

**Empresa:** Coordinador Eléctrico Nacional

**País:** Chile

**Proyecto:** Central Hidroeléctrica El Toro

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

**Código de Proyecto:** EE-2021-115

**Código de Informe:** EE-EN-2022-1806

**Revisión:** B



**3 de febrero de 2023**



Este documento EE-EN-2022-1806-RB fue preparado para Coordinador Eléctrico Nacional por Estudios Eléctricos. Para consultas técnicas respecto del contenido del presente comunicarse con:

**Ing. Andrés Capalbo**

Sub-Gerente 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 74 páginas y ha sido guardado por última vez el 03/02/2023 por Federico Deledda, sus versiones y firmantes digitales se indican a continuación:

| Rev. | Fecha      | Comentarios                        | Realizó | Revisó | Aprobó |
|------|------------|------------------------------------|---------|--------|--------|
| A    | 25/11/2022 | Para presentar.                    | NS/FD   | AC     | PR     |
| B    | 03/02/2022 | Se incluyen observaciones del CEN. | FD      | 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.....                         | 12 |
| 4.3   | Condiciones de referencia y curvas de corrección.....                  | 16 |
| 4.3.1 | Curvas de corrección.....  | 17 |
| 4.3.2 | Metodología de corrección.....   | 18 |
| 4.4   | Instrumentación y mediciones.....                                      | 18 |
| 4.4.1 | Metodología.....   | 19 |
| 4.4.2 | Instrumentación principal.....   | 19 |
| 4.4.3 | Mediciones complementarias.....  | 21 |
| 4.5   | Estimación teórica de pérdidas y consumos propios de las unidades..... | 22 |
| 4.5.1 | Consumos propios de servicios auxiliares.....                          | 23 |
| 4.5.2 | Pérdidas en el transformador principal.....                            | 24 |
| 4.5.3 | Pérdidas en los transformadores auxiliares y de excitación.....        | 26 |
| 5     | REALIZACIÓN DE LA PRUEBA.....  | 28 |
| 5.1   | Chequeos preliminares.....   | 28 |
| 5.2   | Desarrollo de las pruebas.....   | 28 |
| 5.2.1 | Verificaciones previas.....  | 28 |
| 5.3   | Incremento de potencia, estabilización e inicio de la prueba.....      | 29 |
| 5.4   | Período de prueba.....   | 31 |
| 6     | CALCULOS REALIZADOS Y RESULTADOS.....                                  | 33 |



|       |  |    |
|-------|--|----|
| 6.1   | Reducción de datos y estabilidad.....                        | 33 |
| 6.2   | Determinación de la potencia de pérdidas totales.....        | 33 |
| 6.2.1 | Desglose de la potencia de pérdidas totales.....             | 34 |
| 6.3   | Correcciones aplicables a la potencia bruta.....             | 36 |
| 6.4   | Cálculo de la potencia neta corregida.....                   | 38 |
| 6.5   | Cálculo del promedio final.....                              | 40 |
| 6.6   | Tabla Resumen general.....                                   | 42 |
| 6.7   | Incertidumbre.....   | 45 |
| 7     | CONCLUSIONES.....  | 47 |
| 8     | NORMATIVA.....   | 49 |
| 9     | ANEXOS.....  | 50 |
| 9.1   | Características turbina y generador.....                     | 50 |
| 9.2   | Puntos de medición.....                                      | 52 |
| 9.2.1 | Potencia bruta.....  | 52 |
| 9.2.2 | Potencia neta.....   | 55 |
| 9.3   | Certificados de calibración de instrumentos de medición..... | 57 |
| 9.3.1 | Potencia bruta/FP.....                                       | 57 |
| 9.3.2 | Potencia neta.....   | 61 |
| 9.4   | Acta de ensayos.....   | 65 |



## 1 INTRODUCCIÓN

---

El presente documento describe las tareas, ensayos y cálculos realizados para obtener el valor de **Potencia Máxima de la Unidad 1, Unidad 3 y Unidad 4 para la Central Hidroeléctrica El Toro** en los términos establecidos en el “*ANEXO TÉCNICO: Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras*”.

Para la ejecución de las pruebas se siguió el protocolo:

*EE-EN-2021-2063-RB\_Procedimiento\_Potencia\_Maxima\_CH\_El\_Toro*

La CH El Toro pertenece a Enel Generación S.A., está ubicada en la comuna Antuco, Región del Bio Bio, está conformada por cuatro generadores sincrónicos idénticos impulsados por turbinas Pelton de eje vertical. Particularmente las turbinas son marca Charmilles que impulsan generadores sincrónicos marca NEBB de 105 MVA de potencia aparente.



## 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, Unidad 3 y Unidad 4 se ejecutaron los días 14, 13 y 12 de octubre de 2022 respectivamente. Todas las pruebas fueron realizadas en presencia de Juan Carlos Sánchez, Alejandro Pérez, Alejandro Cortés y Víctor Sáez por parte del Coordinado (Enel Generación S.A.) 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, Unidad 3 y la Unidad 4 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 El Toro con el siguiente desglose de valores:

| Resumen de resultados CH El Toro - Unidad 1 |  |                 |
|---|--|-----------------|
| Potencia Máxima                             | Bruta Medida [MW]                              | 113,4908        |
|   | <b>Bruta Corregida [MW]</b>                    | <b>113,4368</b> |
|   | Neta Medida [MW]                               | 111,8091        |
|   | <b>Neta Corregida [MW]</b>                     | <b>111,7551</b> |
| Pérdidas y consumos internos                | Consumos de SSAA [kW]                          | 372,32          |
|   | Pérdidas en transformador principal [kW]       | 494,50          |
|   | Pérdidas en transformadores de SS.AA. [kW]     | 19,25           |
|   | Pérdidas en transformadores de excitación [kW] | 15,20           |
|   | Pérdidas en la red interna [kW]                | 780,53          |
|   | <b>Pérdidas totales [kW]</b>                   | <b>1681,80</b>  |

Tabla 2-1 – Resumen resultados – Unidad 1

| Resumen de resultados CH El Toro - Unidad 3 |  |                 |
|---|--|-----------------|
| Potencia Máxima                             | Bruta Medida [MW]                              | 113,5229        |
|   | <b>Bruta Corregida [MW]</b>                    | <b>113,4582</b> |
|   | Neta Medida [MW]                               | 111,7365        |
|   | <b>Neta Corregida [MW]</b>                     | <b>111,6718</b> |
| Pérdidas y consumos internos                | Consumos de SSAA [kW]                          | 388,23          |
|   | Pérdidas en transformador principal [kW]       | 494,50          |
|   | Pérdidas en transformadores de SS.AA. [kW]     | 19,25           |
|   | Pérdidas en transformadores de excitación [kW] | 15,20           |
|   | Pérdidas en la red interna [kW]                | 869,23          |
|   | <b>Pérdidas totales [kW]</b>                   | <b>1786,40</b>  |

Tabla 2-2 – Resumen resultados – Unidad 3

| Resumen de resultados CH El Toro – Unidad 4 |  |                 |
|---|--|-----------------|
| Potencia Máxima                             | Bruta Medida [MW]                              | 113,2699        |
|   | <b>Bruta Corregida [MW]</b>                    | <b>113,2013</b> |
|   | Neta Medida [MW]                               | 111,3258        |
|   | <b>Neta Corregida [MW]</b>                     | <b>111,2573</b> |
| Pérdidas y consumos internos                | Consumos de SSAA [kW]                          | 388,23          |
|   | Pérdidas en transformador principal [kW]       | 494,50          |
|   | Pérdidas en transformadores de SS.AA. [kW]     | 19,25           |
|   | Pérdidas en transformadores de excitación [kW] | 15,20           |
|   | Pérdidas en la red interna [kW]                | 1026,83         |
|   | <b>Pérdidas totales [kW]</b>                   | <b>1944,00</b>  |

Tabla 2-3 – Resumen resultados – Unidad 4



## 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 guió 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 El Toro los inspectores sustitutos fueron **Alejandro Cortés**, quien se desempeña como Mantenedor/Operador de la central, **Alejandro Pérez** quien se desempeña como Especialista Sr en Sistemas de Control, **Juan Carlos Sánchez**, quien se desempeña como Especialista en Sistemas de Control y **Víctor Sáez**, quien se desempeña como Plant Unit Laja.

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 Unidades 1,2,3 y 4 de la Central Hidroeléctrica El Toro. Los Expertos Técnicos designados fueron el Ing. **Federico Deledda** y el Ing. **Federico García**. Ellos fueron los responsables de desarrollar el protocolo de pruebas y supervisar la ejecución de todas las actividades descriptas en el mismo.



### 3.4 Representante empresa generadora

Por parte de Enel Generación S.A., el Coordinado, estuvieron presente durante las pruebas los inspectores sustitutos fueron Alejandro Cortés, quien se desempeña como Mantenedor/Operador de la central, Alejandro Pérez quien se desempeña como Especialista Sr en Sistemas de Control, Juan Carlos Sánchez, quien se desempeña como Especialista en Sistemas de Control y Víctor Sáez, quien se desempeña como Plant Unit Laja.

### 3.5 Representante del Coordinador Eléctrico Nacional

Sin participantes durante las pruebas.

### 3.6 Observador de otro Coordinado

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



## 4 DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD Y CONDICIONES DE PRUEBA

---

### 4.1 Descripción general de la planta

La Central Hidroeléctrica El Toro pertenece a Enel Generación S.A., está ubicada en la comuna Antuco, Región del Bio Bio, está conformada por cuatro generadores sincrónicos idénticos impulsados por turbinas Pelton de eje vertical. Particularmente las turbinas son marca Charmilles que impulsan generadores sincrónicos marca NEBB de 105 MVA de potencia aparente.

Se presenta a continuación, el plano de disposición general de la planta y la conexión de las unidades a la Subestación Central El Toro 220 kV.





## 4.2 Descripción de las unidades de generación

Las cuatro unidades son de similares características, cada unidad está compuesta por una turbina Pelton de eje vertical Charmilles, vinculada a un generador NEBB. Totalizando una potencia bruta instalada de 450 MW<sup>1</sup> para la Central El Toro. Se presenta a continuación el diagrama unilineal de la central.

---

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

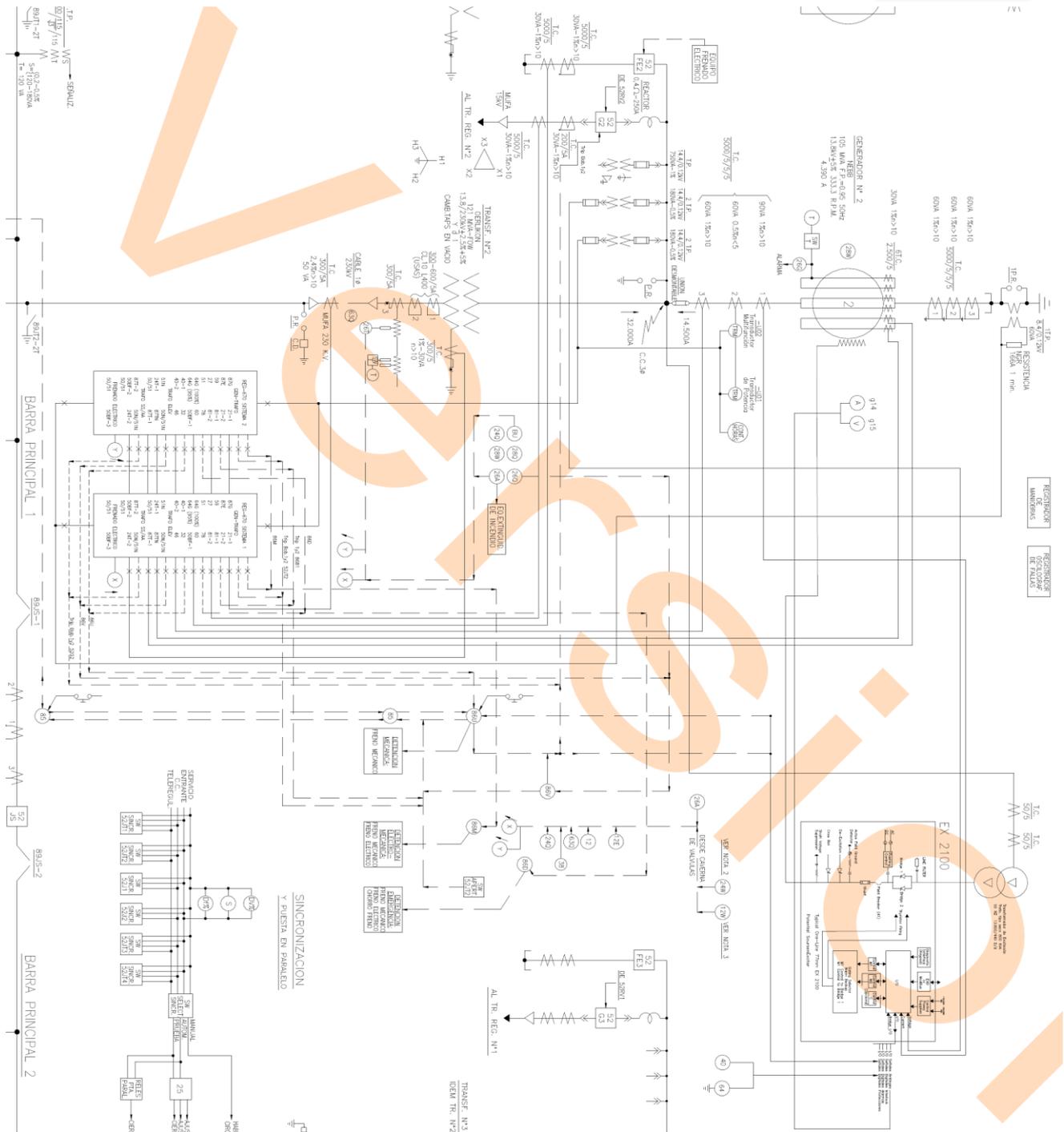


Figura 4.2 – Diagrama unilineal de la central El Toro – Unidad 2

En la siguiente figura se presenta un diagrama unilineal de la distribución de los SSAA de planta.

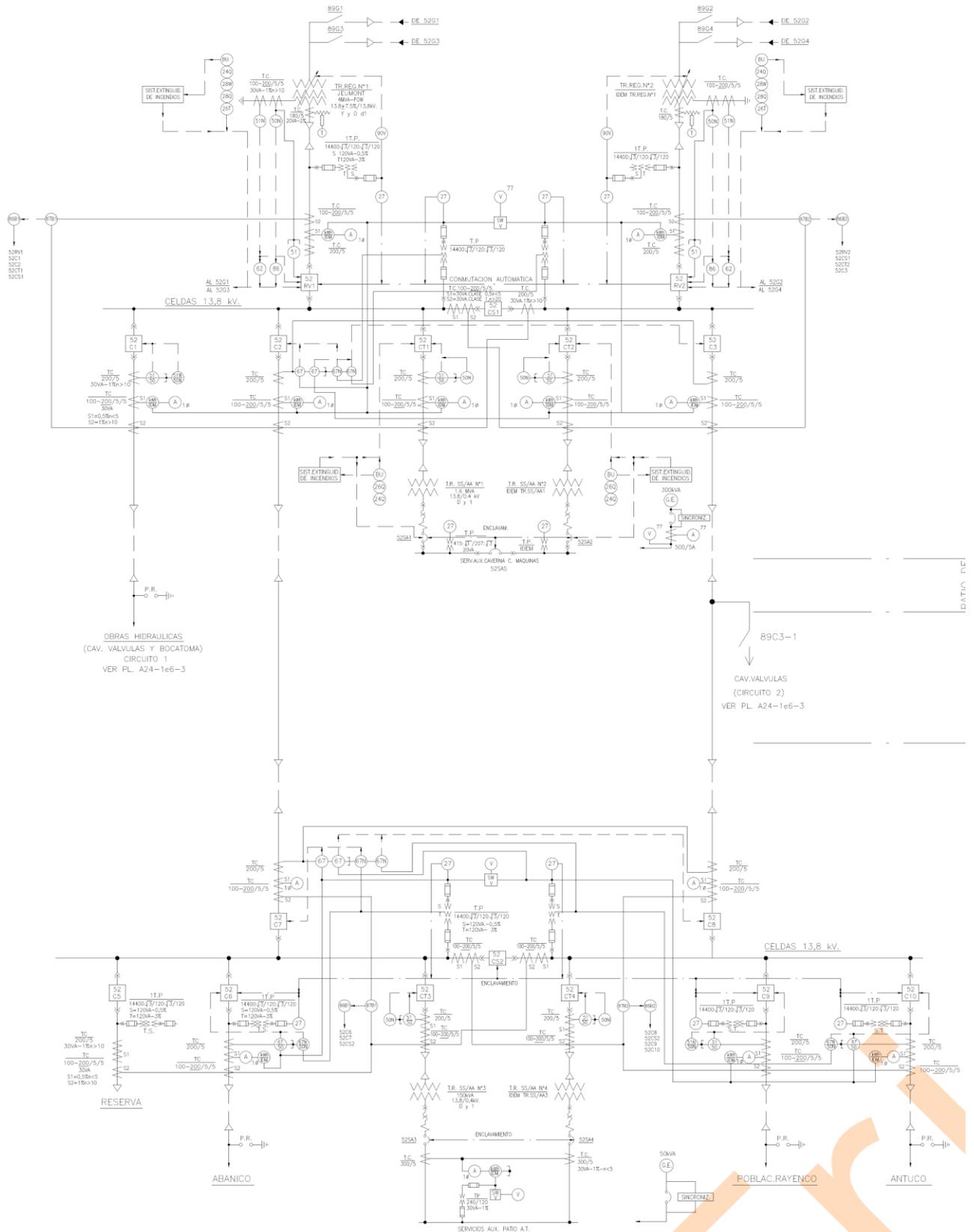


Figura 4.3 - Diagrama Unilineal Servicios Auxiliares



Los datos característicos de placa del generador y turbina se presentan a continuación. En el Anexo 9.1 se pueden encontrar los datos característicos de todas las unidades.

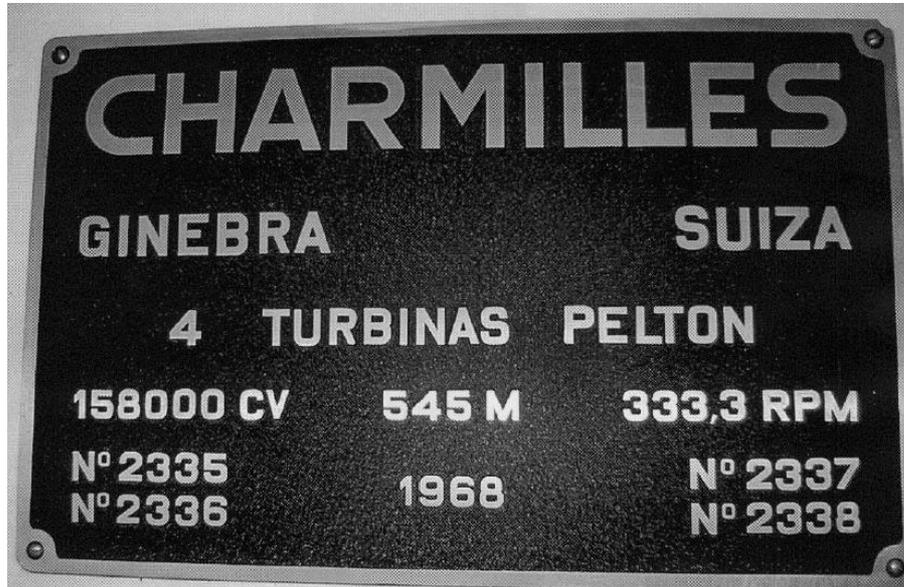


Figura 4.4 – Datos de placa turbina

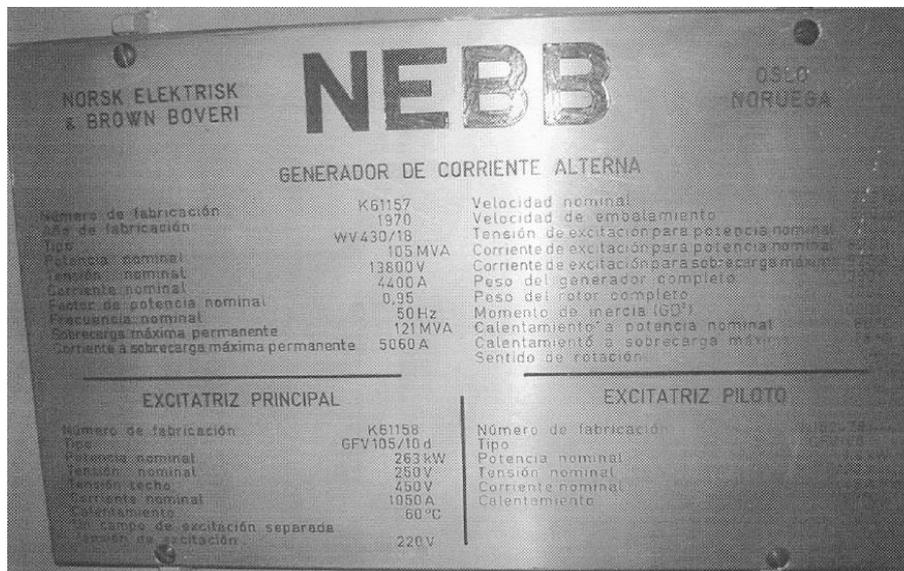


Figura 4.5 – Datos de placa generador



### 4.3 Condiciones de referencia y curvas de corrección

A partir de los resultados 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 El Toro.

| <b>Unidad</b>       | <b>Potencia máxima [MW]</b> |
|---------------------|-----------------------------|
| <b>El Toro – U1</b> | <b>112.5</b>                |
| <b>El Toro – U2</b> | <b>112.5</b>                |
| <b>El Toro – U3</b> | <b>112.5</b>                |
| <b>El Toro – U4</b> | <b>112.5</b>                |

*Tabla 4.1 – Valores base de potencia para cada unidad*

De acuerdo con los parámetros declarados, la potencia máxima bruta esperable de la Central El Toro es de 450 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 esquemático de planta donde se distinguen los elementos disponibles en este caso.

