elementos	: 3		
Método Calibración	: Comparación Directa		
Frecuencia (Hz)	: 50	(HZ)	
Temperatura (C°)	: 21.7		
Humedad (%)	: 54.6		
Calibrador	: O. Vergara - I.Llanos		

RESULTADOS DE LA COMPONENTE ACTIVA							
N	Fase	Cte.%	Factor	Componente Activa Directa		Componente Activa Reversa	
				Error (%)	Limite Norma (%)	Error(%)	Limite Norma (%)
1	123	100	1	-0,019	± 0,2	-0,015	± 0,2
2	123	100	0,5	0,007	± 0,3	0,012	± 0,3
3	123	10	1	-0,020	± 0,2	-0,017	± 0,2
4	123	10	0,5	0,006	± 0,3	0,009	± 0,3
5	1	100	1	-0,039	± 0,3	-0,036	± 0,3
6	2	100	1	-0,004	± 0,3	-0,003	± 0,3
7	3	100	1	-0,011	± 0,3	-0,010	± 0,3
8	1	100	0,5	-0,025	± 0,4	-0,021	± 0,4
9	2	100	0,5	0,032	± 0,4	0,033	± 0,4
10	3	100	0,5	0,022	± 0,4	0,022	± 0,4

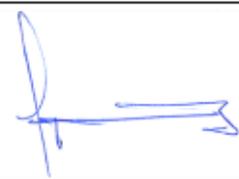
RESULTADOS DE LA COMPONENTE REACTIVA							
N	Fase	Cte.%	Factor	Componente Reactiva Directa		Componente Reactiva Reversa	
				Error (%)	Limite Norma (%)	Error(%)	Limite Norma (%)
1	123	100	1	-0,015	± 2,0	-0,015	± 2,0
2	123	100	0,5	0,012	± 2,0	0,013	± 2,0
3	123	10	1	-0,015	± 2,0	-0,015	± 2,0
4	123	10	0,5	0,013	± 2,0	0,010	± 2,0
5	1	100	1	-0,036	± 3,0	-0,036	± 3,0
6	2	100	1	-0,001	± 3,0	-0,001	± 3,0
7	3	100	1	-0,009	± 3,0	-0,009	± 3,0
8	1	100	0,5	-0,023	± 3,0	-0,020	± 3,0
9	2	100	0,5	0,036	± 3,0	0,035	± 3,0
10	3	100	0,5	0,023	± 3,0	0,023	± 3,0

**OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES**

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



Jaime Eduardo García Collao  
Jefe Área Laboratorio y Medidas

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

Figura 9.13 – Certificado de calibración medidor de potencia neta (Circuito 1)