Considerando estos diagramas junto con el levantamiento de información realizado y los requerimientos del Anexo Técnico se describe la metodología propuesta.

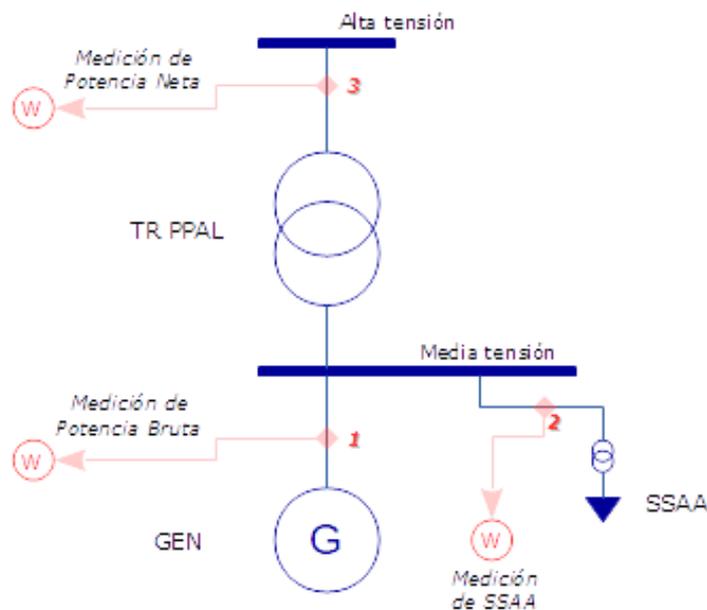


Figura 4.7 – Unilineal de planta esquemático



#### 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 fue registrada a partir de medidores ubicados en la SE El Toro. La potencia de las pérdidas y consumos internos se calcula indirectamente a partir de la medición de la potencia neta.

Para las mediciones de potencia bruta de cada unidad, los transformadores de instrumentación (PTs, CTs) son clase 0.5 (puntos “1” en la Figura 4.7). Para la medición de voltaje se utilizan transformadores de tensión cuyas relaciones de transformación son 14.4/0.12 kV. Para la medición de corriente se utilizan transformadores de corriente cuyas relaciones de transformación son 5000/5 A.

Para las mediciones de potencia neta, los transformadores de instrumentación (PTs, CTs) son clase 0.2 (puntos “3” en la Figura 4.7). Para la medición de voltaje se utilizan transformadores de tensión cuyas relaciones de transformación son 230/0.115 kV. Para la medición de corriente se utilizan transformadores de corriente cuyas relaciones de transformación son 600/2.5A.

Para la medición de potencia bruta de cada unidad se utilizará 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.

Para la medición de potencia neta se utilizará medidores ION 7650 que el Coordinado posee instalados en la SE El Toro. Los mismos son clase 0.2 y cumplen con las exigencias de precisión requeridas.

#### 4.4.2 Instrumentación principal

Se instrumentará tal como se resume en la Tabla 4-3. La misma indica la instrumentación principal a ser utilizada, magnitud medida, tipo y clase, y ubicación.



| #  | Magnitud                              | Instrumento                       | Tipo, clase y muestreo | Propietario y certificado      | Ubicación  | Tipo de registro |
|----|---------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|--------------------------------|--|------------------|
| 1  | <b>Potencia activa bruta Unidad 1</b> | ION 7650<br>Serie: PJ-1203A193-03 | A, 0.2, 1 min          | Enel Generación<br>Figura 9.14 | Conectado PTs y CTs clase 0.5, en punto 1 del unilíneal la Figura 4.7. Borneras y puntos de conexión en Anexo 9.2.1. | Digital          |
| 2  | <b>Factor de potencia Unidad 1</b>    | ION 7650<br>Serie: PJ-1203A193-03 | A, 0.2, 1 min          | Enel Generación<br>Figura 9.14 | Conectado PTs y CTs clase 0.5, en punto 1 del unilíneal la Figura 4.7. Borneras y puntos de conexión en Anexo 9.2.1. | Digital          |
| 3  | <b>Potencia activa neta Unidad 1</b>  | ION 7650<br>Serie: MJ-1303A883-03 | A, 0.2, 1 min          | Enel Generación<br>Figura 9.17 | Conectado PTs y CTs clase 0.2, en punto 3 del unilíneal la Figura 4.7. Borneras y puntos de conexión en Anexo 9.2.2. | Digital          |
| 7  | <b>Potencia activa bruta Unidad 3</b> | ION 7650<br>Serie: PJ-1009A671-02 | A, 0.2, 1 min          | Enel Generación<br>Figura 9.15 | Conectado PTs y CTs clase 0.5, en punto 1 del unilíneal la Figura 4.7. Borneras y puntos de conexión en Anexo 9.2.1. | Digital          |
| 8  | <b>Factor de potencia Unidad 3</b>    | ION 7650<br>Serie: PJ-1009A671-02 | A, 0.2, 1 min          | Enel Generación<br>Figura 9.15 | Conectado PTs y CTs clase 0.5, en punto 1 del unilíneal la Figura 4.7. Borneras y puntos de conexión en Anexo 9.2.1. | Digital          |
| 9  | <b>Potencia activa neta Unidad 3</b>  | ION 7650<br>Serie: MJ-1302A905-03 | A, 0.2, 1 min          | Enel Generación<br>Figura 9.18 | Conectado PTs y CTs clase 0.2, en punto 3 del unilíneal la Figura 4.7. Borneras y puntos de conexión en Anexo 9.2.2. | Digital          |
| 10 | <b>Potencia activa bruta Unidad 4</b> | ION 7650<br>Serie: PJ-1203A195-03 | A, 0.2, 1 min          | Enel Generación<br>Figura 9.16 | Conectado PTs y CTs clase 0.5, en punto 1 del unilíneal la Figura 4.7. Borneras y puntos de conexión en Anexo 9.2.1. | Digital          |
| 11 | <b>Factor de potencia Unidad 4</b>    | ION 7650<br>Serie: PJ-1203A195-03 | A, 0.2, 1 min          | Enel Generación<br>Figura 9.16 | Conectado PTs y CTs clase 0.5, en punto 1 del unilíneal la Figura 4.7. Borneras y puntos de conexión en Anexo 9.2.1. | Digital          |
| 12 | <b>Potencia activa neta Unidad 4</b>  | ION 7650<br>Serie: MJ-1303A343-03 | A, 0.2, 1 min          | Enel Generación<br>Figura 9.19 | Conectado PTs y CTs clase 0.2, en punto 3 del unilíneal la Figura 4.7. Borneras y puntos de conexión en Anexo 9.2.2. | 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 o el propietario de los equipos. Se requerirá la entrega de los registros digitales de las pruebas durante y luego de la ejecución de las mismas.

#### 4.4.3 Mediciones complementarias

Adicionalmente 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  | TOR_TH1_MW_P            |                        | TOR_TH2_MW_P            |                        |
| Potencia Reactiva                                      | TOR_TH1_EX_Q            |                        | TOR_TH2_EX_Q            |                        |
| Velocidad  | TOR_TH1_SPEED_RPM       |                        | TOR_TH2_SPEED_RPM       |                        |
| Tensión  | TOR_TH1_EX_V1           |                        | TOR_TH2_EX_V1           |                        |
| Frecuencia   | TOR_TH1_FREQ_IF         |                        | TOR_TH2_FREQ_IF         |                        |
| Caudal   | ---                     |                        | ---                     |                        |
| Posición   | TOR_TH1_POS_SP          |                        | TOR_TH2_POS_SP          |                        |
| Nivel del espejo de agua del embalse o cámara de carga | TOR_00_COTA_LAJISP      |                        |                         |                        |
| Altura bruta (Medida de embalse y descarga)            | TOR_OH_CHI_EQUI_NI      |                        |                         |                        |
| Temperatura del devanado del estator y cojinetes       | Devanado Unidad 1       | Cojinetes Unidad 1     | Devanados Unidad 2      | Cojinetes Unidad 2     |
|  | TOR_TH1_GENWIND_TE8     | Descanso Guía Superior | TOR_TH2_GENWIND_TE8     | Descanso Guía Superior |
|  |                         | TOR_TH1_UPPBRNG_TE2    |                         | TOR_TH2_UPPBRNG_TE2    |
|  |                         | TOR_TH1_UPPBROIL_TE    |                         | TOR_TH2_UPPBROIL_TE    |
|  |                         | Descanso de empuje     |                         | Descanso de empuje     |
|  |                         | TOR_TH1_THB_OIL        |                         | TOR_TH2_THB_OIL        |
|  |                         | TOR_TH1_THR_BRNG_TE2   |                         | TOR_TH2_THR_BRNG_TE2   |
|  |                         | Descanso Guía Inferior |                         | Descanso Guía Inferior |
|  |                         | TOR_TH1_LW_BRNG_TE1    |                         | TOR_TH2_LW_BRNG_TE1    |
|  | Núcleo estator Unidad 1 |                        | Núcleo estator Unidad 2 |                        |
|  | TOR_TH1_STATOR_TE1      |                        | TOR_TH2_STATOR_TE1      |                        |
|  |                         | Descanso Turbina       |                         | Descanso Turbina       |
|  |                         | TOR_TH1_TB_BRNG_TE1    |                         | TOR_TH2_TB_BRNG_TE1    |
|  | Unidad 3                |                        | Unidad 4                |                        |
| Potencia Activa  | TOR_TH3_MW_P            |                        | TOR_TH4_MW_P            |                        |
| Potencia Reactiva                                      | TOR_TH3_EX_Q            |                        | TOR_TH4_EX_Q            |                        |
| Velocidad  | TOR_TH3_SPEED_RPM       |                        | TOR_TH4_SPEED_RPM       |                        |
| Tensión  | TOR_TH3_EX_V1           |                        | TOR_TH4_EX_V1           |                        |
| Frecuencia   | TOR_TH3_FREQ_IF         |                        | TOR_TH4_FREQ_IF         |                        |
| Caudal   | ---                     |                        | ---                     |                        |
| Posición   | TOR_TH3_POS_SP          |                        | TOR_TH4_POS_SP          |                        |
| Nivel del espejo de agua del embalse o cámara de carga |                         |                        |                         |                        |
| Altura bruta (Medida de embalse y descarga)            |                         |                        |                         |                        |
| Temperatura del devanado del estator y cojinetes       | Devanados Unidad 3      | Cojinetes Unidad 3     | Devanados Unidad 4      | Cojinetes Unidad 4     |
|  | TOR_TH3_GENWIND_TE8     | Descanso Guía Superior | TOR_TH4_GENWIND_TE8     | Descanso Guía Superior |
|  |                         | TOR_TH3_UPPBRNG_TE2    |                         | TOR_TH4_UPPBRNG_TE2    |
|  |                         | TOR_TH3_UPPBROIL_TE    |                         | TOR_TH4_UPPBROIL_TE    |
|  |                         | Descanso de empuje     |                         | Descanso de empuje     |
|  |                         | TOR_TH3_THB_OIL        |                         | TOR_TH4_THB_OIL        |
|  |                         | TOR_TH3_THR_BRNG_TE2   |                         | TOR_TH4_THR_BRNG_TE2   |
|  |                         | Descanso Guía Inferior |                         | Descanso Guía Inferior |
|  |                         | TOR_TH3_LW_BRNG_TE1    |                         | TOR_TH4_LW_BRNG_TE1    |
|  | Núcleo estator Unidad 3 |                        | Núcleo estator Unidad 4 |                        |
|  | TOR_TH3_STATOR_TE1      |                        | TOR_TH4_STATOR_TE1      |                        |
|  |                         | Descanso Turbina       |                         | Descanso Turbina       |
|  |                         | TOR_TH3_TB_BRNG_TE1    |                         | TOR_TH4_TB_BRNG_TE1    |

Tabla 4-4 - Variables SCADA Central El Toro

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



#### 4.5 Estimación teórica de pérdidas y consumos propios de las unidades

Se pretende estimar los consumos propios que posee cada unidad y las pérdidas ocasionadas en los distintos transformadores de potencia de manera de poder contar con una valorización que permita asegurar que las mediciones indirectas realizadas para conocer estos valores sean consistentes. A continuación, en la Tabla 4-5 se muestra los resultados obtenidos mientras que en los capítulos sucesivos se hará el desglose de cada uno de los consumos.

| <b>Consumos</b>                                | <b>Potencia estimada</b>                                     |
|--|--|
| <i>Consumos de SSAA</i>                        | <i>372,32 kW (U1)<br/>388,23 kW (U3 y U4)</i>                |
| <i>Pérdidas en transformador principal</i>     | <i>494,5 kW</i>  |
| <i>Pérdidas en transformadores de SSAA</i>     | <i>19,25 kW</i>  |
| <i>Pérdidas en transformador de excitación</i> | <i>15,2 kW</i>   |
| <i>Pérdidas en la red interna<sup>3</sup></i>  | <i>780,53 kW (U1)<br/>869,23 kW (U3)<br/>1026,83 kW (U4)</i> |
| <b>Total</b>                                   | <b>1681,8 kW (U1)<br/>1786,4 kW (U3)<br/>1944,0 kW (U4)</b>  |

Tabla 4-5 - Valores teóricos obtenidos de pérdidas y consumos propios

<sup>3</sup> Las pérdidas en la red interna se estiman como la diferencia entre el promedio de las pérdidas totales obtenidas en cada unidad menos los valores estimados de pérdidas en los transformadores (494.5 kW, 19.25 kW y 16.1 kW) y consumos de SSAA respectivos.



#### 4.5.1 Consumos propios de servicios auxiliares

Se presenta en la Tabla 4-6 las mediciones de Servicios Auxiliares registradas durante el ensayo de la Unidad 1 y Unidad 3. Estos datos fueron registrados en los puntos de medición señalados en la Figura 4.8.

| Períodos             | P <sub>SSAA</sub> Unidad 1 [kW] | P <sub>SSAA</sub> Unidad 3 y 4 [kW] |
|----------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| 20:00                | 357,83                          | ---                                 |
| 20:15                | 361,664                         | ---                                 |
| 20:30                | 369,768                         | ---                                 |
| 20:45                | 368,240                         | 398,715                             |
| 21:00                | 368,998                         | 388,874                             |
| 21:15                | 368,236                         | 376,533                             |
| 21:30                | 373,579                         | 384,601                             |
| 21:45                | 372,573                         | 389,928                             |
| 22:00                | 370,999                         | 389,891                             |
| 22:15                | 369,701                         | 401,193                             |
| 22:30                | 372,585                         | 394,578                             |
| 22:45                | 377,173                         | 381,701                             |
| 23:00                | 375,728                         | 388,912                             |
| 23:15                | 379,337                         | 383,554                             |
| 23:30                | 377,004                         | 380,278                             |
| 23:45                | 375,429                         | 381,192                             |
| 0:00                 | 372,222                         | 394,013                             |
| 0:15                 | 370,849                         | 390,888                             |
| 0:30                 | 377,253                         | 386,744                             |
| 0:45                 | 382,082                         | 389,933                             |
| 1:00                 | 377,512                         | 386,526                             |
| <b>Promedio [kW]</b> | <b>372,322</b>                  | <b>388,225</b>                      |

Tabla 4-6 - Mediciones de consumos de SS.AA.

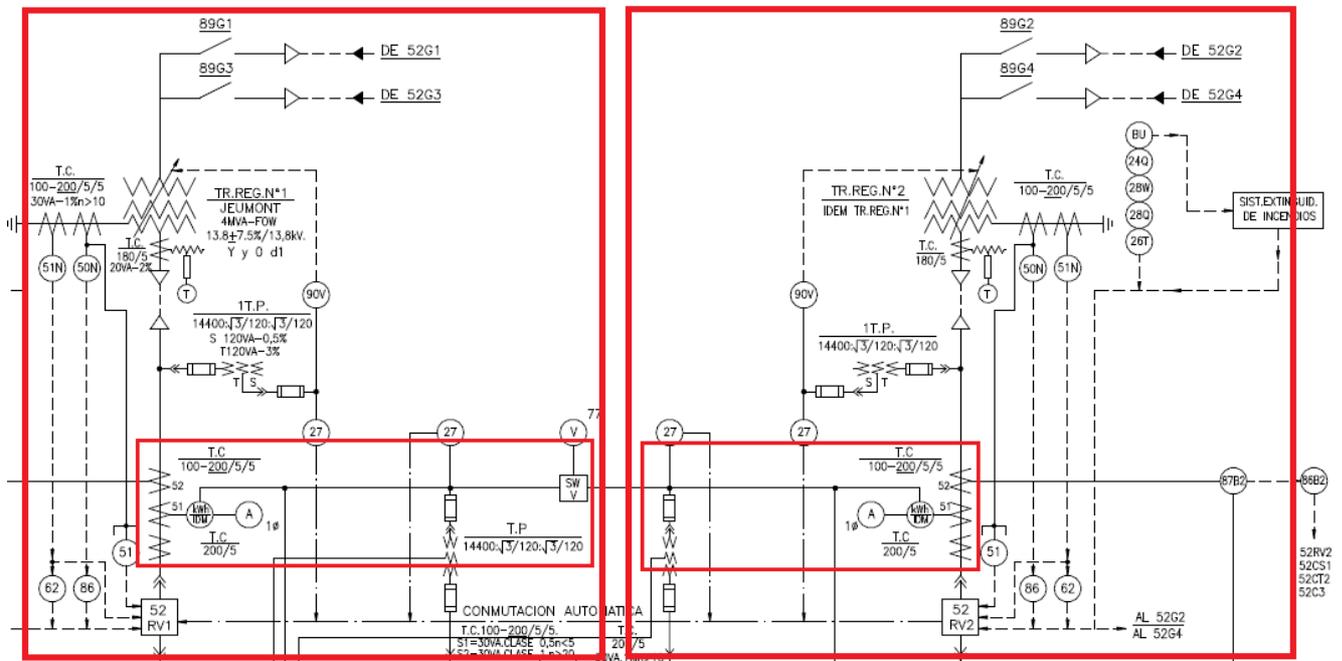


Figura 4.8 - Punto de medición de consumos de SS.AA. durante los ensayos



### 4.5.2 Pérdidas en el transformador principal

De acuerdo con el reporte de inspección de datos del transformador, las pérdidas totales de cada transformador (pérdidas en vacío más las pérdidas en carga) son de 494,5 kW.

Prüfprotokoll zu WBZ  
Protocole d'essais du WBZ  
Test Sheet for WBZ

WZT 995 786 101

Fabr. Nr. B  
No. de fabrication B  
Serial No. B

Verk.-Abt.  
Dépt. de vente  
Sales dept.