FT-LAB-7.8c



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

FOLIO: 38467

ANTECEDENTES DEL CLIENTE				RESULTADOS DE LA COMPONENTE ACTIVA							
N° / Fecha de Solicitud	: OC 4500343161			N	Fase	Cte. %	Factor	Componente Activa			
Fecha Calibración	: 28.10.2021							Directa	Reversa		
Medidor	: ION 7650			Error (%)	Limite Norma (%)	Error(%)	Limite Norma (%)				
Cliente	: Enel Chile S.A.			1	123	100	1	-0,020	± 0,2	-0,018	± 0,2
Instalación	: Linea 2 Ralco-Charrua			2	123	100	0,5	0,008	± 0,3	-0,017	± 0,3
Subestación	: Central Ralco			3	123	10	1	-0,019	± 0,2	0,008	± 0,2
				4	123	10	0,5	0,004	± 0,3	0,002	± 0,3
				5	1	100	1	-0,003	± 0,3	-0,023	± 0,3
				6	2	100	1	-0,033	± 0,3	0,022	± 0,3
				7	3	100	1	-0,023	± 0,3	-0,001	± 0,3
				8	1	100	0,5	0,018	± 0,4	0,010	± 0,4
				9	2	100	0,5	-0,003	± 0,4	-0,033	± 0,4
				10	3	100	0,5	0,010	± 0,4	0,011	± 0,4
ANTECEDENTES DEL MEDIDOR				RESULTADOS DE LA COMPONENTE REACTIVA							
Marca	: Schneider Electric			N	Fase	Cte. %	Factor	Componente Reactiva			
Modelo	: P7650A0E0B5E0A0E							Directa	Reversa		
N° de Serie	: PJ-1407A631-04			Error (%)	Limite Norma (%)	Error(%)	Limite Norma (%)				
Estado	: En Servicio			1	123	100	1	-0,017	± 2,0	-0,017	± 2,0
Año Fabricación	: 2014			2	123	100	0,5	0,011	± 2,0	0,010	± 2,0
Clase Exactitud (%)	: 0,2			3	123	10	1	-0,017	± 2,0	-0,017	± 2,0
Constante Med.	: 1			4	123	10	0,5	0,010	± 2,0	0,011	± 2,0
				5	1	100	1	0,032	± 3,0	0,000	± 3,0
				6	2	100	1	-0,031	± 3,0	-0,029	± 3,0
				7	3	100	1	-0,024	± 3,0	-0,024	± 3,0
				8	1	100	0,5	0,022	± 3,0	0,020	± 3,0
				9	2	100	0,5	-0,001	± 3,0	0,001	± 3,0
				10	3	100	0,5	0,011	± 3,0	0,009	± 3,0
PATRON DE CALIBRACION				OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES							
Marca	: Applied Precision			Los errores encontrados cumplen con la Normativa Vigente IEC 62053-22 (ITEM 8.1). Tecnored S.A., declina toda responsabilidad por el uso indebido que se hicieran de este certificado. Este documento no puede ser reproducido en forma parcial.							
Modelo	: PTE 2300										
N° Serie	: 2615020128										
Clase de Exactitud	: 0,05										
Trazabilidad	: Laboratorio Tecnored										
CONDICIONES DE MEDIDA											
Lugar de Calibración	: Central Ralco										
Tipo de Medida	: W,ESTRELLA/ACTIVO										
Tensión Aplicada	: 63,5 (V)										
Corriente Nominal	: 1 (A)										
N° de Elementos	: 3										
Método Calibración	: Comparación Directa										
Frecuencia (Hz)	: 50 (HZ)										
Temperatura (C°)	: 22,6										
Humedad (%)	: 50,5										
Calibrador	: O. Vergara - I.Llanos										

Jaime Eduardo García Collao  
Jefe Área Laboratorio y Medidas

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

Figura 9.14 – Certificado de calibración medidor de potencia neta (Circuito 2)



## 9.4 Acta de ensayos

Se incluye a continuación las actas confeccionadas al finalizar los ensayos en planta.

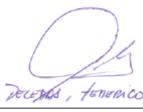
**ESTUDIOS ELECTRICOS** 

ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

**ACTA DE ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA**

Fecha	09/11/2021	Empresa	ENEL Generación S.A.
ID Proyecto	EE-2021-115	Ubicación	Alto Biobío, Región del Biobío, Chile
Denominación de la unidad	Unidad 1		

**Responsables durante la prueba**

Empresa	Nombre	Firmas
ENEL Generación S.A. (Coordinado)	Mauricio Mella G. - Mantenedor/Operador	
	Alejandro Pérez R. - Especialista Sr Sistemas de Control	
	José Carvajal L. - Especialista Sistemas de Control	
	Francisco Camarada U. - Plant Unit Biobío	
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	
	Federico Deledda - Experto Técnico	

[www.estudios-electricos.com](http://www.estudios-electricos.com)

Figura 9.15 – Acta de tareas para la Unidad 1 (1 de 3)



**ESTUDIOS ELECTRICOS**   
ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

**Datos de la unidad**

Potencia aparente nominal [MVA]	402	Corriente de estator nominal [A]	16818
Tensión de estator nominal [kV]	13.8	Factor de potencia nominal	0.95
Potencia activa máxima [MW]	345 <i>Declarado CEN</i>	Corriente de excitación nominal [A]	2205
Mínimo Técnico [MW]	-	Tensión de excitación nominal [V]	260

**Datos de la prueba**

Estado previo de las unidades	<i>Despachada</i>	Arranque de la unidad (fecha-hora)	09/11/2021 -
Inicio del período de estabilización	20:30 Hs	Fin del período de estabilización	21:15 Hs
Inicio del período de prueba Potencia Máxima	21:15 Hs	Fin del período de prueba Potencia Máxima	02:15 Hs (10/11/2021)
Protocolo aplicable	EE-EN-2021-1872 Rev C	Desvíos del protocolo	Si

**Instrumental**

Magnitud	Descripción de equipos y punto de conexión
<b>Potencia neta</b>	Circuito 1: ION 7650 - N° Serie: PJ-1407A632-04. Circuito 2: ION 7650 - N° Serie: PJ-1407A631-04. Equipos de medida de planta clase 0.2, conectados a TTCC y TTPP clase 0.2.
<b>Potencia bruta y factor de potencia</b>	ION 7650 - N° Serie: PJ-1407A627-04. Equipo de medida de planta clase 0.2, conectado a TTCC clase 0.5 y TTPP clase 0.2.
<b>Potencia SSAA</b>	No se mide.

[www.estudios-electricos.com](http://www.estudios-electricos.com)

Figura 9.16 – Acta de tareas para la Unidad 1 (2 de 3)



**ESTUDIOS ELECTRICOS**   
ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

**Valores preliminares**

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

<b>Período</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Potencia Bruta [MW]</b>	389.2	390.7	390.3	389.5	389.4

**Observaciones**

*Desvíos del protocolo:* ENEL Generación confirma que el valor de potencia máxima para la operación de una sola unidad es 390 MW.

*Desarrollo de la prueba:* La unidad logra controlar de manera 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 periodo de estabilización.

*Durante el desarrollo de las pruebas la unidad se operó a máxima potencia nominal 390 MW, la regulación de frecuencia estuvo operativa con un estatismo configurado de 7% y el AGC deshabilitado. Para estabilizar la carga en 390 MW la unidad operó limitada con el limitador de apertura ajustado en 86%.*

*Debido a que las condiciones del Sistema no permitieron aumentar la inyección de reactivos no fue posible que la unidad alcance a operar en factor de potencia de 0.95.*

*Se logró consignar el valor de potencia reactiva en 80 MVAR, lo que permitió tener un factor de potencia cercano a 0.98.*

*Estabilidad durante las pruebas:* Se observó operación estable de la unidad. 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 minuto de ambos medidores. ENEL Generación entregó la totalidad de los registros digitales de esta prueba. La entrega se compone de dos archivos de distintas fuentes: registros de variables eléctricas (Potencia neta y potencia bruta) y sistema SCADA de planta.

*Los servicios auxiliares quedan alimentados únicamente desde la Unidad 1 a través del transformador de SSAA N°01 (interruptor 001JD cerrado e interruptor de acople de barras 004JD cerrado), estando el interruptor de alimentación externa 005JD (Alimentación desde S/E Ralco) abierto.*

*Conclusiones:* Se verificó con éxito que la unidad puede 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](http://www.estudios-electricos.com)

Figura 9.17 – Acta de tareas para la Unidad 1 (3 de 3)



**ESTUDIOS ELECTRICOS**   
ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

**ACTA DE ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA**

Fecha	10/11/2021	Empresa	EDEL Generación S.A.
ID Proyecto	EE-2021-115	Ubicación	Alto Biobío, Región del Biobío, Chile
Denominación de la unidad	Unidad 2		

**Responsables durante la prueba**

<b>Empresa</b>	<b>Nombre</b>	<b>Firmas</b>
EDEL Generación S.A. (Coordinado)	Mauricio Mella G. – Mantenedor/Operador	
	Alejandro Pérez R. – Especialista Sr Sistemas de Control	
	José Carvajal L. – Especialista Sistemas de Control	
	Francisco Camarada U. – Plant Unit Biobío	
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	
	Federico Deledda – Experto Técnico	 Deledda, Federico