Schema T  
Schéma T. 0937 442  
Diagram T

Besteller / Commandé par / Ordered by: ENDESA, CHILE

Anlage / Installation: EL TORO

Abnahmeversuche / Essais de réception / Acceptance tests: 28.7.1970

Sonderversuche / Essais particuliers / Special tests: Power factor, Megger-test, CT, Oil-leak test, Vakuum test, Regulation, Corona test

Parallellauf mit Transformator Fabr. Nr. / Marche en parallèle avec transformateur No. / Parallel-run with transformer No.:

gleich / Ähnlich / identique à / similar to No. B.:

Phasen  
Phases  
Phases

Transformator  
Transformateur  
Transformer

Typ  
Type  
Type

3 No. B 995 786 101.4

121 000

DOFA 8212  
1970

Schaltung Gruppe  
Couplage Groupe  
Connection Group

Übersetzung bei Leerlauf  
Rapport de transformation à vide  
Ratio at no-load

241500 - 230000 - 224250  
13800

290 - 304 - 311  
5062

Eo/Eco/Uz Hz/c/s  
%  
12,0 50

1. Übersetzung und Polarität / Rapport de transformation et polarité / Ratio and Polarity  
Gemäss Tabelle Schema T In der zulässigen Toleranz von  $\pm 0,5\%$   
D'après le tableau du schéma T 995 786 101.4 avec une tolerance de  $\pm 0,5\%$   
As in the table on the diagram T within the permissible tolerance of  $\pm 0,5\%$

2. Leerlaufmessung nach bei Nennspannung Volt Hz  
Mesure à vide d'après ASA tension nominale 13 800 Volts 50 Hz  
No-load test in accordance to at rated voltage Volts c/s

Leerlaufverluste / Pertes à vide / No-load losses

| $U_H$<br>% | gemessen<br>mesurées<br>measured<br>kW | garantiert<br>garantis<br>guaranteed<br>W | gemessen<br>mesuré<br>measured<br>% | garantiert<br>garanti<br>guaranteed<br>% |
|------------|--|---|-------------------------------------|--|
| 105        | 107,6                                  | 01  | --                                  | --                                       |
| 100        | 89,2                                   | 84  | 0,338                               | --                                       |
| 95         | 73,3                                   | 72  | --                                  | --                                       |
| 80         | --                                     | --  | --                                  | --                                       |

3. Widerstandsmessung / Mesure des résistances / Resistance Measurement  
(Werte in Ohm und pro Phase) Temperatur des Öles °C  
(Valeurs en Ohm par phase) Température de l'huile 22,7 °C  
(Values in ohms per phase) Oil temperature °C

| HV -Wicklung<br>Enroulement<br>-Winding |                                |        | -Wicklung<br>Enroulement<br>-Winding |                                |   | LV -Wicklung<br>Enroulement<br>-Winding |                                |          |
|---|--------------------------------|--------|--------------------------------------|--------------------------------|---|---|--------------------------------|----------|
| Stellung<br>Tap<br>Position             | Klemmen<br>Terminals<br>Bornes | R      | Stellung<br>Tap<br>Position          | Klemmen<br>Terminals<br>Bornes | R | Stellung<br>Tap<br>Position             | Klemmen<br>Terminals<br>Bornes | R        |
| 241,5 / 13,8                            |                                | 1,2553 |                                      |                                |   |   |                                | 0,003117 |
| 235,75 / 13,8                           |                                | 1,2253 |                                      |                                |   |   |                                |          |
| 230,00 / 13,8                           |                                | 1,1963 |                                      |                                |   |   |                                |          |
| 224,2 / 13,8                            |                                | 1,1673 |                                      |                                |   |   |                                |          |

Tabla 4-7 - Valores medidos de pérdidas en vacío en el transformador principal



Prüfprotokoll zu WBZ  
Protocole d'essais du WBZ 995 786 101  
Test Sheet for WBZ

Fabr. N. B  
No. de fabrication B 4  
Serial No.

Seite  
Page 2

4. Kurzschlussmessung / Court-circuit / Short-circuit test nach d'après ASA in accordance to

bei Nennstrom und 75 °C  
Courant nominal et à 75 °C  
at rated current and 75 °C

| Betrieb<br>Rapports tension-courant<br>Rating |            | Lastverluste<br>Pertes dues à la charge<br>Load-Losses |  | Kurzschlussspannung<br>Tension de court-circuit<br>Impedance Voltage |  |
|---|------------|--|--|--|--|
| kV  | Amp.       | gemessen<br>kW mesurées<br>measured                    | garantiert<br>kW garanties<br>guaranteed | gemessen<br>% mesurée<br>measured                                    | garantiert<br>% garantie<br>guaranteed |
| 211,5 / 13,8                                  | 290 / 5062 | 398,6  | -  | 11,60  | -                                      |
| 230 / 13,8                                    | 304 / 5062 | 405,3  | 434                                      | 11,73  | 12                                     |
| 224,25 / 13,8                                 | 311 / 5062 | 416,0  | -  | 11,77  | -                                      |
| /   | /          |  |  |  |  |
| /   | /          |  |  |  |  |
| /   | /          |  |  |  |  |
| /   | /          |  |  |  |  |

5. Spannungsproben / Essais électriques / Insulation Tests

5.1. Eigenspannung  
Tension induite sous  
Induced voltage test 140 Hz 2,03 fach UN entsprechend 395 kV HV  
c/s fois UN correspond à  
während pendant 43 s corresponding to

5.2. Fremdspannung / Tension appliquée / Applied voltage test: f = 50 Hz / c/s

| LV | Wicklung<br>Enroulement<br>-Winding | 34 kV  | 60 s | Wicklung<br>Enroulement<br>-Winding | kV | s |
|----|-------------------------------------|--------|------|-------------------------------------|----|---|
| HV | Wicklung<br>Enroulement<br>-Winding | 140 kV | 60 s | Wicklung<br>Enroulement<br>-Winding | kV | s |
|    | Wicklung<br>Enroulement<br>-Winding | kV     | s    | Wicklung<br>Enroulement<br>-Winding | kV | s |

6. Öl: Ch-Labor Attest Nr. inibiert?  
Huile: Attestation du laboratoire de chimie No. 995 786101,4 inibé? no  
Oil: Ch-Lab. test No. inhibited?

AG BROWN BOVERI & Cie OERLIKON  
Transformatoren-Versuchstokal  
Plate-forme d'essais des transformateurs  
Transformer Testing Department

*Arbach*

Tabla 4-8 - Valores medidos de pérdidas en carga en el transformador principal



### 4.5.3 Pérdidas en los transformadores auxiliares y de excitación

Para estimar las pérdidas en los transformadores de SS.AA. y de excitación se tuvo que recurrir a las hojas de datos de equipos de similares características<sup>4</sup> ya que no se contaba con los datos propios de la unidad. En la generalidad, los valores obtenidos se encuentran dentro de lo esperado para la potencia nominal de este tipo de transformadores.

| GENERAL DATA   |   |             |              | ELECTRIC CHARACTERISTICS   |   |             |            |
|--|---|-------------|--------------|--|---|-------------|------------|
| Type   | Resiglas  |             |              | Frequency (Hz)   | 50  |             |            |
| Specification/Norm   | IEC 60076-11                                    |             |              | Phases Number  | 3   |             |            |
| Protection Degree  | IP-21   |             |              | Vector Group (Phase Angle)   | Dyn1  |             |            |
| Installation   | Indoor  |             |              | Dielectric test  | HV  | LV          |            |
| Max Installation Height (m)                                  | 1000  |             |              | Voltage Class (kV)   | 17.5  | 1.1         |            |
| Atmosphere   | Not Aggressive                                  |             |              | NBI (kV)   | 95  | 0           |            |
| Max Temperature Ambient (°C)                                 | 40  |             |              | Withstand Voltage test (kV)  | 38  | 3           |            |
| Potency (kVA)  | AN  | AF          | Windings     | Tension (V)  |   |             | Connection |
| 1000   | -   | -           | High Voltage | 14490/14145/13800/13455/13110  |   |             | Delta      |
|  |   |             | Low Voltage  | 380/220  |   |             | Star       |
| Temperature rise of windings (°C)                            |   |             |              | Medium   | HV  | LV          |            |
|  |   |             |              | Hotest Place   | 100   | 100         |            |
| Temperature class of Material Windings Isolated              |   |             |              |  | 110   | 110         |            |
|  |   |             |              | F - 155°C  | F - 155°C                                     | F - 155°C   |            |
| Load   | EFFICIENCY (%)                                  |             |              | REGULATION (%)   |   |             |            |
| Factor (%)   | Cos φ = 0,8                                     | Cos φ = 0,9 | Cos φ = 1,0  | Cos φ = 0,8  | Cos φ = 0,9                                   | Cos φ = 1,0 |            |
| 25   | 98.52   | 98.68       | 98.81        | 1.16   | 0.96  | 0.37        |            |
| 50   | 98.66   | 98.8        | 98.92        | 2.32   | 1.92  | 0.74        |            |
| 75   | 98.44   | 98.61       | 98.75        | 3.47   | 2.88  | 1.1         |            |
| 100  | 98.14   | 98.34       | 98.5         | 4.63   | 3.84  | 1.47        |            |
| -  | -   | -           | -            | -  | -   | -           |            |
| WARRANTED VALUES (13800v - 100°C)                            |   |             |              | Tests (Accordant Norm IEC 60076-11)  |   |             |            |
| No load loss (W)   | 2200  |             |              | Routine + Partial Discharge  | Yes   |             |            |
| Load loss (W)  | 13000   |             |              | Type / Special (Accordant Inspection and Test Plan)                              | Yes   |             |            |
| Total loss (W)   | 15200   |             |              | OBSERVATIONS   |   |             |            |
| No load current (Excitation) (%)                             | 0.65  |             |              | - Material Windings: Copper  |   |             |            |
| Impedance (%)  | 6   |             |              | - Increase 40% in Potency (1400kVA) with the installation of Ventilation circuit |   |             |            |
| Sound Pressure Level (dB)                                    | 64  |             |              |  |   |             |            |
| Partial Discharge (pC)                                       | 10  |             |              |  |   |             |            |
| Factor K   | 1   |             |              |  |   |             |            |
| Inrush Current (x In)  | 1.3   |             |              |  |   |             |            |
| ACCESSORIES  |   |             |              |  |   |             |            |
| Jack Support   |   |             |              |  |   |             |            |
| Skid Base Transformer Support                                |   |             |              |  |   |             |            |
| Steel Cable to Transformer's Lift                            |   |             |              |  |   |             |            |
| Box to Auxiliary Service                                     |   |             |              |  |   |             |            |
| Temperature Monitor (Type: T-154, Feeding: 24...240 Vca/Vcc) |   |             |              |  |   |             |            |
| Ventilators (Prevision for Future Installation)              |   |             |              |  |   |             |            |
| TC of HV (Relation: 200-1-1A, 10P20, 30VA)                   |   |             |              |  |   |             |            |
| Ground Terminal (Gauge: 95mm2)                               |   |             |              |  |   |             |            |
| R-04   | ALTERAÇÕES CONFORME E-MAIL DO DIA 13/11/08      |             |              |  |   | 14/11/08    | LEANDRO    |
| R-03   | AS BUILT  |             |              |  |   | 10/11/08    | LEANDRO    |
| R-02   | ADDED OBSERVATIONS                              |             |              |  |   | 05/08/08    | DIOGO      |
| R-01   | ACCORDING SOLICITATION CLIENT (E-MAIL 02/07/08) |             |              |  |   | 04/07/08    | DIOGO      |
| Number   | REVISION'S DESCRIPTIONS                         |             |              |  |   | DATE        | RESP.      |
| <br>WALTEC Equipamentos Eléctricos Ltda.                     |   |             |              | <br>WALTEC'S REF.: 4423.017 CLIENT'S REF.: TRA1/TRA2                             |   |             |            |
| DESIGN BY:   | UDO   | SIGN:       | [Signature]  | DATE:  | 04/06/08                                      |             |            |
| DRAWN BY:  | DIOGO   | SIGN:       | [Signature]  | DATE:  | 04/06/08                                      |             |            |
| CHECKED BY:  | UDO   | SIGN:       | [Signature]  | DATE:  | 04/06/08                                      |             |            |
|  |   |             |              | DATA SHEET   | RESIN EPOXY ENCAPSULATED DRY TYPE TRANSFORMER |             |            |
|  |   |             |              | DRAWN NUMBER:  | 4423017F                                      |             | SHEET: 1/1 |

Tabla 4-9 - Valores teóricos de pérdidas del transformador de excitación. (CH La Higuera)

<sup>4</sup> Fuente: <https://infotecnica.coordinador.cl/>



|   |                       |            |
|---|-----------------------|------------|
| <b>VOITH SIEMENS</b><br>HYDRO POWER GENERATION                        | <b>La Confluencia</b> |            |
| <b>DATA SHEET</b><br><b>TRANSFORMER 1500kVA 24,2KV</b><br><b>TSU1</b> | <b>Unit X0</b>        |            |
|   | PDM Name              | Rev.<br>02 |
|   | Drawing n°            |            |



**DATA SHEET**  
Dry Transformer

Document Number  
10000612948

Customer: VOITH HYDRO  
Reference: Transformer  
Standard: NBR-10295

**1 IDENTIFICATION**

Quantity: 1  
Tag: TSU1  
Product code: 11227688  
Type: Dry

**2 ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS**

Installation: Indoor  
Above sea level [m]: 1100  
Atmosphere: Not Aggressive  
Maximum ambient temperature [°C]: 40

**3 ELECTRICAL CHARACTERISTICS**

Frequency [Hz]: 50      Number of phases: 3      Vector group: Dyn1

| Winding:      | Power [kVA] |  | Voltage [kV] | Group | Tap Changer |
|---------------|-------------|--|--------------|-------|-------------|
|               | AN          |  |              |       |             |
| High Voltage: | 1500        |  | 15 ± 2x2,5%  | D     | CST         |
| Low Voltage:  | 1500        |  | 0,4          | γ     |             |

|                        |                            |     |
|------------------------|----------------------------|-----|
| Temperature rise [°C]: | Average winding temp. rise | 105 |
|                        | Hot spot                   | 115 |
| Insulation class:      |                            | F   |

|                          | High Voltage       |     | Low Voltage        |  |
|--------------------------|--------------------|-----|--------------------|--|
|                          | Phase              |     | Phase              |  |
| Rated voltage class [kV] | 24,2               |     | 1,2                |  |
| Lightning impulse [kV]   | Full wave          | 125 |                    |  |
|                          | Chopped wave       | 138 |                    |  |
| Applied voltage [kV]     | 60                 |     | 10                 |  |
| Induced voltage [kV]     | 2 x V <sub>N</sub> |     | 2 x V <sub>N</sub> |  |

|                          |                  |       |
|--------------------------|------------------|-------|
| No load losses [kW]      |                  | 100%  |
| Exciting current [%]     | Base of 1500 kVA | 5,3   |
| Total losses [kW] @115°C |                  | 19,25 |

| High Voltage / Low Voltage | Base          |             | Impedance @115°C [%] |
|----------------------------|---------------|-------------|----------------------|
|                            | Position [kV] | Power [kVA] |                      |
|                            | 15 / 0,4      | 1500        | 5,50                 |
|                            |               |             |                      |
|                            |               |             |                      |
|                            |               |             |                      |

|                                     |    |                       |
|-------------------------------------|----|-----------------------|
| Audible sound level - pressure [dB] | AN | 65                    |
| Partial discharge [pC]              |    | 10                    |
| Inrush current [Apk]                |    | 12,2 x I <sub>n</sub> |

| 2Execution<br>OU: | Executed by: |       | Checked by: |       | Approved by: |       | Date:      |
|-------------------|--------------|-------|-------------|-------|--------------|-------|------------|
|                   | Name         | Sign. | Name        | Sign. | Name         | Sign. | Issue Date |
| WEG               | RD           |       | DBP         |       | DBP          |       | 26/11/09   |

10000612948.dwg

Page 2 of 3

Tabla 4-10 - Valores teóricos de pérdidas del transformador de SSAA (CH La Confluencia)



## 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 estatismo a un 10%, 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.

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

Previo al inicio de las pruebas individuales de la Unidad 3, la misma se encontraba en servicio el 13 de octubre. El operador incrementó paulatinamente hasta alcanzar el valor correspondiente a potencia máxima.

Por el contrario, previo al ensayo individual de las Unidades 1 y 4, las mismas se encontraban fuera de servicio (14 y 12 de octubre respectivamente). El operador debió dar arranque a cada unidad, realizar la sincronización y posteriormente 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 las pruebas para la Unidad 1.

|                                      |                          |
|--------------------------------------|--------------------------|
| Arranque de la unidad                | 14/10/2022<br>19:00 Hs   |
| Inicio del período de estabilización | 19:10 Hs                 |
| Fin del período de estabilización    | 20:00 Hs                 |
| Inicio del período de prueba         | 20:00 Hs                 |
| Fin del período de prueba            | 01:00 Hs<br>(15/10/2022) |

*Tabla 5-1 – Etapas de la prueba para la Unidad 1*



La Tabla 5-2 resume los períodos resultantes del desarrollo de las pruebas para la Unidad 3.

|                                      |                          |
|--------------------------------------|--------------------------|
| Arranque de la unidad                | 13/10/2022<br>-          |
| Inicio del período de estabilización | 19:40 Hs                 |
| Fin del período de estabilización    | 20:00 Hs                 |
| Inicio del período de prueba         | 20:00 Hs                 |
| Fin del período de prueba            | 01:00 Hs<br>(14/10/2022) |

*Tabla 5-2 – Etapas de la prueba para la Unidad 3*

La Tabla 5-3 resume los períodos resultantes del desarrollo de las pruebas para la Unidad 4.

|                                      |                          |
|--------------------------------------|--------------------------|
| Arranque de la unidad                | 12/10/2022<br>19:55 Hs   |
| Inicio del período de estabilización | 20:00 Hs                 |
| Fin del período de estabilización    | 20:15 Hs                 |
| Inicio del período de prueba         | 20:15 Hs                 |
| Fin del período de prueba            | 01:15 Hs<br>(13/10/2022) |

*Tabla 5-3 – Etapas de la prueba para la Unidad 4*



## 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 |
|-------------------------------------|--|
| Potencia eléctrica de salida        | 1.5%                                   |
| Factor de potencia                  | 2%                                     |
| Altura bruta del nivel de laguna    | 1%                                     |
| Velocidad de rotación de la Turbina | 0.5%                                   |

*Tabla 5-4 – Máximas variaciones permisibles en las condiciones de operación*

La Tabla 5-5 muestra el resumen de las verificaciones de estabilidad realizadas para la Unidad 1.

| Períodos                                   |   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Test Run n°                                | ref   | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |       |
| Hora                                       |   | 20:00 | 20:30 | 21:00 | 21:30 | 22:00 | 22:30 | 23:00 | 23:30 | 0:00  | 0:30  |       |
| Verificación de condiciones de estabilidad |   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| P <sub>Neta</sub>                          | Potencia Neta medido en Alta                        | 1,50% | 0,66% | 0,15% | 0,12% | 0,16% | 0,17% | 0,14% | 0,05% | 0,70% | 0,32% | 0,57% |
| P <sub>BRUTA</sub>                         | Potencia Bruta medida en bornes de máquina          | 1,50% | 0,76% | 0,09% | 0,12% | 0,11% | 0,19% | 0,13% | 0,09% | 0,89% | 0,34% | 0,58% |
| Nivel                                      | Altura bruta del nivel de laguna (Laja)             | 1,00% | 0,01% | 0,02% | 0,02% | 0,02% | 0,04% | 0,03% | 0,01% | 0,14% | 0,05% | 0,01% |
| FP   | Factor de potencia en bornes de máquina             | 2,00% | 0,05% | 0,07% | 0,04% | 0,05% | 0,06% | 0,09% | 0,08% | 0,06% | 0,07% | 0,07% |
| Frec                                       | Velocidad de Rotación                               | 0,50% | 0,09% | 0,07% | 0,05% | 0,09% | 0,07% | 0,07% | 0,05% | 0,08% | 0,12% | 0,07% |
| Estabilidad                                | ¿Se cumplen los criterios para todas las variables? |       | SI    |

*Tabla 5-5 – Verificación de estabilidad para la Unidad 1*

La Tabla 5-6 muestra el resumen de las verificaciones de estabilidad realizadas para la Unidad 3.

| Períodos                                   |   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Test Run n°                                | ref   | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |       |
| Hora                                       |   | 20:00 | 20:30 | 21:00 | 21:30 | 22:00 | 22:30 | 23:00 | 23:30 | 0:00  | 0:30  |       |
| Verificación de condiciones de estabilidad |   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| P <sub>Neta</sub>                          | Potencia Neta medido en Alta                        | 1,50% | 1,40% | 1,18% | 0,54% | 0,89% | 1,11% | 0,61% | 0,19% | 0,19% | 0,57% | 0,36% |
| P <sub>BRUTA</sub>                         | Potencia Bruta medida en bornes de máquina          | 1,50% | 1,38% | 1,24% | 0,51% | 1,00% | 1,06% | 0,76% | 0,14% | 0,26% | 0,52% | 0,33% |
| Nivel                                      | Altura bruta del nivel de laguna (Laja)             | 1,00% | 0,13% | 0,02% | 0,06% | 0,04% | 0,03% | 0,03% | 0,03% | 0,03% | 0,03% | 0,01% |
| FP   | Factor de potencia en bornes de máquina             | 2,00% | 0,10% | 0,05% | 0,56% | 0,07% | 0,08% | 0,06% | 0,03% | 0,07% | 0,04% | 0,07% |
| Frec                                       | Velocidad de Rotación                               | 0,50% | 0,12% | 0,14% | 0,06% | 0,10% | 0,06% | 0,07% | 0,05% | 0,09% | 0,08% | 0,04% |
| Estabilidad                                | ¿Se cumplen los criterios para todas las variables? |       | SI    |

*Tabla 5-6 – Verificación de estabilidad para la Unidad 3*



La Tabla 5-7 muestra el resumen de las verificaciones de estabilidad realizadas para la Unidad 4.

| <b>Períodos</b>                                   |   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Test Run n°                                       | ref   | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |       |
| Hora  |   | 20:15 | 20:45 | 21:15 | 21:45 | 22:15 | 22:45 | 23:15 | 23:45 | 0:15  | 0:45  |       |
| <b>Verificación de condiciones de estabilidad</b> |   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| $P_{Neta}$  | Potencia Neta medido en Alta                        | 1,50% | 0,31% | 0,47% | 0,39% | 0,63% | 0,58% | 0,38% | 0,34% | 0,80% | 1,00% | 0,55% |
| $P_{BRUTA}$                                       | Potencia Bruta medida en bornes de máquina          | 1,50% | 0,43% | 0,31% | 0,35% | 0,52% | 0,53% | 0,38% | 0,31% | 0,76% | 0,94% | 0,30% |
| Nivel   | Altura bruta del nivel de laguna (Laja)             | 1,00% | 0,04% | 0,02% | 0,03% | 0,06% | 0,02% | 0,01% | 0,01% | 0,07% | 0,03% | 0,07% |
| FP  | Factor de potencia en bornes de máquina             | 2,00% | 0,05% | 0,05% | 0,04% | 0,05% | 0,07% | 0,07% | 0,14% | 0,15% | 0,16% | 0,18% |
| Frec  | Velocidad de Rotación                               | 0,50% | 0,05% | 0,05% | 0,04% | 0,05% | 0,06% | 0,05% | 0,07% | 0,12% | 0,07% | 0,08% |
| Estabilidad                                       | ¿Se cumplen los criterios para todas las variables? |       | SI    |

*Tabla 5-7 – Verificación de estabilidad para la Unidad 4*

Tanto para las pruebas de la Unidad 1, Unidad 3 y Unidad 4, 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

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   |      | 20:00  | 20:30  | 21:00  | 21:30  | 22:00  | 22:30  | 23:00  | 23:30  | 0:00   | 0:30   |
| <b>Variables Primarias</b>            |  |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| FP                                    | Factor de potencia en bornes de máquina                      | -    | 0,973  | 0,973  | 0,973  | 0,973  | 0,973  | 0,973  | 0,973  | 0,974  | 0,974  | 0,973  |
| $P_{BRUTA}$                           | Potencia Bruta medida en bornes de máquina                   | [MW] | 113,52 | 113,38 | 113,37 | 113,39 | 113,38 | 113,32 | 113,38 | 113,94 | 114,14 | 113,09 |
| $P_{Neta}$                            | Potencia Neta medido en Alta                                 | [MW] | 111,82 | 111,76 | 111,74 | 111,65 | 111,65 | 111,70 | 111,75 | 112,14 | 112,48 | 111,41 |
| <b>Determinación pérdidas totales</b> |  |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| $L_{TOTALES}$                         | Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos | [MW] | 1,70   | 1,62   | 1,63   | 1,73   | 1,73   | 1,62   | 1,63   | 1,80   | 1,67   | 1,68   |

Tabla 6-1 – Cálculos de potencia de pérdidas para la Unidad 1

La Tabla 6-2 detalla los cálculos realizados para la Unidad 3.

| Períodos                              |  | ref  | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     |
|---------------------------------------|--|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Test Run n°                           | Hora   |      | 20:00  | 20:30  | 21:00  | 21:30  | 22:00  | 22:30  | 23:00  | 23:30  | 0:00   | 0:30   |
| <b>Variables Primarias</b>            |  |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| FP                                    | Factor de potencia en bornes de máquina                      | -    | 0,977  | 0,977  | 0,981  | 0,977  | 0,977  | 0,978  | 0,978  | 0,978  | 0,977  | 0,977  |
| $P_{BRUTA}$                           | Potencia Bruta medida en bornes de máquina                   | [MW] | 111,91 | 112,89 | 115,51 | 113,53 | 113,08 | 113,81 | 115,08 | 115,05 | 111,99 | 112,37 |
| $P_{Neta}$                            | Potencia Neta medido en Alta                                 | [MW] | 110,16 | 111,03 | 113,82 | 111,75 | 111,24 | 112,01 | 113,28 | 113,30 | 110,21 | 110,58 |
| <b>Determinación pérdidas totales</b> |  |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| $L_{TOTALES}$                         | Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos | [MW] | 1,75   | 1,87   | 1,70   | 1,78   | 1,84   | 1,80   | 1,80   | 1,76   | 1,77   | 1,79   |



Tabla 6-2 - Cálculos de potencia de pérdidas para la Unidad 3

La Tabla 6-3 detalla los cálculos realizados para la Unidad 4.

| Períodos                       |  |      | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     |
|--------------------------------|--|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Test Run n°                    | ref  |      | 20:15  | 20:45  | 21:15  | 21:45  | 22:15  | 22:45  | 23:15  | 23:45  | 0:15   | 0:45   |
| Horas                          |  |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| Variables Primarias            |  |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| FP                             | Factor de potencia en bornes de máquina                      | -    | 0,981  | 0,982  | 0,981  | 0,981  | 0,981  | 0,979  | 0,976  | 0,976  | 0,978  | 0,980  |
| P <sub>BRUTA</sub>             | Potencia Bruta medida en bornes de máquina                   | [MW] | 113,07 | 113,19 | 113,41 | 114,15 | 112,78 | 112,28 | 112,86 | 115,63 | 112,74 | 112,58 |
| P <sub>Neta</sub>              | Potencia Neta medido en Alta                                 | [MW] | 111,14 | 111,21 | 111,64 | 112,24 | 110,80 | 110,36 | 110,98 | 113,67 | 110,66 | 110,54 |
| Determinación pérdidas totales |  |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| L <sub>TOTALES</sub>           | Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos | [MW] | 1,93   | 1,98   | 1,77   | 1,91   | 1,97   | 1,92   | 1,88   | 1,97   | 2,08   | 2,04   |

Tabla 6-3 - Cálculos de potencia de pérdidas para la Unidad 4.

### 6.2.1 Desglose de la potencia de pérdidas totales

Considerando que la determinación de las pérdidas totales no permite especificar los valores de pérdidas y consumos propios de cada unidad, se realiza un desglose de cada una de ellas a partir de los datos estimados en el capítulo 4.5.

En la Tabla 6-4, la Tabla 6-5 y la Tabla 6-6 se resumen los resultados del desglose de pérdidas de cada una de las unidades.

| Consumos – Unidad 1                       | Potencia estimada |
|---|-------------------|
| Consumos de SSAA                          | 372,32 kW         |
| Pérdidas en transformadores principales   | 494,5 kW          |
| Pérdidas en transformadores de SSAA       | 19,5 kW           |
| Pérdidas en transformadores de excitación | 15,2 kW           |
| Pérdidas en la red interna                | 780,53 kW         |
| <b>Total</b>                              | <b>1681,8 kW</b>  |

Tabla 6-4 – Valores de pérdidas y consumos propios - Unidad 1



| <b>Consumos – Unidad 3</b>                       | <b>Potencia estimada</b> |
|--|--------------------------|
| <i>Consumos de SSAA</i>                          | <i>388,23 kW</i>         |
| <i>Pérdidas en transformadores principales</i>   | <i>494,5 kW</i>          |
| <i>Pérdidas en transformadores de SSAA</i>       | <i>19,5 kW</i>           |
| <i>Pérdidas en transformadores de excitación</i> | <i>15,2 kW</i>           |
| <i>Pérdidas en la red interna</i>                | <i>869,23 kW</i>         |
| <b>Total</b>                                     | <b>1786,4 kW</b>         |

Tabla 6-5 – Valores de pérdidas y consumos propios - Unidad 3

| <b>Consumos – Unidad 4</b>                       | <b>Potencia estimada</b> |
|--|--------------------------|
| <i>Consumos de SSAA</i>                          | <i>388,23 kW</i>         |
| <i>Pérdidas en transformadores principales</i>   | <i>494,5 kW</i>          |
| <i>Pérdidas en transformadores de SSAA</i>       | <i>19,5 kW</i>           |
| <i>Pérdidas en transformadores de excitación</i> | <i>15,2 kW</i>           |
| <i>Pérdidas en la red interna</i>                | <i>1026,83 kW</i>        |
| <b>Total</b>                                     | <b>1944,0 kW</b>         |

Tabla 6-6 - Valores de pérdidas y consumos propios – Unidad 4



### 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 6-7 detalla las correcciones realizadas para la Unidad 1.

| Períodos                         |  |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|----------------------------------|--|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Test Run n°                      | ref  | 1     | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     |        |
| Hora                             |  | 20:00 | 20:30  | 21:00  | 21:30  | 22:00  | 22:30  | 23:00  | 23:30  | 0:00   | 0:30   |        |
| Variables Primarias              |  |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| FP                               | Factor de potencia en bornes de máquina                                  | -     | 0,973  | 0,973  | 0,973  | 0,973  | 0,973  | 0,973  | 0,973  | 0,974  | 0,974  | 0,973  |
| $P_{BRUTA}$                      | Potencia Bruta medida en bornes de máquina                               | [MW]  | 113,52 | 113,38 | 113,37 | 113,39 | 113,38 | 113,32 | 113,38 | 113,94 | 114,14 | 113,09 |
| $P_{Neta}$                       | Potencia Neta medido en Alta   | [MW]  | 111,82 | 111,76 | 111,74 | 111,65 | 111,65 | 111,70 | 111,75 | 112,14 | 112,48 | 111,41 |
| Correcciones a la Potencia bruta |  |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| $L_{FP}$                         | Diferencia en pérdidas por FP  | [kW]  | 53,48  | 54,15  | 53,44  | 53,42  | 53,77  | 53,63  | 53,55  | 55,38  | 55,72  | 53,61  |
| <b>P Bruta, Corr</b>             | Potencia Bruta corregida por los factores permitidos en el Anexo Técnico | [MW]  | 113,47 | 113,32 | 113,31 | 113,33 | 113,33 | 113,27 | 113,33 | 113,89 | 114,09 | 113,03 |

Tabla 6-7 – Correcciones a la Potencia Bruta para la Unidad 1



La Tabla 6-8 detalla las correcciones realizadas para la Unidad 3.

| Períodos                         |   |             |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
|----------------------------------|---|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Test Run n°                      | ref   | 1           | 2             | 3             | 4             | 5             | 6             | 7             | 8             | 9             | 10            |               |
| Hora                             |   | 20:00       | 20:30         | 21:00         | 21:30         | 22:00         | 22:30         | 23:00         | 23:30         | 0:00          | 0:30          |               |
| Variables Primarias              |   |             |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
| FP                               | Factor de potencia en bornes de máquina   | -           | 0,977         | 0,977         | 0,981         | 0,977         | 0,977         | 0,978         | 0,978         | 0,978         | 0,977         | 0,977         |
| P <sub>BRUTA</sub>               | Potencia Bruta medida en bornes de máquina                                      | [MW]        | 111,91        | 112,89        | 115,51        | 113,53        | 113,08        | 113,81        | 115,08        | 115,05        | 111,99        | 112,37        |
| P <sub>Neta</sub>                | Potencia Neta medido en Alta  | [MW]        | 110,16        | 111,03        | 113,82        | 111,75        | 111,24        | 112,01        | 113,28        | 113,30        | 110,21        | 110,58        |
| Correcciones a la Potencia bruta |   |             |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
| L <sub>FP</sub>                  | Diferencia en pérdidas por FP   | [kW]        | 61,59         | 62,95         | 73,88         | 63,37         | 63,31         | 64,19         | 65,70         | 65,95         | 63,43         | 62,30         |
| <b>P Bruta, Corr</b>             | <b>Potencia Bruta corregida por los factores permitidos en el Anexo Técnico</b> | <b>[MW]</b> | <b>111,85</b> | <b>112,83</b> | <b>115,44</b> | <b>113,47</b> | <b>113,01</b> | <b>113,74</b> | <b>115,02</b> | <b>114,99</b> | <b>111,92</b> | <b>112,31</b> |

Tabla 6-8 – Correcciones a la Potencia Bruta para la Unidad 3

La Tabla 6-9 detalla las correcciones realizadas para la Unidad 4.

| Períodos                         |   |             |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
|----------------------------------|---|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Test Run n°                      | ref   | 1           | 2             | 3             | 4             | 5             | 6             | 7             | 8             | 9             | 10            |               |
| Hora                             |   | 20:15       | 20:45         | 21:15         | 21:45         | 22:15         | 22:45         | 23:15         | 23:45         | 0:15          | 0:45          |               |
| Variables Primarias              |   |             |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
| FP                               | Factor de potencia en bornes de máquina   | -           | 0,981         | 0,982         | 0,981         | 0,981         | 0,981         | 0,979         | 0,976         | 0,976         | 0,978         | 0,980         |
| P <sub>BRUTA</sub>               | Potencia Bruta medida en bornes de máquina                                      | [MW]        | 113,07        | 113,19        | 113,41        | 114,15        | 112,78        | 112,28        | 112,86        | 115,63        | 112,74        | 112,58        |
| P <sub>Neta</sub>                | Potencia Neta medido en Alta  | [MW]        | 111,14        | 111,21        | 111,64        | 112,24        | 110,80        | 110,36        | 110,98        | 113,67        | 110,66        | 110,54        |
| Correcciones a la Potencia bruta |   |             |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
| L <sub>FP</sub>                  | Diferencia en pérdidas por FP   | [kW]        | 71,92         | 73,12         | 72,10         | 71,13         | 72,18         | 67,41         | 60,61         | 62,12         | 65,28         | 69,68         |
| <b>P Bruta, Corr</b>             | <b>Potencia Bruta corregida por los factores permitidos en el Anexo Técnico</b> | <b>[MW]</b> | <b>113,00</b> | <b>113,12</b> | <b>113,33</b> | <b>114,08</b> | <b>112,70</b> | <b>112,21</b> | <b>112,80</b> | <b>115,57</b> | <b>112,67</b> | <b>112,51</b> |

Tabla 6-9 – Correcciones a la Potencia Bruta para la Unidad 4



## 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 6-10 detalla los cálculos realizados para la Unidad 1.

| Períodos                       |  |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|--------------------------------|--|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Test Run n°                    | ref  | 1     | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     |        |
| Hora                           |  | 20:00 | 20:30  | 21:00  | 21:30  | 22:00  | 22:30  | 23:00  | 23:30  | 0:00   | 0:30   |        |
| Determinación pérdidas totales |  |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| $L_{TOTALES}$                  | Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos | [MW]  | 1,70   | 1,62   | 1,63   | 1,73   | 1,73   | 1,62   | 1,63   | 1,80   | 1,67   | 1,68   |
| Cálculo promedio final         |  |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| $P_{Bruta, Corr}$              | Valores utilizados para                                      | [MW]  | 113,47 | 113,32 | 113,31 | 113,33 | 113,33 | 113,27 | 113,33 | 113,89 | 114,09 | 113,03 |
| $P_{Neta, Corr}$               | cálculo de promedio final                                    | [MW]  | 111,76 | 111,70 | 111,68 | 111,60 | 111,59 | 111,65 | 111,69 | 112,08 | 112,42 | 111,36 |

Tabla 6-10 – Cálculos de Potencia Neta corregida para la Unidad 1

La Tabla 6-11 detalla los cálculos realizados para la Unidad 3.

| Períodos                       |  |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|--------------------------------|--|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Test Run n°                    | ref  | 1     | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     |        |
| Hora                           |  | 20:00 | 20:30  | 21:00  | 21:30  | 22:00  | 22:30  | 23:00  | 23:30  | 0:00   | 0:30   |        |
| Determinación pérdidas totales |  |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| $L_{TOTALES}$                  | Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos | [MW]  | 1,75   | 1,87   | 1,70   | 1,78   | 1,84   | 1,80   | 1,80   | 1,76   | 1,77   | 1,79   |
| Cálculo promedio final         |  |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| $P_{Bruta, Corr}$              | Valores utilizados para                                      | [MW]  | 111,85 | 112,83 | 115,44 | 113,47 | 113,01 | 113,74 | 115,02 | 114,99 | 111,92 | 112,31 |
| $P_{Neta, Corr}$               | cálculo de promedio final                                    | [MW]  | 110,10 | 110,97 | 113,74 | 111,68 | 111,17 | 111,94 | 113,22 | 113,23 | 110,15 | 110,52 |

Tabla 6-11 – Cálculos de Potencia Neta corregida para la Unidad 3



La Tabla 6-12 detalla los cálculos realizados para la Unidad 4.

| <b>Períodos</b>                       |  |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|---------------------------------------|--|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Test Run n°                           | ref  | 1     | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     |        |
| Hora                                  |  | 20:15 | 20:45  | 21:15  | 21:45  | 22:15  | 22:45  | 23:15  | 23:45  | 0:15   | 0:45   |        |
| <b>Determinación pérdidas totales</b> |  |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| <b>L<sub>TOTALES</sub></b>            | Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos | [MW]  | 1,93   | 1,98   | 1,77   | 1,91   | 1,97   | 1,92   | 1,88   | 1,97   | 2,08   | 2,04   |
| <b>Cálculo promedio final</b>         |  |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| <b>P<sub>Bruta, Corr</sub></b>        | Valores utilizados para                                      | [MW]  | 113,00 | 113,12 | 113,33 | 114,08 | 112,70 | 112,21 | 112,80 | 115,57 | 112,67 | 112,51 |
| <b>P<sub>Neta, Corr</sub></b>         | cálculo de promedio final                                    | [MW]  | 111,07 | 111,14 | 111,57 | 112,17 | 110,73 | 110,30 | 110,92 | 113,61 | 110,59 | 110,47 |

*Tabla 6-12 – Cálculos de Potencia Neta corregida para la Unidad 4*



## 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: **113,44 MW**
- Unidad 3: **113,46 MW**
- Unidad 4: **113,20 MW**

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

- Unidad 1: **111,76 MW**
- Unidad 3: **111,67 MW**
- Unidad 4: **111,26 MW**

La Tabla 6-13 detalla los valores utilizados para el cálculo del promedio de la Unidad 1.

| Períodos                      |                              | ref  | 1             | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     |
|-------------------------------|------------------------------|------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Test Run n°                   |                              |      |               |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| Hora                          |                              |      | 20:00         | 20:30  | 21:00  | 21:30  | 22:00  | 22:30  | 23:00  | 23:30  | 0:00   | 0:30   |
| Cálculo promedio final        |                              |      |               |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| P <sub>Bruta, Corr</sub>      | Valores utilizados para      | [MW] | 113,47        | 113,32 | 113,31 | 113,33 | 113,33 | 113,27 | 113,33 | 113,89 | 114,09 | 113,03 |
| P <sub>Neta, Corr</sub>       | cálculo de promedio final    | [MW] | 111,76        | 111,70 | 111,68 | 111,60 | 111,59 | 111,65 | 111,69 | 112,08 | 112,42 | 111,36 |
| <b>P<sub>MAX, Bruta</sub></b> | <b>Potencia Máxima Bruta</b> | [MW] | <b>113,44</b> |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| P <sub>MAX, Neta</sub>        | Potencia Máxima Neta         | [MW] | 111,76        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |

Tabla 6-13 – Promedio Final para la Unidad 1

La Tabla 6-14 detalla los valores utilizados para el cálculo del promedio de la Unidad 3.

| Períodos                      |                              | ref  | 1             | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      | 10     |
|-------------------------------|------------------------------|------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Test Run n°                   |                              |      |               |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| Hora                          |                              |      | 20:00         | 20:30  | 21:00  | 21:30  | 22:00  | 22:30  | 23:00  | 23:30  | 0:00   | 0:30   |
| Cálculo promedio final        |                              |      |               |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| P <sub>Bruta, Corr</sub>      | Valores utilizados para      | [MW] | 111,85        | 112,83 | 115,44 | 113,47 | 113,01 | 113,74 | 115,02 | 114,99 | 111,92 | 112,31 |
| P <sub>Neta, Corr</sub>       | cálculo de promedio final    | [MW] | 110,10        | 110,97 | 113,74 | 111,68 | 111,17 | 111,94 | 113,22 | 113,23 | 110,15 | 110,52 |
| <b>P<sub>MAX, Bruta</sub></b> | <b>Potencia Máxima Bruta</b> | [MW] | <b>113,46</b> |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| P <sub>MAX, Neta</sub>        | Potencia Máxima Neta         | [MW] | 111,67        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |

Tabla 6-14 – Promedio Final para la Unidad 3



La Tabla 6-15 detalla los valores utilizados para el cálculo del promedio de la Unidad 4.

| <b>Períodos</b>                |                              |             |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
|--------------------------------|------------------------------|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Test Run n°                    | ref                          | 1           | 2             | 3             | 4             | 5             | 6             | 7             | 8             | 9             | 10            |               |
| Hora                           |                              | 20:15       | 20:45         | 21:15         | 21:45         | 22:15         | 22:45         | 23:15         | 23:45         | 0:15          | 0:45          |               |
| <b>Cálculo promedio final</b>  |                              |             |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
| <b>P<sub>Bruta, Corr</sub></b> | Valores utilizados para      | <b>[MW]</b> | <b>113,00</b> | <b>113,12</b> | <b>113,33</b> | <b>114,08</b> | <b>112,70</b> | <b>112,21</b> | <b>112,80</b> | <b>115,57</b> | <b>112,67</b> | <b>112,51</b> |
| <b>P<sub>Neta, Corr</sub></b>  | cálculo de promedio final    | <b>[MW]</b> | <b>111,07</b> | <b>111,14</b> | <b>111,57</b> | <b>112,17</b> | <b>110,73</b> | <b>110,30</b> | <b>110,92</b> | <b>113,61</b> | <b>110,59</b> | <b>110,47</b> |
| <b>P<sub>MAX, Bruta</sub></b>  | <b>Potencia Máxima Bruta</b> | <b>[MW]</b> | <b>113,20</b> |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
| <b>P<sub>MAX, Neta</sub></b>   | <b>Potencia Máxima Neta</b>  | <b>[MW]</b> | <b>111,26</b> |               |               |               |               |               |               |               |               |               |

Tabla 6-15 - Promedio Final para la Unidad 4



## 6.6 Tabla Resumen general

Todos los cálculos presentados anteriormente se resumen a continuación.

| Períodos  |  | ref    | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        | 8        | 9        | 10       |
|---|--|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Test Run n°                                       |  |        |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| Hora  |  |        | 20:00    | 20:30    | 21:00    | 21:30    | 22:00    | 22:30    | 23:00    | 23:30    | 0:00     | 0:30     |
| <b>Variables Primarias</b>                        |  |        |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| FP  | Factor de potencia en bornes de máquina                                  | -      | 0,973    | 0,973    | 0,973    | 0,973    | 0,973    | 0,973    | 0,973    | 0,974    | 0,974    | 0,973    |
| P <sub>BRUTA</sub>                                | Potencia Bruta medida en bornes de máquina                               | [MW]   | 113,52   | 113,38   | 113,37   | 113,39   | 113,38   | 113,32   | 113,38   | 113,94   | 114,14   | 113,09   |
| P <sub>Neta</sub>                                 | Potencia Neta medido en Alta   | [MW]   | 111,82   | 111,76   | 111,74   | 111,65   | 111,65   | 111,70   | 111,75   | 112,14   | 112,48   | 111,41   |
| <b>Variables Secundarias</b>                      |  |        |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| Nivel   | Altura bruta del nivel de presa (Laja)                                   | [msnm] | 1316,924 | 1314,661 | 1314,736 | 1314,687 | 1314,639 | 1314,828 | 1314,675 | 1316,335 | 1316,754 | 1316,946 |
| Frec  | Velocidad de Rotación - Para estabilidad                                 | [Hz]   | 50,08    | 50,01    | 50,06    | 50,01    | 49,98    | 50,05    | 50,05    | 49,99    | 49,96    | 50,11    |
| <b>Verificación de condiciones de estabilidad</b> |  |        |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| P <sub>Neta</sub>                                 | Potencia Neta medido en Alta   | 1,50%  | 0,66%    | 0,15%    | 0,12%    | 0,16%    | 0,17%    | 0,14%    | 0,05%    | 0,70%    | 0,32%    | 0,57%    |
| P <sub>BRUTA</sub>                                | Potencia Bruta medida en bornes de máquina                               | 1,50%  | 0,76%    | 0,09%    | 0,12%    | 0,11%    | 0,19%    | 0,13%    | 0,09%    | 0,89%    | 0,34%    | 0,58%    |
| Nivel   | Altura bruta del nivel de laguna (Laja)                                  | 1,00%  | 0,01%    | 0,02%    | 0,02%    | 0,02%    | 0,04%    | 0,03%    | 0,01%    | 0,14%    | 0,05%    | 0,01%    |
| FP  | Factor de potencia en bornes de máquina                                  | 2,00%  | 0,05%    | 0,07%    | 0,04%    | 0,05%    | 0,06%    | 0,09%    | 0,08%    | 0,06%    | 0,07%    | 0,07%    |
| Frec  | Velocidad de Rotación  | 0,50%  | 0,09%    | 0,07%    | 0,05%    | 0,09%    | 0,07%    | 0,07%    | 0,05%    | 0,08%    | 0,12%    | 0,07%    |
| 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             | [MW]   | 1,70     | 1,62     | 1,63     | 1,73     | 1,73     | 1,62     | 1,63     | 1,80     | 1,67     | 1,68     |
| <b>Correcciones a la Potencia bruta</b>           |  |        |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| L <sub>FP</sub>                                   | Diferencia en pérdidas por FP  | [kW]   | 53,48    | 54,15    | 53,44    | 53,42    | 53,77    | 53,63    | 53,55    | 55,38    | 55,72    | 53,61    |
| P <sub>Bruta, Corr</sub>                          | Potencia Bruta corregida por los factores permitidos en el Anexo Técnico | [MW]   | 113,47   | 113,32   | 113,31   | 113,33   | 113,33   | 113,27   | 113,33   | 113,89   | 114,09   | 113,03   |
| <b>Cálculo promedio final</b>                     |  |        |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| P <sub>Bruta, Corr</sub>                          | Valores utilizados para cálculo de promedio final                        | [MW]   | 113,47   | 113,32   | 113,31   | 113,33   | 113,33   | 113,27   | 113,33   | 113,89   | 114,09   | 113,03   |
| P <sub>Neta, Corr</sub>                           |  | [MW]   | 111,76   | 111,70   | 111,68   | 111,60   | 111,59   | 111,65   | 111,69   | 112,08   | 112,42   | 111,36   |
| P <sub>MAX, Bruta</sub>                           | Potencia Máxima Bruta  | [MW]   | 113,44   |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| P <sub>MAX, Neta</sub>                            | Potencia Máxima Neta   | [MW]   | 111,76   |          |          |          |          |          |          |          |          |          |

Tabla 6-16 – Resumen general para la Unidad 1


**Períodos**

| Test Run n° | ref | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9    | 10   |
|-------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Hora        |     | 20:00 | 20:30 | 21:00 | 21:30 | 22:00 | 22:30 | 23:00 | 23:30 | 0:00 | 0:30 |

**Variables Primarias**

|                    |  |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|--------------------|--|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| FP                 | Factor de potencia en bornes de máquina    | -    | 0,977  | 0,977  | 0,981  | 0,977  | 0,977  | 0,978  | 0,978  | 0,978  | 0,977  | 0,977  |
| P <sub>BRUTA</sub> | Potencia Bruta medida en bornes de máquina | [MW] | 111,91 | 112,89 | 115,51 | 113,53 | 113,08 | 113,81 | 115,08 | 115,05 | 111,99 | 112,37 |
| P <sub>Neta</sub>  | Potencia Neta medido en Alta               | [MW] | 110,16 | 111,03 | 113,82 | 111,75 | 111,24 | 112,01 | 113,28 | 113,30 | 110,21 | 110,58 |

**Variables Secundarias**

|       |  |        |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|-------|--|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Nivel | Altura bruta del nivel de presa (Laja)   | [msnm] | 1314,447 | 1316,217 | 1316,706 | 1316,932 | 1316,853 | 1316,796 | 1316,726 | 1316,807 | 1316,981 | 1316,930 |
| Frec  | Velocidad de Rotación - Para estabilidad | [Hz]   | 50,11    | 50,06    | 49,87    | 49,96    | 50,05    | 50,03    | 49,95    | 49,97    | 50,09    | 50,09    |

**Verificación de condiciones de estabilidad**

|                    |   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| P <sub>Neta</sub>  | Potencia Neta medido en Alta                        | 1,50% | 1,40% | 1,18% | 0,54% | 0,89% | 1,11% | 0,61% | 0,19% | 0,19% | 0,57% | 0,36% |
| P <sub>BRUTA</sub> | Potencia Bruta medida en bornes de máquina          | 1,50% | 1,38% | 1,24% | 0,51% | 1,00% | 1,06% | 0,76% | 0,14% | 0,26% | 0,52% | 0,33% |
| Nivel              | Altura bruta del nivel de laguna (Laja)             | 1,00% | 0,13% | 0,02% | 0,06% | 0,04% | 0,03% | 0,03% | 0,03% | 0,03% | 0,03% | 0,01% |
| FP                 | Factor de potencia en bornes de máquina             | 2,00% | 0,10% | 0,05% | 0,56% | 0,07% | 0,08% | 0,06% | 0,03% | 0,07% | 0,04% | 0,07% |
| Frec               | Velocidad de Rotación                               | 0,50% | 0,12% | 0,14% | 0,06% | 0,10% | 0,06% | 0,07% | 0,05% | 0,09% | 0,08% | 0,04% |
| Estabilidad        | ¿Se cumplen los criterios para todas las variables? |       | SI    |

**Determinación pérdidas totales**

|                      |  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| L <sub>TOTALES</sub> | Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos | [MW] | 1,75 | 1,87 | 1,70 | 1,78 | 1,84 | 1,80 | 1,80 | 1,76 | 1,77 | 1,79 |
|----------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|

**Correcciones a la Potencia bruta**

|                 |                               |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------------|-------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| L <sub>FP</sub> | Diferencia en pérdidas por FP | [kW] | 61,59 | 62,95 | 73,88 | 63,37 | 63,31 | 64,19 | 65,70 | 65,95 | 63,43 | 62,30 |
|-----------------|-------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

|                          |  |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|--------------------------|--|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| P <sub>Bruta, Corr</sub> | Potencia Bruta corregida por los factores permitidos en el Anexo Técnico | [MW] | 111,85 | 112,83 | 115,44 | 113,47 | 113,01 | 113,74 | 115,02 | 114,99 | 111,92 | 112,31 |
|--------------------------|--|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|

**Cálculo promedio final**

|                          |   |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|--------------------------|---|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| P <sub>Bruta, Corr</sub> | Valores utilizados para cálculo de promedio final | [MW] | 111,85 | 112,83 | 115,44 | 113,47 | 113,01 | 113,74 | 115,02 | 114,99 | 111,92 | 112,31 |
| P <sub>Neta, Corr</sub>  |   | [MW] | 110,10 | 110,97 | 113,74 | 111,68 | 111,17 | 111,94 | 113,22 | 113,23 | 110,15 | 110,52 |

|                         |                       |      |        |
|-------------------------|-----------------------|------|--------|
| P <sub>MAX, Bruta</sub> | Potencia Máxima Bruta | [MW] | 113,46 |
| P <sub>MAX, Neta</sub>  | Potencia Máxima Neta  | [MW] | 111,67 |

**Tabla 6-17 – Resumen general para la Unidad 3**


**Períodos**

| Test Run n° | ref | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9    | 10   |
|-------------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Hora        |     | 20:15 | 20:45 | 21:15 | 21:45 | 22:15 | 22:45 | 23:15 | 23:45 | 0:15 | 0:45 |

**Variables Primarias**

|                    |  |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|--------------------|--|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| FP                 | Factor de potencia en bornes de máquina    | -    | 0,981  | 0,982  | 0,981  | 0,981  | 0,981  | 0,979  | 0,976  | 0,976  | 0,978  | 0,980  |
| P <sub>BRUTA</sub> | Potencia Bruta medida en bornes de máquina | [MW] | 113,07 | 113,19 | 113,41 | 114,15 | 112,78 | 112,28 | 112,86 | 115,63 | 112,74 | 112,58 |
| P <sub>Neta</sub>  | Potencia Neta medido en Alta               | [MW] | 111,14 | 111,21 | 111,64 | 112,24 | 110,80 | 110,36 | 110,98 | 113,67 | 110,66 | 110,54 |

**Variables Secundarias**

|       |  |        |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|-------|--|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Nivel | Altura bruta del nivel de presa (Laja)   | [msnm] | 1316,813 | 1316,863 | 1316,738 | 1316,819 | 1316,866 | 1316,874 | 1316,858 | 1316,531 | 1314,559 | 1314,714 |
| Frec  | Velocidad de Rotación - Para estabilidad | [Hz]   | 50,06    | 50,06    | 50,04    | 50,01    | 50,07    | 50,09    | 50,05    | 49,94    | 50,07    | 50,08    |

**Verificación de condiciones de estabilidad**

|                    |   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| P <sub>Neta</sub>  | Potencia Neta medido en Alta                        | 1,50% | 0,31% | 0,47% | 0,39% | 0,63% | 0,58% | 0,38% | 0,34% | 0,80% | 1,00% | 0,55% |
| P <sub>BRUTA</sub> | Potencia Bruta medida en bornes de máquina          | 1,50% | 0,43% | 0,31% | 0,35% | 0,52% | 0,53% | 0,38% | 0,31% | 0,76% | 0,94% | 0,30% |
| Nivel              | Altura bruta del nivel de laguna (Laja)             | 1,00% | 0,04% | 0,02% | 0,03% | 0,06% | 0,02% | 0,01% | 0,01% | 0,07% | 0,03% | 0,07% |
| FP                 | Factor de potencia en bornes de máquina             | 2,00% | 0,05% | 0,05% | 0,04% | 0,05% | 0,07% | 0,07% | 0,14% | 0,15% | 0,16% | 0,18% |
| Frec               | Velocidad de Rotación                               | 0,50% | 0,05% | 0,05% | 0,04% | 0,05% | 0,06% | 0,05% | 0,07% | 0,12% | 0,07% | 0,08% |
| Estabilidad        | ¿Se cumplen los criterios para todas las variables? |       | SI    |

**Determinación pérdidas totales**

|                      |  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| L <sub>TOTALES</sub> | Pérdidas en el transformador de potencia y consumos internos | [MW] | 1,93 | 1,98 | 1,77 | 1,91 | 1,97 | 1,92 | 1,88 | 1,97 | 2,08 | 2,04 |
|----------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|

**Correcciones a la Potencia bruta**

|                 |                               |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------------|-------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| L <sub>FP</sub> | Diferencia en pérdidas por FP | [kW] | 71,92 | 73,12 | 72,10 | 71,13 | 72,18 | 67,41 | 60,61 | 62,12 | 65,28 | 69,68 |
|-----------------|-------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

|                          |  |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|--------------------------|--|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| P <sub>Bruta, Corr</sub> | Potencia Bruta corregida por los factores permitidos en el Anexo Técnico | [MW] | 113,00 | 113,12 | 113,33 | 114,08 | 112,70 | 112,21 | 112,80 | 115,57 | 112,67 | 112,51 |
|--------------------------|--|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|

**Cálculo promedio final**

|                          |   |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|--------------------------|---|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| P <sub>Bruta, Corr</sub> | Valores utilizados para cálculo de promedio final | [MW] | 113,00 | 113,12 | 113,33 | 114,08 | 112,70 | 112,21 | 112,80 | 115,57 | 112,67 | 112,51 |
| P <sub>Neta, Corr</sub>  |   | [MW] | 111,07 | 111,14 | 111,57 | 112,17 | 110,73 | 110,30 | 110,92 | 113,61 | 110,59 | 110,47 |

|                         |                       |      |        |
|-------------------------|-----------------------|------|--------|
| P <sub>MAX, Bruta</sub> | Potencia Máxima Bruta | [MW] | 113,20 |
| P <sub>MAX, Neta</sub>  | Potencia Máxima Neta  | [MW] | 111,26 |

**Tabla 6-18 – Resumen general para la Unidad 4**



## 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 6-19 y en la Tabla 6-20 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]   | 113490,84 | 373,850             | 26 | 2,056      | 833,98                 | 73,32                | 1,034                               | 862,13                                  | 155,83                                       |             |
| FP  | [-]    | 0,973     | 0,001               | 21 | 2,080      | 0,007                  | 0,0001               | 395,04                              | 2,83                                    | 0,11   |             |
|   |        |           |                     |    |            |                        |                      |                                     | <b>U<sub>R</sub></b>                    | <b>876,10</b>                                | <b>[kW]</b> |

Tabla 6-19 – 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]   | 113490,84 | 373,85              | 26 | 2,056      | 833,98                 | 73,32                | 0,034                               | 28,14                                   | 5,09   |             |
| FP                                       | [-]    | 0,973     | 0,001               | 21 | 2,080      | 0,007                  | 0,0001               | 395,039                             | 2,83                                    | 0,11   |             |
| P <sub>Neta</sub>                        | [kW]   | 111809,09 | 341,06              | 23 | 2,069      | 387,32                 | 71,116               | 1,000                               | 387,32                                  | 147,14                                       |             |
|  |        |           |                     |    |            |                        |                      |                                     | <b>U<sub>R</sub></b>                    | <b>415,32</b>                                | <b>[kW]</b> |

Tabla 6-20 – Cálculo de incertidumbre para la Potencia Neta corregida de la Unidad 1

En la Tabla 6-21 y en la Tabla 6-22 se presenta el cálculo de incertidumbre para la **Potencia Bruta Corregida** y la **Potencia Neta Corregida** respectivamente para la Unidad 3, 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]   | 113522,85 | 816,840             | 26 | 2,056      | 834,22                 | 160,20               | 1,042                               | 869,37                                  | 343,24                                       |             |
| FP  | [-]    | 0,978     | 0,001               | 21 | 2,080      | 0,007                  | 0,0002               | 345,86                              | 2,49                                    | 0,17   |             |
|   |        |           |                     |    |            |                        |                      |                                     | <b>U<sub>R</sub></b>                    | <b>934,68</b>                                | <b>[kW]</b> |

Tabla 6-21 – Cálculo de incertidumbre para la Potencia Bruta corregida de la Unidad 3


**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]   | 113522,85 | 816,84              | 26 | 2,056      | 834,22                 | 160,20               | 0,042                               | 35,15                                   | 13,88  |             |
| FP                 | [-]    | 0,978     | 0,001               | 21 | 2,080      | 0,007                  | 0,0002               | 345,860                             | 2,49                                    | 0,17   |             |
| P <sub>Neta</sub>  | [kW]   | 111736,46 | 787,55              | 23 | 2,069      | 387,07                 | 164,215              | 1,000                               | 387,07                                  | 339,76                                       |             |
|                    |        |           |                     |    |            |                        |                      |                                     | <b>U<sub>R</sub></b>                    | <b>516,42</b>                                | <b>[kW]</b> |

*Tabla 6-22 – Cálculo de incertidumbre para la Potencia Neta corregida de la Unidad 3*

En la Tabla 6-23 y en la Tabla 6-24 se presenta el cálculo de incertidumbre para la **Potencia Bruta Corregida** y la **Potencia Neta Corregida** respectivamente para la Unidad 4, 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]   | 113269,87 | 545,340             | 26 | 2,056      | 832,36                 | 106,95               | 1,059                               | 881,65                                  | 232,91                                       |             |
| FP                 | [-]    | 0,980     | 0,001               | 21 | 2,080      | 0,007                  | 0,0002               | 370,95                              | 2,67                                    | 0,16   |             |
|                    |        |           |                     |    |            |                        |                      |                                     | <b>U<sub>R</sub></b>                    | <b>911,89</b>                                | <b>[kW]</b> |

*Tabla 6-23 - Cálculo de incertidumbre para la Potencia Bruta corregida de la Unidad 4*
**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]   | 113269,87 | 545,34              | 26 | 2,056      | 832,36                 | 106,95               | 0,059                               | 49,29                                   | 13,02  |             |
| FP                 | [-]    | 0,980     | 0,001               | 21 | 2,080      | 0,007                  | 0,0002               | 370,947                             | 2,67                                    | 0,16   |             |
| P <sub>Neta</sub>  | [kW]   | 111325,83 | 606,84              | 23 | 2,069      | 385,64                 | 126,534              | 1,000                               | 385,64                                  | 261,80                                       |             |
|                    |        |           |                     |    |            |                        |                      |                                     | <b>U<sub>R</sub></b>                    | <b>468,90</b>                                | <b>[kW]</b> |

*Tabla 6-24 - Cálculo de incertidumbre para la Potencia Neta corregida de la Unidad 4*



## 7 CONCLUSIONES

Se realizaron con éxito las pruebas de Potencia Máxima de la Unidad 1, de la Unidad 3 y de la Unidad 4 para la Central Hidroeléctrica El Toro.

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 valores de **Potencia Máxima Bruta** de la Central Hidroeléctrica El Toro con el siguiente desglose de valores:

| Resumen de resultados CH El Toro - Unidad 1 |  |                 |
|---|--|-----------------|
| Potencia Máxima                             | Bruta Medida [MW]                              | 113,4908        |
|   | <b>Bruta Corregida [MW]</b>                    | <b>113,4368</b> |
|   | Neta Medida [MW]                               | 111,8091        |
|   | <b>Neta Corregida [MW]</b>                     | <b>111,7551</b> |
| Pérdidas y consumos internos                | Consumos de SSAA [kW]                          | 372,32          |
|   | Pérdidas en transformador principal [kW]       | 494,50          |
|   | Pérdidas en transformadores de SS.AA. [kW]     | 19,25           |
|   | Pérdidas en transformadores de excitación [kW] | 15,20           |
|   | Pérdidas en la red interna [kW]                | 780,53          |
|   | <b>Pérdidas totales [kW]</b>                   | <b>1681,80</b>  |

Tabla 7-1 – Resumen resultados – Unidad 1

| Resumen de resultados CH El Toro - Unidad 3 |  |                 |
|---|--|-----------------|
| Potencia Máxima                             | Bruta Medida [MW]                              | 113,5229        |
|   | <b>Bruta Corregida [MW]</b>                    | <b>113,4582</b> |
|   | Neta Medida [MW]                               | 111,7365        |
|   | <b>Neta Corregida [MW]</b>                     | <b>111,6718</b> |
| Pérdidas y consumos internos                | Consumos de SSAA [kW]                          | 388,23          |
|   | Pérdidas en transformador principal [kW]       | 494,50          |
|   | Pérdidas en transformadores de SS.AA. [kW]     | 19,25           |
|   | Pérdidas en transformadores de excitación [kW] | 15,20           |
|   | Pérdidas en la red interna [kW]                | 869,23          |
|   | <b>Pérdidas totales [kW]</b>                   | <b>1786,40</b>  |

Tabla 7-2 – Resumen resultados – Unidad 3



| Resumen de resultados CH El Toro – Unidad 4 |  |                 |
|---|--|-----------------|
| <b>Potencia Máxima</b>                      | Bruta Medida [MW]                              | 113,2699        |
|   | <b>Bruta Corregida [MW]</b>                    | <b>113,2013</b> |
|   | Neta Medida [MW]                               | 111,3258        |
|   | <b>Neta Corregida [MW]</b>                     | <b>111,2573</b> |
| <b>Pérdidas y consumos internos</b>         | Consumos de SSAA [kW]                          | 388,23          |
|   | Pérdidas en transformador principal [kW]       | 494,50          |
|   | Pérdidas en transformadores de SS.AA. [kW]     | 19,25           |
|   | Pérdidas en transformadores de excitación [kW] | 15,20           |
|   | Pérdidas en la red interna [kW]                | 1026,83         |
|   | <b>Pérdidas totales [kW]</b>                   | <b>1944,00</b>  |

*Tabla 7-3 – Resumen resultados – Unidad 4*



## 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

#### 1. Características de la Máquina Motriz

|  |   |  |
|--|---|--|
| a) Tipo de máquina   | : | Turbina hidráulica Pelton de eje vertical.                     |
| Cantidad   | : | Cuatro (4)   |
| b) Principales características técnicas  |   |  |
| -Marca   | : | Charmilles   |
| -Fabricante  | : | Ateliers Des Charmilles S.A.                                   |
| -País de origen  | : | Suiza  |
| -Año de fabricación  | : | 1970   |
| -Potencia nominal  | : | 158.000 CV / 117,8 MW<br>H = 545 m; Q = 24,3 m <sup>3</sup> /s |
| -Potencia máxima técnica   | : | 115 MVA (Generador)  |
| -Potencia mínima técnica   | : | 0 MW   |
| -Velocidad nominal en [rpm]  | : | 333,3 rpm  |
| -Velocidad de embalamiento   | : | 625 rpm  |
| -Sobrevelocidad máx. admisible   | : | 411 rpm  |
| -Curvas características del fabricante   | : | En consulta fabricante   |
| -Límite operacional de tensión en % de la tensión nominal [Vmin, Vmax]                   | : | Vmin = 90% Vn<br>Vmax = 105% Vn                                |
| -Partida negra   | : | Si.  |
| -Características de las unidades de apoyo a las unidades de generación mayores           | : | Alimentación desde su G.E.                                     |
| -Tiempo de partida desde el instante de solicitud de sincronización hasta sincronización | : | 7 min.   |
| c) Constante de inercia mecánica (H) del conjunto maquina motriz-generador               | : | 2,8 seg.   |
| Tiempo de lanzamiento (Ta) [s]   | : | 5,6 seg.   |
| Factor GD <sup>2</sup> [ton-m <sup>2</sup> ]   | : | 2.000 [ton-m <sup>2</sup> ]                                    |
| d) Constante de tiempo de arranque de la columna de agua (Tw)                            | : | 1,07 seg.  |

Figura 9.1 – Datos característicos turbina





## 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 ha informado que utilizará los transformadores TTCC y TTPP, clases 0.5. La relación de transformación del TTCC es 5000/5 A y la relación del TTPP es de 14400/120 V.

En el siguiente unilineal general se pueden identificar los puntos de medición de la potencia bruta, los cuales son análogos para todas las unidades.

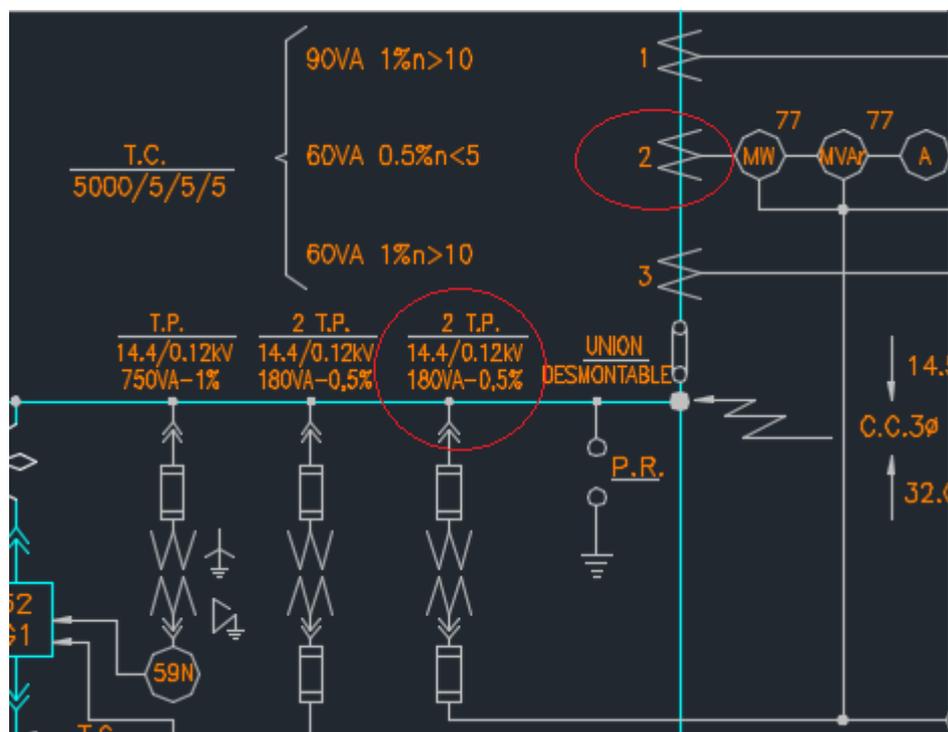


Figura 9.4 – Unilineal para la medición de potencia bruta y factor de potencia

En el siguiente multifilar se pueden identificar los puntos de medición de corriente, tensión y borneras de conexionado del medidor de potencia bruta, los cuales son análogos para todas las unidades.





En las siguientes imágenes se presenta la ubicación del medidor de potencia bruta, fotos de placa de los medidores y borneras de conexión de corriente y tensión:

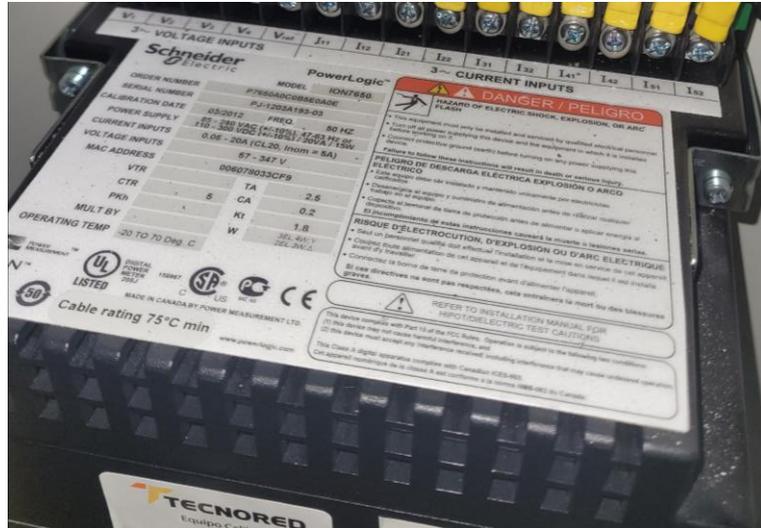


Figura 9.7 – Datos de placa medidor de potencia bruta y factor de potencia - Unidad U1



Figura 9.8 – Datos de placa medidor de potencia bruta y factor de potencia - Unidad U3

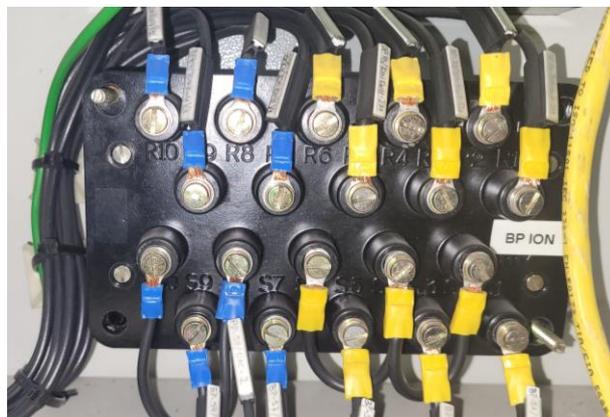


Figura 9.9 – Borneras de conexión



### 9.2.2 Potencia neta

Para la medición de potencia neta se utilizará los medidores ION 7650 que el Coordinado posee instalado dentro de la SE El Toro. El equipo se conecta a los núcleos de los transformadores de corriente y tensión de clase 0.2, donde la relación de transformación del TTCC es 600/2.5 A y la relación del TTPP es de 230/0.115 kV.

En el siguiente unilineal general se pueden identificar los puntos de medición de la potencia neta, los cuales son análogos para todas las unidades.

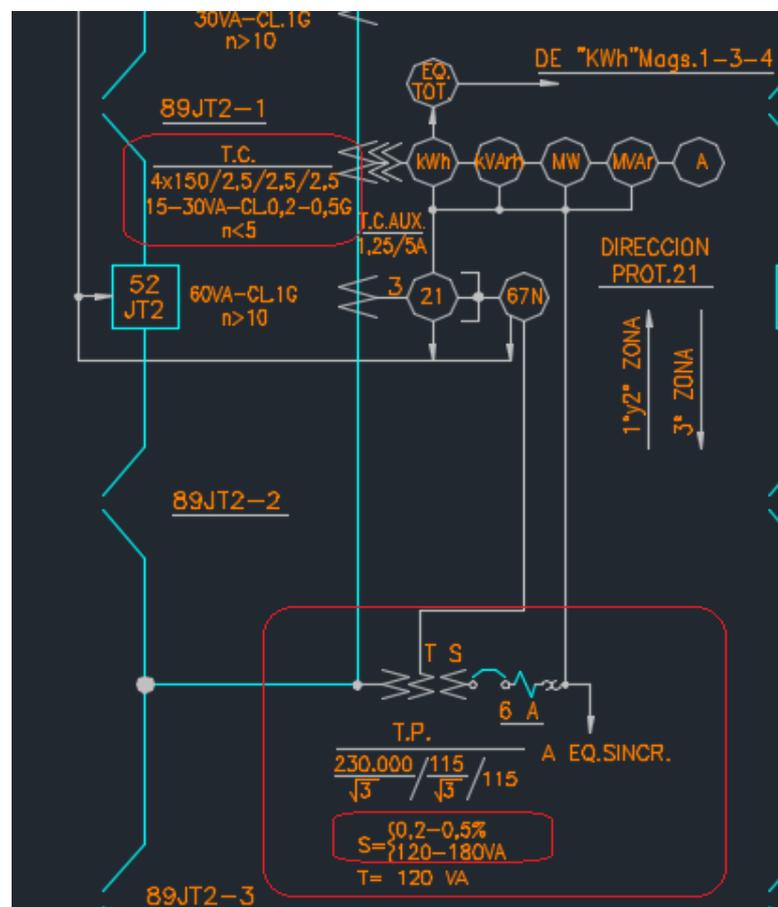


Figura 9.10 - Unilineal para la medición de potencia neta



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



Figura 9.11 – Datos de placa medidor de potencia neta – Trafo Unidad U1



Figura 9.12 – Datos de placa medidor de potencia neta – Trafo Unidad U3



Figura 9.13 – Borneras de conexión



### 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 utilizará los medidores que el Coordinado tiene dentro de sus instalaciones. Estos medidores son clase 0.2 y cumple con los requerimientos establecidos en el anexo técnico.

Los registros de datos se realizarán con una tasa de muestreo cada 1 minuto y serán entregados en formato csv.

El Coordinado ha realizado pruebas de certificación de este equipo previo al desarrollo de las pruebas. A continuación, se incluyen el certificado de calibración.



FT-LAB-7.8c



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

FOLIO: 38499

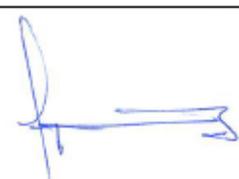
| ANTECEDENTES DEL CLIENTE |                          |  |  | RESULTADOS DE LA COMPONENTE ACTIVA   |                  |           |                  |                     |                  |           |                  |
|--------------------------|--------------------------|--|--|--|------------------|-----------|------------------|---------------------|------------------|-----------|------------------|
| N° / Fecha de Solicitud  | : OC 4500343161          |  |  | N  | Fase             | Cte. %    | Factor           | Componente Activa   |                  |           |                  |
| Fecha Calibración        | : 30.11.2021             |  |  |  |                  |           |                  | Directa             | Reversa          |           |                  |
| Medidor                  | : ION 7650               |  |  | Error (%)  | Limite Norma (%) | Error (%) | Limite Norma (%) |                     |                  |           |                  |
| Cliente                  | : Enel Chile S.A.        |  |  | 1  | 123              | 100       | 1                | -0,013              | ± 0,2            | -0,015    | ± 0,2            |
| Instalación              | : Unidad 1               |  |  | 2  | 123              | 100       | 0,5              | -0,015              | ± 0,3            | -0,017    | ± 0,3            |
| Subestación              | : Central El toro        |  |  | 3  | 123              | 10        | 1                | -0,019              | ± 0,2            | -0,018    | ± 0,2            |
| ANTECEDENTES DEL MEDIDOR |                          |  |  | 4  | 123              | 10        | 0,5              | -0,019              | ± 0,3            | -0,021    | ± 0,3            |
| Marca                    | : Schneider Electric     |  |  | 5  | 1                | 100       | 1                | 0,043               | ± 0,3            | 0,043     | ± 0,3            |
| Modelo                   | : P7650A0C0B5E0A0E       |  |  | 6  | 2                | 100       | 1                | -0,061              | ± 0,3            | -0,063    | ± 0,3            |
| N° de Serie              | : PJ-1203A193-03         |  |  | 7  | 3                | 100       | 1                | -0,035              | ± 0,3            | -0,034    | ± 0,3            |
| Estado                   | : En Servicio            |  |  | 8  | 1                | 100       | 0,5              | 0,040               | ± 0,4            | 0,038     | ± 0,4            |
| Año Fabricación          | : 2012                   |  |  | 9  | 2                | 100       | 0,5              | -0,048              | ± 0,4            | -0,047    | ± 0,4            |
| Clase Exactitud (%)      | : 0,2                    |  |  | 10   | 3                | 100       | 0,5              | -0,034              | ± 0,4            | -0,035    | ± 0,4            |
| Constante Med.           | : 1                      |  |  | RESULTADOS DE LA COMPONENTE REACTIVA   |                  |           |                  | Componente Reactiva |                  |           |                  |
| PATRON DE CALIBRACIÓN    |                          |  |  | Directa  |                  | Reversa   |                  |                     |                  |           |                  |
| Marca                    | : Applied Precision      |  |  | N  | Fase             | Cte. %    | Factor           | Error (%)           | Limite Norma (%) | Error (%) | Limite Norma (%) |
| Modelo                   | : PTE 2300               |  |  | 1  | 123              | 100       | 1                | -0,013              | ± 2,0            | -0,013    | ± 2,0            |
| N° Serie                 | : 2615020128             |  |  | 2  | 123              | 100       | 0,5              | 0,014               | ± 2,0            | -0,002    | ± 2,0            |
| Clase de Exactitud       | : 0,05                   |  |  | 3  | 123              | 10        | 1                | -0,016              | ± 2,0            | -0,016    | ± 2,0            |
| Trazabilidad             | : Laboratorio Tecnoled   |  |  | 4  | 123              | 10        | 0,5              | -0,004              | ± 2,0            | -0,021    | ± 2,0            |
| CONDICIONES DE MEDIDA    |                          |  |  | 5  | 1                | 100       | 1                | 0,041               | ± 3,0            | 0,045     | ± 3,0            |
| Lugar de Calibración     | : Central el Toro        |  |  | 6  | 2                | 100       | 1                | -0,065              | ± 3,0            | -0,063    | ± 3,0            |
| Tipo de Medida           | : W.ESTRELLA/ACTIVO      |  |  | 7  | 3                | 100       | 1                | -0,036              | ± 3,0            | -0,034    | ± 3,0            |
| Tensión Aplicada         | : 63,5 (V)               |  |  | 8  | 1                | 100       | 0,5              | 0,041               | ± 3,0            | 0,040     | ± 3,0            |
| Corriente Nominal        | : 5 (A)                  |  |  | 9  | 2                | 100       | 0,5              | -0,048              | ± 3,0            | -0,047    | ± 3,0            |
| N° de Elementos          | : 3                      |  |  | 10   | 3                | 100       | 0,5              | -0,035              | ± 3,0            | -0,035    | ± 3,0            |
| Método Calibración       | : Comparación Directa    |  |  | OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES   |                  |           |                  |                     |                  |           |                  |
| Frecuencia (Hz)          | : 50 (HZ)                |  |  | Los errores encontrados cumplen con la Normativa Vigente IEC 62053-22 (ITEM 8.1). Tecnoled S.A., declina toda responsabilidad por el uso indebido que se hicieran de este certificado. Este documento no puede ser reproducido en forma parcial. |                  |           |                  |                     |                  |           |                  |
| Temperatura (C°)         | : 22.1                   |  |  | <br>Jaime Eduardo Garcia Collao<br>Jefe Área Laboratorio y Medidas  |                  |           |                  |                     |                  |           |                  |
| Humedad (%)              | : 33.2                   |  |  |  |                  |           |                  |                     |                  |           |                  |
| Calibrador               | : A. Nuñez - M.Montecino |  |  | TECNORED S.A.<br>Cerro El Plomo 3819 Barrio Industrial Curauma, Valparaíso<br>Fono: 56-32-2452580 fax: 56-32-2452571<br>www.tecnored.cl ventas@tecnored.cl   |                  |           |                  |                     |                  |           |                  |

Figura 9.14 – 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: 38503

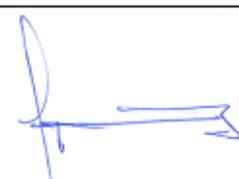
| ANTECEDENTES DEL CLIENTE   |                           |  |  | RESULTADOS DE LA COMPONENTE ACTIVA   |                  |           |                  |                     |         |   |       |
|--|---------------------------|--|--|--------------------------------------|------------------|-----------|------------------|---------------------|---------|---|-------|
| N° / Fecha de Solicitud  | : OC 4500343161           |  |  | N                                    | Fase             | Cte. %    | Factor           | Componente Activa   |         |   |       |
| Fecha Calibración  | : 02.12.2021              |  |  |                                      |                  |           |                  | Directa             | Reversa |   |       |
| Medidor  | : ION 7650                |  |  | Error (%)                            | Limite Norma (%) | Error (%) | Limite Norma (%) |                     |         |   |       |
| Cliente  | : Enel Chile S.A.         |  |  | 1                                    | 123              | 100       | 1                | -0,082              | ± 0,2   | -0,081  | ± 0,2 |
| Instalación  | : Unidad 3                |  |  | 2                                    | 123              | 100       | 0,5              | -0,063              | ± 0,3   | -0,069  | ± 0,3 |
| Subestación  | : Central El Toro         |  |  | 3                                    | 123              | 10        | 1                | -0,075              | ± 0,2   | -0,073  | ± 0,2 |
| ANTECEDENTES DEL MEDIDOR   |                           |  |  | 4                                    | 123              | 10        | 0,5              | -0,062              | ± 0,3   | -0,063  | ± 0,3 |
| Marca  | : Schneider Electric      |  |  | 5                                    | 1                | 100       | 1                | -0,087              | ± 0,3   | -0,085  | ± 0,3 |
| Modelo   | : P7650A0C0B5E0A0E        |  |  | 6                                    | 2                | 100       | 1                | -0,070              | ± 0,3   | -0,069  | ± 0,3 |
| N° de Serie  | : PJ-1009A671-02          |  |  | 7                                    | 3                | 100       | 1                | -0,092              | ± 0,3   | -0,090  | ± 0,3 |
| Estado   | : En Servicio             |  |  | 8                                    | 1                | 100       | 0,5              | -0,070              | ± 0,4   | -0,074  | ± 0,4 |
| Año Fabricación  | : 2010                    |  |  | 9                                    | 2                | 100       | 0,5              | -0,051              | ± 0,4   | -0,051  | ± 0,4 |
| Clase Exactitud (%)  | : 0,2                     |  |  | 10                                   | 3                | 100       | 0,5              | -0,073              | ± 0,4   | -0,073  | ± 0,4 |
| Constante Med.   | : 1                       |  |  |                                      |                  |           |                  |                     |         |   |       |
| PATRON DE CALIBRACION  |                           |  |  | RESULTADOS DE LA COMPONENTE REACTIVA |                  |           |                  |                     |         |   |       |
| Marca  | : Applied Precision       |  |  | N                                    | Fase             | Cte. %    | Factor           | Componente Reactiva |         |   |       |
| Modelo   | : PTE 2300                |  |  |                                      |                  |           |                  | Directa             | Reversa |   |       |
| N° Serie   | : 2615020128              |  |  | Error (%)                            | Limite Norma (%) | Error (%) | Limite Norma (%) |                     |         |   |       |
| Clase de Exactitud   | : 0,05                    |  |  | 1                                    | 123              | 100       | 1                | -0,082              | ± 2,0   | -0,082  | ± 2,0 |
| Trazabilidad   | : Laboratorio Tecnored    |  |  | 2                                    | 123              | 100       | 0,5              | -0,069              | ± 2,0   | -0,061  | ± 2,0 |
| CONDICIONES DE MEDIDA  |                           |  |  | 3                                    | 123              | 10        | 1                | -0,085              | ± 2,0   | -0,078  | ± 2,0 |
| Lugar de Calibración   | : Central El Toro         |  |  | 4                                    | 123              | 10        | 0,5              | -0,069              | ± 2,0   | -0,062  | ± 2,0 |
| Tipo de Medida   | : WESTRELLA/ACTIVO        |  |  | 5                                    | 1                | 100       | 1                | -0,087              | ± 3,0   | -0,085  | ± 3,0 |
| Tensión Aplicada   | : 63,5 (V)                |  |  | 6                                    | 2                | 100       | 1                | -0,074              | ± 3,0   | -0,070  | ± 3,0 |
| Corriente Nominal  | : 5 (A)                   |  |  | 7                                    | 3                | 100       | 1                | -0,091              | ± 3,0   | -0,091  | ± 3,0 |
| N° de Elementos  | : 3                       |  |  | 8                                    | 1                | 100       | 0,5              | -0,069              | ± 3,0   | -0,073  | ± 3,0 |
| Método Calibración   | : Comparación Directa     |  |  | 9                                    | 2                | 100       | 0,5              | -0,044              | ± 3,0   | -0,050  | ± 3,0 |
| Frecuencia (Hz)  | : 50 (HZ)                 |  |  | 10                                   | 3                | 100       | 0,5              | -0,071              | ± 3,0   | -0,072  | ± 3,0 |
| Temperatura (C°)   | : 22,1                    |  |  |                                      |                  |           |                  |                     |         |   |       |
| Humedad (%)  | : 35,4                    |  |  |                                      |                  |           |                  |                     |         |   |       |
| Calibrador   | : A. Nuñez - M. Montecino |  |  |                                      |                  |           |                  |                     |         |   |       |
| 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. |                           |  |  |                                      |                  |           |                  |                     |         |   |       |
|  |                           |  |  |                                      |                  |           |                  |                     |         | <br>Jaime Eduardo García Collao<br>Jefe Área Laboratorio y Medidas |       |
| <b>TECNORED S.A.</b><br>Cerro El Plomo 3819 Barrio Industrial Curauma, Valparaíso<br>Fono: 56-32-2452580 fax: 56-32-2452571<br>www.tecnored.cl ventas@tecnored.cl  |                           |  |  |                                      |                  |           |                  |                     |         |   |       |

Figura 9.15 – Certificado de calibración medidor de potencia bruta y factor de potencia (Unidad 3)



FT-LAB-7.8c



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

FOLIO: 38505

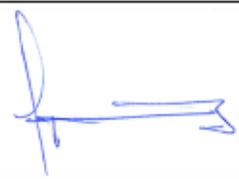
| ANTECEDENTES DEL CLIENTE   |                           |  |      | RESULTADOS DE LA COMPONENTE ACTIVA   |                  |           |                  |                     |         |   |       |
|--|---------------------------|--|------|--------------------------------------|------------------|-----------|------------------|---------------------|---------|---|-------|
| N° / Fecha de Solicitud  | : OC 4500343161           |  |      | N                                    | Fase             | Cte. %    | Factor           | Componente Activa   |         |   |       |
| Fecha Calibración  | : 03.12.2021              |  |      |                                      |                  |           |                  | Directa             | Reversa |   |       |
| Medidor  | : ION 7650                |  |      | Error (%)                            | Límite Norma (%) | Error (%) | Límite Norma (%) |                     |         |   |       |
| Cliente  | : Enel Chile S.A.         |  |      | 1                                    | 123              | 100       | 1                | -0,050              | ± 0,2   | -0,048  | ± 0,2 |
| Instalación  | : Unidad 4                |  |      | 2                                    | 123              | 100       | 0,5              | -0,050              | ± 0,3   | -0,052  | ± 0,3 |
| Subestación  | : Central El Toro         |  |      | 3                                    | 123              | 10        | 1                | -0,058              | ± 0,2   | -0,056  | ± 0,2 |
| ANTECEDENTES DEL MEDIDOR   |                           |  |      | 4                                    | 123              | 10        | 0,5              | -0,068              | ± 0,3   | -0,066  | ± 0,3 |
| Marca  | : Schneider Electric      |  |      | 5                                    | 1                | 100       | 1                | -0,008              | ± 0,3   | -0,006  | ± 0,3 |
| Modelo   | : P7650A0C0B5E0A0E        |  |      | 6                                    | 2                | 100       | 1                | -0,060              | ± 0,3   | -0,057  | ± 0,3 |
| N° de Serie  | : PF-1203A195-03          |  |      | 7                                    | 3                | 100       | 1                | -0,088              | ± 0,3   | -0,086  | ± 0,3 |
| Estado   | : En Servicio             |  |      | 8                                    | 1                | 100       | 0,5              | -0,011              | ± 0,4   | -0,014  | ± 0,4 |
| Año Fabricación  | : 2012                    |  |      | 9                                    | 2                | 100       | 0,5              | -0,056              | ± 0,4   | -0,054  | ± 0,4 |
| Clase Exactitud (%)  | : 0,2                     |  |      | 10                                   | 3                | 100       | 0,5              | -0,090              | ± 0,4   | -0,094  | ± 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 (%)                            | Límite Norma (%) | Error (%) | Límite Norma (%) |                     |         |   |       |
| N° Serie   | : 2615020128              |  |      | 1                                    | 123              | 100       | 1                | -0,047              | ± 2,0   | -0,046  | ± 2,0 |
| Clase de Exactitud   | : 0,05                    |  |      | 2                                    | 123              | 100       | 0,5              | -0,051              | ± 2,0   | -0,045  | ± 2,0 |
| Trazabilidad   | : Laboratorio Tecnoled    |  |      | 3                                    | 123              | 10        | 1                | -0,046              | ± 2,0   | -0,049  | ± 2,0 |
| CONDICIONES DE MEDIDA  |                           |  |      | 4                                    | 123              | 10        | 0,5              | -0,051              | ± 2,0   | -0,067  | ± 2,0 |
| Lugar de Calibración   | : Central El Toro         |  |      | 5                                    | 1                | 100       | 1                | -0,008              | ± 3,0   | -0,006  | ± 3,0 |
| Tipo de Medida   | : W. ESTRELLA/ACTIVO      |  |      | 6                                    | 2                | 100       | 1                | -0,056              | ± 3,0   | -0,056  | ± 3,0 |
| Tensión Aplicada   | : 63,5                    |  | (V)  | 7                                    | 3                | 100       | 1                | -0,086              | ± 3,0   | -0,085  | ± 3,0 |
| Corriente Nominal  | : 5                       |  | (A)  | 8                                    | 1                | 100       | 0,5              | -0,013              | ± 3,0   | -0,014  | ± 3,0 |
| N° de Elementos  | : 3                       |  |      | 9                                    | 2                | 100       | 0,5              | -0,055              | ± 3,0   | -0,056  | ± 3,0 |
| Método Calibración   | : Comparación Directa     |  |      | 10                                   | 3                | 100       | 0,5              | -0,095              | ± 3,0   | -0,094  | ± 3,0 |
| Frecuencia (Hz)  | : 50                      |  | (HZ) |                                      |                  |           |                  |                     |         |   |       |
| Temperatura (C°)   | : 23.1                    |  |      |                                      |                  |           |                  |                     |         |   |       |
| Humedad (%)  | : 35.3                    |  |      |                                      |                  |           |                  |                     |         |   |       |
| Calibrador   | : A. Nuñez - M. Montecino |  |      |                                      |                  |           |                  |                     |         |   |       |
| OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES   |                           |  |      |                                      |                  |           |                  |                     |         |   |       |
| Los errores encontrados cumplen con la Normativa Vigente IEC 62053-22 (ITEM 8.1). Tecnoled S.A., declina toda responsabilidad por el uso indebido que se hicieran de este certificado. Este documento no puede ser reproducido en forma parcial. |                           |  |      |                                      |                  |           |                  |                     |         |   |       |
|  |                           |  |      |                                      |                  |           |                  |                     |         | <br>Jaime Eduardo García Collao<br>Jefe Área Laboratorio y Medidas |       |
| <b>TECNORED S.A.</b><br>Cerro El Plomo 3819 Barrio Industrial Curauma, Valparaíso<br>Fono: 56-32-2452580 fax: 56-32-2452571<br>www.tecnored.cl ventas@tecnored.cl  |                           |  |      |                                      |                  |           |                  |                     |         |   |       |

Figura 9.16 – Certificado de calibración medidor de potencia bruta y factor de potencia (Unidad 4)



### 9.3.2 Potencia neta

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

Los registros de datos se realizarán con una tasa de muestreo cada 1 minuto y serán entregados en formato csv.

El Coordinado ha realizado pruebas de certificación de este equipo previo al desarrollo de las pruebas. A continuación, se incluyen el certificado de calibración.



FT-LAB-7.8c



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

FOLIO: 38500

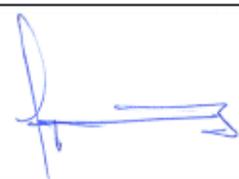
| ANTECEDENTES DEL CLIENTE  |                           |  |  | RESULTADOS DE LA COMPONENTE ACTIVA  |                  |           |                  |                     |         |        |       |
|---|---------------------------|--|--|---|------------------|-----------|------------------|---------------------|---------|--------|-------|
| N° / Fecha de Solicitud   | : OC 4500343161           |  |  | N   | Fase             | Cte. %    | Factor           | Componente Activa   |         |        |       |
| Fecha Calibración   | : 30.11.2021              |  |  |   |                  |           |                  | Directa             | Reversa |        |       |
| Medidor   | : ION 7650                |  |  | Error (%)   | Límite Norma (%) | Error (%) | Límite Norma (%) |                     |         |        |       |
| Cliente   | : Enel Chile S.A.         |  |  | 1   | 123              | 100       | 1                | 0,007               | ± 0,2   | 0,008  | ± 0,2 |
| Instalación   | : Trafo Unidad 1          |  |  | 2   | 123              | 100       | 0,5              | 0,037               | ± 0,3   | 0,031  | ± 0,3 |
| Subestación   | : El Toro                 |  |  | 3   | 123              | 10        | 1                | -0,002              | ± 0,2   | -0,003 | ± 0,2 |
| ANTECEDENTES DEL MEDIDOR  |                           |  |  | 4   | 123              | 10        | 0,5              | 0,019               | ± 0,3   | 0,018  | ± 0,3 |
| Marca   | : Schneider Electric      |  |  | 5   | 1                | 100       | 1                | -0,003              | ± 0,3   | -0,001 | ± 0,3 |
| Modelo  | : M7650A0C0B5E0A0E        |  |  | 6   | 2                | 100       | 1                | 0,013               | ± 0,3   | 0,011  | ± 0,3 |
| N° de Serie   | : MJ-1303AS83-03          |  |  | 7   | 3                | 100       | 1                | 0,005               | ± 0,3   | 0,005  | ± 0,3 |
| Estado  | : En Servicio             |  |  | 8   | 1                | 100       | 0,5              | 0,028               | ± 0,4   | 0,025  | ± 0,4 |
| Año Fabricación   | : 2013                    |  |  | 9   | 2                | 100       | 0,5              | 0,037               | ± 0,4   | 0,036  | ± 0,4 |
| Clase Exactitud (%)   | : 0,2                     |  |  | 10  | 3                | 100       | 0,5              | 0,037               | ± 0,4   | 0,035  | ± 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 (%)   | Límite Norma (%) | Error (%) | Límite Norma (%) |                     |         |        |       |
| N° Serie  | : 2615020128              |  |  | 1   | 123              | 100       | 1                | 0,010               | ± 2,0   | 0,007  | ± 2,0 |
| Clase de Exactitud  | : 0,05                    |  |  | 2   | 123              | 100       | 0,5              | 0,031               | ± 2,0   | 0,033  | ± 2,0 |
| Trazabilidad  | : Laboratorio Tecnored    |  |  | 3   | 123              | 10        | 1                | 0,009               | ± 2,0   | 0,011  | ± 2,0 |
| CONDICIONES DE MEDIDA   |                           |  |  | 4   | 123              | 10        | 0,5              | 0,032               | ± 2,0   | 0,018  | ± 2,0 |
| Lugar de Calibración  | : SE El Toro              |  |  | 5   | 1                | 100       | 1                | 0,000               | ± 3,0   | -0,002 | ± 3,0 |
| Tipo de Medida  | : W. ESTRELLA/ACTIVO      |  |  | 6   | 2                | 100       | 1                | 0,008               | ± 3,0   | 0,010  | ± 3,0 |
| Tensión Aplicada  | : 63,5 (V)                |  |  | 7   | 3                | 100       | 1                | 0,004               | ± 3,0   | 0,004  | ± 3,0 |
| Corriente Nominal   | : 5 (A)                   |  |  | 8   | 1                | 100       | 0,5              | 0,026               | ± 3,0   | 0,026  | ± 3,0 |
| N° de Elementos   | : 3                       |  |  | 9   | 2                | 100       | 0,5              | 0,041               | ± 3,0   | 0,034  | ± 3,0 |
| Método Calibración  | : Comparación Directa     |  |  | 10  | 3                | 100       | 0,5              | 0,034               | ± 3,0   | 0,036  | ± 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°)  | : 22.1                    |  |  | <div style="text-align: right;"> <br/>                     Jaime Eduardo Garcia Collao<br/>                     Jefe Área Laboratorio y Medidas                 </div>   |                  |           |                  |                     |         |        |       |
| Humedad (%)   | : 33.2                    |  |  |   |                  |           |                  |                     |         |        |       |
| Calibrador  | : A. Nuñez - M. Montecino |  |  |   |                  |           |                  |                     |         |        |       |
| <p align="center"><b>TECNORED S.A.</b><br/>                     Cerro El Plomo 3819 Barrio Industrial Curauma, Valparaíso<br/>                     Fono: 56-32-2452580 fax: 56-32-2452571<br/>                     www.tecnored.cl ventas@tecnored.cl</p> |                           |  |  |   |                  |           |                  |                     |         |        |       |

Figura 9.17 – Certificado de calibración medidor de potencia neta (Trafo Unidad 1)



FT-LAB-7.8c



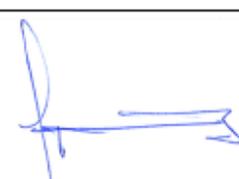
**CERTIFICADO DE EXACTITUD**  
**LABORATORIO DE TECNORED S.A.**  
**MEDIDORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

FOLIO: 38504

| ANTECEDENTES DEL CLIENTE |                           |  |  | RESULTADOS DE LA COMPONENTE ACTIVA   |                  |           |                  |                     |         |                     |       |
|--------------------------|---------------------------|--|--|--------------------------------------|------------------|-----------|------------------|---------------------|---------|---------------------|-------|
| N° / Fecha de Solicitud  | : OC 4500343161           |  |  | N                                    | Fase             | Cte. %    | Factor           | Componente Activa   |         |                     |       |
| Fecha Calibración        | : 02.12.2021              |  |  |                                      |                  |           |                  | Directa             | Reversa |                     |       |
| Medidor                  | : ION 7650                |  |  | Error (%)                            | Limite Norma (%) | Error (%) | Limite Norma (%) |                     |         |                     |       |
| Cliente                  | : Enel Chile S.A.         |  |  | 1                                    | 123              | 100       | 1                | -0,036              | ± 0,2   | -0,033              | ± 0,2 |
| Instalación              | : Trafo Unidad 3          |  |  | 2                                    | 123              | 100       | 0,5              | -0,001              | ± 0,3   | -0,006              | ± 0,3 |
| Subestación              | : El Toro                 |  |  | 3                                    | 123              | 10        | 1                | -0,039              | ± 0,2   | -0,039              | ± 0,2 |
| ANTECEDENTES DEL MEDIDOR |                           |  |  | 4                                    | 123              | 10        | 0,5              | -0,014              | ± 0,3   | -0,011              | ± 0,3 |
| Marca                    | : Schneider Electric      |  |  | 5                                    | 1                | 100       | 1                | -0,079              | ± 0,3   | -0,074              | ± 0,3 |
| Modelo                   | : M7650A0C0B5E0A0E        |  |  | 6                                    | 2                | 100       | 1                | -0,005              | ± 0,3   | 0,000               | ± 0,3 |
| N° de Serie              | : MJ-1302A905-03          |  |  | 7                                    | 3                | 100       | 1                | -0,033              | ± 0,3   | -0,032              | ± 0,3 |
| Estado                   | : En Servicio             |  |  | 8                                    | 1                | 100       | 0,5              | -0,050              | ± 0,4   | -0,048              | ± 0,4 |
| Año Fabricación          | : 2013                    |  |  | 9                                    | 2                | 100       | 0,5              | 0,030               | ± 0,4   | 0,032               | ± 0,4 |
| Clase Exactitud (%)      | : 0,2                     |  |  | 10                                   | 3                | 100       | 0,5              | -0,007              | ± 0,4   | -0,007              | ± 0,4 |
| Constante Med.           | : 1                       |  |  | RESULTADOS DE LA COMPONENTE REACTIVA |                  |           |                  | Componente Reactiva |         | Componente Reactiva |       |
| PATRON DE CALIBRACION    |                           |  |  | Directa                              | Reversa          |           |                  |                     |         |                     |       |
| Marca                    | : Applied Precision       |  |  | Error (%)                            | Limite Norma (%) | Error (%) | Limite Norma (%) |                     |         |                     |       |
| Modelo                   | : PTE 2300                |  |  | 1                                    | 123              | 100       | 1                | -0,032              | ± 2,0   | -0,029              | ± 2,0 |
| N° Serie                 | : 2615020128              |  |  | 2                                    | 123              | 100       | 0,5              | -0,003              | ± 2,0   | -0,001              | ± 2,0 |
| Clase de Exactitud       | : 0,05                    |  |  | 3                                    | 123              | 10        | 1                | -0,032              | ± 2,0   | -0,032              | ± 2,0 |
| Trazabilidad             | : Laboratorio Tecnored    |  |  | 4                                    | 123              | 10        | 0,5              | 0,004               | ± 2,0   | -0,012              | ± 2,0 |
| CONDICIONES DE MEDIDA    |                           |  |  | 5                                    | 1                | 100       | 1                | -0,076              | ± 3,0   | -0,073              | ± 3,0 |
| Lugar de Calibración     | : SE El Toro              |  |  | 6                                    | 2                | 100       | 1                | 0,000               | ± 3,0   | -0,001              | ± 3,0 |
| Tipo de Medida           | : W. ESTRELLA/ACTIVO      |  |  | 7                                    | 3                | 100       | 1                | -0,032              | ± 3,0   | -0,030              | ± 3,0 |
| Tensión Aplicada         | : 63,5 (V)                |  |  | 8                                    | 1                | 100       | 0,5              | -0,040              | ± 3,0   | -0,048              | ± 3,0 |
| Corriente Nominal        | : 5 (A)                   |  |  | 9                                    | 2                | 100       | 0,5              | 0,037               | ± 3,0   | 0,032               | ± 3,0 |
| N° de Elementos          | : 3                       |  |  | 10                                   | 3                | 100       | 0,5              | -0,008              | ± 3,0   | -0,007              | ± 3,0 |
| Método Calibración       | : Comparación Directa     |  |  |                                      |                  |           |                  |                     |         |                     |       |
| Frecuencia (Hz)          | : 50 (HZ)                 |  |  |                                      |                  |           |                  |                     |         |                     |       |
| Temperatura (C°)         | : 22,1                    |  |  |                                      |                  |           |                  |                     |         |                     |       |
| Humedad (%)              | : 33,2                    |  |  |                                      |                  |           |                  |                     |         |                     |       |
| Calibrador               | : A. Nuñez - M. Montecino |  |  |                                      |                  |           |                  |                     |         |                     |       |

**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 Cursuma, Valparaíso  
 Fono: 56-32-2452580 fax: 56-32-2452571  
 www.tecnored.cl ventas@tecnored.cl

Figura 9.18 – Certificado de calibración medidor de potencia neta (Trafo Unidad 3)



FT-LAB-7.8c



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

FOLIO: 38506

| ANTECEDENTES DEL CLIENTE |                           |  |  | RESULTADOS DE LA COMPONENTE ACTIVA  |                  |           |                  |                     |         |        |       |
|--------------------------|---------------------------|--|--|---|------------------|-----------|------------------|---------------------|---------|--------|-------|
| N° / Fecha de Solicitud  | : OC 4500343161           |  |  | N   | Fase             | Cte. %    | Factor           | Componente Activa   |         |        |       |
| Fecha Calibración        | : 03.12.2021              |  |  |   |                  |           |                  | Directa             | Reversa |        |       |
| Medidor                  | : ION 7650                |  |  | Error (%)   | Limite Norma (%) | Error (%) | Limite Norma (%) |                     |         |        |       |
| Cliente                  | : Enel Chile S.A.         |  |  | 1   | 123              | 100       | 1                | -0,019              | ± 0,2   | -0,016 | ± 0,2 |
| Instalación              | : Trafo Unidad 4          |  |  | 2   | 123              | 100       | 0,5              | 0,011               | ± 0,3   | 0,010  | ± 0,3 |
| Subestación              | : El toro                 |  |  | 3   | 123              | 10        | 1                | -0,026              | ± 0,2   | -0,024 | ± 0,2 |
| ANTECEDENTES DEL MEDIDOR |                           |  |  | 4   | 123              | 10        | 0,5              | -0,001              | ± 0,3   | 0,001  | ± 0,3 |
| Marca                    | : Schneider Electric      |  |  | 5   | 1                | 100       | 1                | -0,010              | ± 0,3   | -0,007 | ± 0,3 |
| Modelo                   | : M7650A0C0B5E0A0E        |  |  | 6   | 2                | 100       | 1                | -0,036              | ± 0,3   | -0,037 | ± 0,3 |
| N° de Serie              | : MJ-1303A343-03          |  |  | 7   | 3                | 100       | 1                | -0,014              | ± 0,3   | -0,013 | ± 0,3 |
| Estado                   | : Nuevo                   |  |  | 8   | 1                | 100       | 0,5              | 0,020               | ± 0,4   | 0,020  | ± 0,4 |
| Año Fabricación          | : 2013                    |  |  | 9   | 2                | 100       | 0,5              | -0,010              | ± 0,4   | -0,006 | ± 0,4 |
| Clase Exactitud (%)      | : 0,2                     |  |  | 10  | 3                | 100       | 0,5              | 0,027               | ± 0,4   | 0,025  | ± 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                | -0,013              | ± 2,0   | -0,016 | ± 2,0 |
| Clase de Exactitud       | : 0,05                    |  |  | 2   | 123              | 100       | 0,5              | 0,013               | ± 2,0   | 0,018  | ± 2,0 |
| Trazabilidad             | : Laboratorio Tecnored    |  |  | 3   | 123              | 10        | 1                | -0,015              | ± 2,0   | -0,019 | ± 2,0 |
| CONDICIONES DE MEDIDA    |                           |  |  | 4   | 123              | 10        | 0,5              | 0,010               | ± 2,0   | 0,001  | ± 2,0 |
| Lugar de Calibración     | : SE El Toro              |  |  | 5   | 1                | 100       | 1                | -0,007              | ± 3,0   | -0,007 | ± 3,0 |
| Tipo de Medida           | : W. ESTRELLA/ACTIVO      |  |  | 6   | 2                | 100       | 1                | -0,036              | ± 3,0   | -0,036 | ± 3,0 |
| Tensión Aplicada         | : 63,5 (V)                |  |  | 7   | 3                | 100       | 1                | -0,013              | ± 3,0   | -0,013 | ± 3,0 |
| Corriente Nominal        | : 5 (A)                   |  |  | 8   | 1                | 100       | 0,5              | 0,017               | ± 3,0   | 0,019  | ± 3,0 |
| N° de Elementos          | : 3                       |  |  | 9   | 2                | 100       | 0,5              | -0,006              | ± 3,0   | -0,009 | ± 3,0 |
| Método Calibración       | : Comparación Directa     |  |  | 10  | 3                | 100       | 0,5              | 0,024               | ± 3,0   | 0,025  | ± 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°)         | : 22,1                    |  |  |  <p align="right">Jaime Eduardo García Collao<br/>Jefe Área Laboratorio y Medidas</p>  |                  |           |                  |                     |         |        |       |
| Humedad (%)              | : 45,3                    |  |  |   |                  |           |                  |                     |         |        |       |
| Calibrador               | : A. Nuñez - M. Montecino |  |  |   |                  |           |                  |                     |         |        |       |
|                          |                           |  |  |   |                  |           |                  |                     |         |        |       |
|                          |                           |  |  | <p align="center"><b>TECNORED S.A.</b><br/>Cerro El Plomo 3819 Barrio Industrial Curauma, Valparaíso<br/>Fono: 56-32-2452580 fax: 56-32-2452571<br/>www.tecnored.cl ventas@tecnored.cl</p>  |                  |           |                  |                     |         |        |       |

Figura 9.19 – Certificado de calibración medidor de potencia neta (Trafo Unidad 4)



## 9.4 Acta de ensayos

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

**ESTUDIOS ELÉCTRICOS**

ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

**ACTA DE ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA**

|                           |                       |           |   |
|---------------------------|-----------------------|-----------|---|
| Fecha                     | 14/10/2022            | Empresa   | ENEL Generación S.A.                    |
| ID Proyecto               | EE-2021-115           | Ubicación | Comuna Alto Bio Bio, Región del Bio Bio |
| Denominación de la unidad | CH El Toro - Unidad 1 |           |   |

**Responsables durante la prueba**

| Empresa                                 | Nombre  | Firmas |
|---|---|--------|
|   | Juan Carlos Sanchez O. - Especialista Sistemas de Control |        |
| ENEL<br>Generación S.A.<br>(Coordinado) | Alejandro Perez R. - Especialista Sr Sistemas de Control  |        |
|   | Alejandro Cortés V. - Mantenedor/Operador                 |        |
|   | Victor Saez A. - Plant Unit Laja                          |        |
| Coordinador<br>Eléctrico Nacional       | Sin participantes durante las pruebas.                    | -      |
| Estudios<br>Eléctricos                  | Federico Deledda - Experto Técnico                        |        |

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

Figura 9.20 – Acta de tareas para la Unidad 1 (1 de 3)



**ESTUDIOS ELECTRICOS**   
 ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

**Datos de la unidad**

|                                 |                            |                                     |      |
|---------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|------|
| Potencia aparente nominal [MVA] | 115                        | Corriente de estator nominal [A]    | 4400 |
| Tensión de estator nominal [kV] | 13.8                       | Factor de potencia nominal          | 0.95 |
| Potencia activa máxima [MW]     | 112.5 <i>Declarado CEN</i> | Corriente de excitación nominal [A] | 820  |
| Mínimo Técnico [MW]             | 0                          | Tensión de excitación nominal [V]   | 210  |

**Datos de la prueba**

|  |                          |   |                          |
|--|--------------------------|---|--------------------------|
| Estado previo de las unidades                | <i>Detenida</i>          | Arranque de la unidad (fecha-hora)        | 14/10/2022<br>19:00      |
| Inicio del período de estabilización         | 19:10 Hs                 | Fin del período de estabilización         | 20:00 Hs                 |
| Inicio del período de prueba Potencia Máxima | 20:00 Hs                 | Fin del período de prueba Potencia Máxima | 01:00 Hs<br>(15/10/2022) |
| Protocolo aplicable                          | EE-EN-2021-2063<br>Rev B | Desvíos del protocolo                     | No                       |

**Instrumental**

| Magnitud                                   | Descripción de equipos y punto de conexión                                    |
|--|---|
| <b>Potencia neta</b>                       | ION 7650 – N° Serie: MJ-1303A883-03.<br>Equipo de medida de planta clase 0.2. |
| <b>Potencia bruta y factor de potencia</b> | ION 7650 – N° Serie: PJ-1203A193-03.<br>Equipo de medida de planta clase 0.2. |
| <b>Potencia SSAA</b>                       | ION 8600 – N° Serie: PT-0606A061-01<br>Equipo de medida clase 0.2.            |

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

Figura 9.21 – 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:

| Período             | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Potencia Bruta [MW] | 113.45 | 113.38 | 113.35 | 113.66 | 113.61 |

**Observaciones**

*Desvíos del protocolo:* No se registraron desvíos.

*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 en carga base a máxima potencia, la regulación de frecuencia estuvo operativa con un estatismo configurado de 10% y se consignó el valor de potencia reactiva en 26 MVAR, lo que permitió tener un factor de potencia cercano a 0.98 durante toda la prueba. No se pudo lograr operar con un factor de potencia de 0.95 dadas las condiciones del sistema.*

*Desde el inicio de las pruebas las unidades U3 y U4 se encuentran en funcionamiento, pero sin potencia, actuando como condensador síncrono. Aproximadamente a las 20:20 a pedido de despacho las unidades U3 y U4 toman una carga aproximada de 50 MW. A las 23:40 las unidades U3 y U4 quedan en funcionamiento como condensador síncrono.*

*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 3 a través del transformador de SSAA N°01 (interruptores 52G3 y 52RV1 cerrados). La Unidad 1 no puede alimentar sus propios servicios auxiliares debido que el interruptor 52G1 se encuentra fuera de servicio.*

*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 9.22 – Acta de tareas para la Unidad 1 (3 de 3)

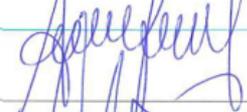


**ESTUDIOS ELECTRICOS**   
ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

**ACTA DE ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA**

|                           |                       |           |   |
|---------------------------|-----------------------|-----------|---|
| Fecha                     | 13/10/2022            | Empresa   | ENEL Generación S.A.                    |
| ID Proyecto               | EE-2021-115           | Ubicación | Comuna Alto Bio Bio, Región del Bio Bio |
| Denominación de la unidad | CH El Toro - Unidad 3 |           |   |

**Responsables durante la prueba**

| Empresa                                 | Nombre  | Firmas  |
|---|---|---|
| ENEL<br>Generación S.A.<br>(Coordinado) | Juan Carlos Sanchez O. - Especialista Sistemas de Control |    |
|   | Alejandro Perez R. - Especialista Sr Sistemas de Control  |   |
|   | Alejandro Cortés V. - Mantenedor/Operador                 |  |
|   | Victor Saez A. - Plant Unit Laja                          |  |
| Coordinador Eléctrico Nacional          | Sin participantes durante las pruebas.                    | -   |
| Estudios Eléctricos                     | Federico Garcia - Experto Técnico                         |  |

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

Figura 9.23 – Acta de tareas para la Unidad 3 (1 de 3)



**ESTUDIOS ELECTRICOS**   
 ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

**Datos de la unidad**

|                                 |                            |                                     |      |
|---------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|------|
| Potencia aparente nominal [MVA] | 115                        | Corriente de estator nominal [A]    | 4400 |
| Tensión de estator nominal [kV] | 13.8                       | Factor de potencia nominal          | 0.95 |
| Potencia activa máxima [MW]     | 112.5 <i>Declarado CEN</i> | Corriente de excitación nominal [A] | 820  |
| Mínimo Técnico [MW]             | 0                          | Tensión de excitación nominal [V]   | 210  |

**Datos de la prueba**

|  |                          |   |                          |
|--|--------------------------|---|--------------------------|
| Estado previo de las unidades                | <i>Despachada</i>        | Arranque de la unidad (fecha-hora)        | -                        |
| Inicio del periodo de estabilización         | 19:40 Hs                 | Fin del periodo de estabilización         | 20:00 Hs                 |
| Inicio del periodo de prueba Potencia Máxima | 20:00 Hs                 | Fin del periodo de prueba Potencia Máxima | 01:00 Hs<br>(14/10/2022) |
| Protocolo aplicable                          | EE-EN-2021-2063<br>Rev B | Desvíos del protocolo                     | No                       |

**Instrumental**

| Magnitud                                   | Descripción de equipos y punto de conexión                                    |
|--|---|
| <b>Potencia neta</b>                       | ION 7650 – N° Serie: MJ-1302A905-03.<br>Equipo de medida de planta clase 0.2. |
| <b>Potencia bruta y factor de potencia</b> | ION 7650 – N° Serie: PJ-1009A671-02.<br>Equipo de medida de planta clase 0.2. |
| <b>Potencia SSAA</b>                       | ION 8600 – N° Serie: PT-0606A062-01<br>Equipo de medida clase 0.2.            |

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

Figura 9.24 – Acta de tareas para la Unidad 3 (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] | 112.52 | 114.54 | 113.42 | 114.85 | 112.22 |

**Observaciones**

*Desvíos del protocolo:* No se registraron desvíos.

*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 en carga base a máxima potencia, la regulación de frecuencia estuvo operativa con un estatismo configurado de 10% y se consignó el valor de potencia reactiva en 24 MVAR, lo que permitió tener un factor de potencia cercano a 0.975 durante toda la prueba. No se pudo lograr operar con un factor de potencia de 0.95 dadas las condiciones del sistema.

Desde el inicio de las pruebas las unidades U1 y U4 estuvieron en servicio a pedido de despacho.

*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 3 a través del transformador de SSAA N°01 (interruptores 52G3 y 52RV1 cerrados).

*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 9.25 – Acta de tareas para la Unidad 3 (3 de 3)

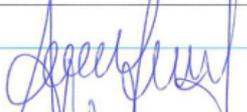


**ESTUDIOS ELÉCTRICOS**   
ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

**ACTA DE ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA**

|                           |                       |           |   |
|---------------------------|-----------------------|-----------|---|
| Fecha                     | 12/10/2022            | Empresa   | ENEL Generación S.A.                    |
| ID Proyecto               | EE-2021-115           | Ubicación | Comuna Alto Bio Bio, Región del Bio Bio |
| Denominación de la unidad | CH El Toro - Unidad 4 |           |   |

**Responsables durante la prueba**

| Empresa                                 | Nombre  | Firmas  |
|---|---|---|
| ENEL<br>Generación S.A.<br>(Coordinado) | Juan Carlos Sanchez O. - Especialista Sistemas de Control |                        |
|   | Alejandro Perez R. - Especialista Sr Sistemas de Control  |                       |
|   | Alejandro Cortés V. - Mantenedor/Operador                 |                      |
|   | Victor Saez A. - Plant Unit Laja                          |                      |
| Coordinador Eléctrico Nacional          | Sin participantes durante las pruebas.                    | -   |
| Estudios Eléctricos                     | Federico Deledda - Experto Técnico                        | <br>Federico Deledda |

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

Figura 9.26 – Acta de tareas para la Unidad 4 (1 de 3)



**ESTUDIOS ELECTRICOS**   
ENSAYOS DE POTENCIA MÁXIMA

**Datos de la unidad**

|                                 |                            |                                     |      |
|---------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|------|
| Potencia aparente nominal [MVA] | 115                        | Corriente de estator nominal [A]    | 4400 |
| Tensión de estator nominal [kV] | 13.8                       | Factor de potencia nominal          | 0.95 |
| Potencia activa máxima [MW]     | 112.5 <i>Declarado CEN</i> | Corriente de excitación nominal [A] | 820  |
| Mínimo Técnico [MW]             | 0                          | Tensión de excitación nominal [V]   | 210  |

**Datos de la prueba**

|   |                          |  |                          |
|---|--------------------------|--|--------------------------|
| Estado previo de las unidades                   | <i>Detenida</i>          | Arranque de la unidad (fecha-hora)           | 12/10/2022<br>19:55 Hs   |
| Inicio del período de estabilización            | 20:00 Hs                 | Fin del período de estabilización            | 20:15 Hs                 |
| Inicio del período de prueba<br>Potencia Máxima | 20:15 Hs                 | Fin del período de prueba<br>Potencia Máxima | 01:15 Hs<br>(13/10/2022) |
| Protocolo aplicable                             | EE-EN-2021-2063<br>Rev B | Desvíos del protocolo                        | No                       |

**Instrumental**

| Magnitud                                   | Descripción de equipos y punto de conexión                                    |
|--|---|
| <b>Potencia neta</b>                       | ION 7650 – N° Serie: MJ-1303A343-03.<br>Equipo de medida de planta clase 0.2. |
| <b>Potencia bruta y factor de potencia</b> | ION 7650 – N° Serie: PJ-1203A195-03.<br>Equipo de medida de planta clase 0.2. |
| <b>Potencia SSAA</b>                       | ION 8600 – N° Serie: PT-0606A062-01<br>Equipo de medida clase 0.2.            |

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

Figura 9.27 – Acta de tareas para la Unidad 4 (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] | 112.66 | 113.78 | 112.53 | 114.25 | 112.66 |

**Observaciones**

*Desvíos del protocolo:* No se registraron desvíos.

*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 en carga base a máxima potencia, la regulación de frecuencia estuvo operativa con un estatismo configurado de 10% y se consignó el valor de potencia reactiva en 16 MVAR, lo que permitió tener un factor de potencia cercano a 0.98 durante toda la prueba. No se pudo lograr operar con un factor de potencia de 0.95 dadas las condiciones del sistema.*

*A las 00:16hs toman carga las unidades U1 y U3 a pedido de despacho durante 15 minutos, esto hace que los niveles de la bocatoma Polcura se encontraran con vertimiento de recurso primario.*

*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 (interruptores 52G4 y 52RV cerrados).

*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 9.28 – Acta de para la Unidad 4 (3 de 3)



Esta página ha sido intencionalmente dejada en blanco