[www.estudios-electricos.com](http://www.estudios-electricos.com)

Figura 9.18 – Acta de tareas para la Unidad 2 (1 de 3)



**ESTUDIOS ELECTRICOS**   
ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

**Datos de la unidad**

Potencia aparente nominal [MVA]	402	Corriente de estator nominal [A]	16818
Tensión de estator nominal [kV]	13.8	Factor de potencia nominal	0.95
Potencia activa máxima [MW]	345 <i>Declarado CEN</i>	Corriente de excitación nominal [A]	2205
Mínimo Técnico [MW]	-	Tensión de excitación nominal [V]	260

**Datos de la prueba**

Estado previo de las unidades	<i>Detenida</i>	Arranque de la unidad (fecha-hora)	10/11/2021 19:04
Inicio del período de estabilización	19:45 Hs	Fin del período de estabilización	20:45 Hs
Inicio del período de prueba Potencia Máxima	20:45 Hs	Fin del período de prueba Potencia Máxima	01:45 Hs (11/11/2021)
Protocolo aplicable	EE-EN-2021-1872 Rev C	Desvíos del protocolo	Si

**Instrumental**

Magnitud	Descripción de equipos y punto de conexión
<b>Potencia neta</b>	<i>Círculo 1: ION 7650 - N° Serie: PJ-1407A632-04. Equipos de medida de planta clase 0.2, conectados a TTCC y TTPP clase 0.2.</i>
<b>Potencia bruta y factor de potencia</b>	<i>ION 7650 - N° Serie: PJ-1205A485-03. Equipo de medida de planta clase 0.2, conectado a TTCC clase 0.5 y TTPP clase 0.2.</i>
<b>Potencia SSAA</b>	<i>No se mide.</i>

[www.estudios-electricos.com](http://www.estudios-electricos.com)

Figura 9.19 – Acta de tareas para la Unidad 2 (2 de 3)



**ESTUDIOS ELECTRICOS**   
ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

**Valores preliminares**

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

Período	1	2	3	4	5
Potencia Bruta [MW]	390.7	390.7	391.1	391.2	390.2

**Observaciones**

*Desvíos del protocolo:* ENEL Generación confirma que el valor de potencia máxima para la operación de una sola unidad es 390 MW.

*Desarrollo de la prueba:* La unidad logra controlar de manera 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 periodo de estabilización.

Durante el desarrollo de las pruebas la unidad se operó a máxima potencia nominal 390 MW, la regulación de frecuencia estuvo operativa con un estatismo configurado de 7% y el AGC deshabilitado. Para estabilizar la carga en 390 MW la unidad operó limitada con el limitador de apertura ajustado en 85.8%.

Debido a que las condiciones del Sistema no permitieron aumentar la inyección de reactivos no fue posible que la unidad alcance a operar en factor de potencia de 0.95.

Se logró consignar el valor de potencia reactiva en 80 MVar, lo que permitió tener un factor de potencia cercano a 0.98.

*Estabilidad durante las pruebas:* Se observó operación estable de la unidad. 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 minuto de ambos medidores. ENEL Generación entregó la totalidad de los registros digitales de esta prueba. La entrega se compone de dos archivos de distintas fuentes: registros de variables eléctricas (Potencia neta y potencia bruta) y sistema SCADA de planta.

Los servicios auxiliares quedan alimentados únicamente desde la Unidad 2 a través del transformador de SSAA N°02 (interruptor 002JD cerrado e interruptor de acople de barras 004JD cerrado), estando el interruptor de alimentación externa 005JD (Alimentación desde S/E Ralco) abierto.

*Conclusiones:* Se verificó con éxito que la unidad puede 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](http://www.estudios-electricos.com)

Figura 9.20 – Acta de tareas para la Unidad 2 (3 de 3)



Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco