Instituto de Investigaciones Tecnológicas

INFORME TÉCNICO

PROYECTO : PRUEBAS DE POTENCIA MÁXIMA UNIDAD GENERADORA N° 2 DE CENTRAL ALFALFAL II, ALTO MAIPO

PARA : COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL

OT. : 2021-289-1

Dr. Ing. Cristian G. Rodríguez
Jefe de Proyecto

Departamento de Ingeniería Mecánica
Universidad de Concepción

Versión 1. Para revisión y comentarios del CEN y Alto Maipo

14 DE MARZO DE 2021

Información general

Fecha reunión de inicio	12 / 10 / 2021
Fecha de envío protocolo de pruebas, versión 1	27 / 10 / 2021
Fecha de envío protocolo de pruebas, versión 2	23 / 11 / 2021
Fecha de pruebas en unidad n° 2	24 / 02 / 2022
Fecha de envío de informe, versión 1	14 / 03 / 2022

Informe Elaborado por: Experto Técnico, Dr. Ing. Cristian Rodríguez Godoy, crrodrig@udec.cl

Índice

Resumen Ejecutivo 3
1. Introducción 4
1.1. Antecedentes 4
1.2. Objetivos 4
1.3. Alcances 4
1.4. Descripción de los equipos principales 4
2. Desarrollo de las pruebas de potencia máxima 5
2.1. Responsables de las pruebas 7
2.2. Medición y registro de variables operacionales 7
2.3. Secuencia de operación durante la prueba de potencia máxima 8
3. Resultados de las pruebas de potencia máxima 8
3.1. Potencia Bruta medida y corregida 9
3.2. Potencia Neta medida y corregida 9
Anexo 1 Actas de pruebas 10

Resumen Ejecutivo

Las pruebas de potencia máxima en la unidad n° 2 de central Alfalfal II se efectuaron el día 24 de febrero de 2022.

Durante las pruebas fue posible operar la unidad bajo las condiciones definidas en el protocolo de pruebas, confeccionado según los requerimientos del Anexo Técnico del Coordinador Eléctrico Nacional.

Una vez realizadas las pruebas es posible concluir que la potencia bruta, la potencia bruta corregida, la potencia neta y la potencia neta corregida son las siguientes:

Unidad n° 2, Central Alfalfal II

- Potencia bruta 129,96 MW
- Potencia bruta corregida 129,96 MW

- Potencia neta **129,85 MW**
- Potencia neta corregida **129,85 MW**

1. Introducción

1.1. Antecedentes

El “Anexo Técnico: Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras” publicado por la Comisión Nacional de Energía en 2016, establece la metodología para efectuar pruebas que permitan verificar la Potencia Máxima de unidades generadoras. Para llevar a cabo esta verificación, el Coordinado Eléctrico Nacional gestiona las pruebas que son efectuadas por un Experto Técnico. El presente documento corresponde al Informe Técnico de las pruebas de potencia máxima efectuadas en la unidad n° 2 de central Alfalfal II.

1.2. Objetivos

El Informe Técnico tiene como objetivo:

- Verificar la potencia máxima de la unidad generadora n° 2 de central Alfalfal II

1.3. Alcances

El presente informe describe las pruebas de potencia máxima para la unidad n° 2 de central Alfalfal II.

1.4. Descripción de los equipos principales

La central Alfalfal II está conformada por dos unidades generadoras. Las dos unidades generadoras tienen el mismo diseño. El diseño corresponde a una turbina Pelton vertical conectada rígidamente a un generador sincrónico vertical de polos salientes. En la Tabla 1.1 se resumen las características principales del generador y turbina. En la Fig.1.1 se muestra el diagrama unilineal de la central Alfalfal II.

Tabla 1.1. Características principales de la unidad generadora n° 2 de central Alfalfal II

Generador		
Número de polos	10	
Potencia nominal / máxima	162100 / 170000	kVA
Tensión nominal	15000	V
Corriente nominal	6239	A
Frecuencia	50	Hz
Factor de potencia nominal	0,90	cos ø
Velocidad nominal	600	rev/min

Turbina		
Número de inyectores	6	
Velocidad nominal	600	rev/min
Altura neta nominal	1150,78	m

2. Desarrollo de las pruebas de potencia máxima

Para la definición de las pruebas se consideraron los requisitos indicados en el:

- Anexo Técnico: Potencia Máxima en Unidades Generadoras

En el caso de turbinas hidráulicas, el Anexo Técnico indica que se deberá referir a la norma internacional aplicable a turbinas hidráulicas:

- Norma internacional CEI/IEC 60041 “Pruebas de campo para determinar funcionamiento de turbinas hidráulicas, bombas de almacenamiento y turbinas-bombas”

Los aspectos indicados en el Anexo Técnico y en la norma CEI/IEC 60041 fueron considerados para la realización de las pruebas de potencia máxima. Le empresa generadora entregó la información necesaria para la correcta preparación de las pruebas. El cumplimiento de los requerimientos del Anexo Técnico, de la CEI/IEC 60041 y la entrega oportuna de la información solicitada a la empresa generadora, permitieron planificar y preparar correctamente las pruebas.

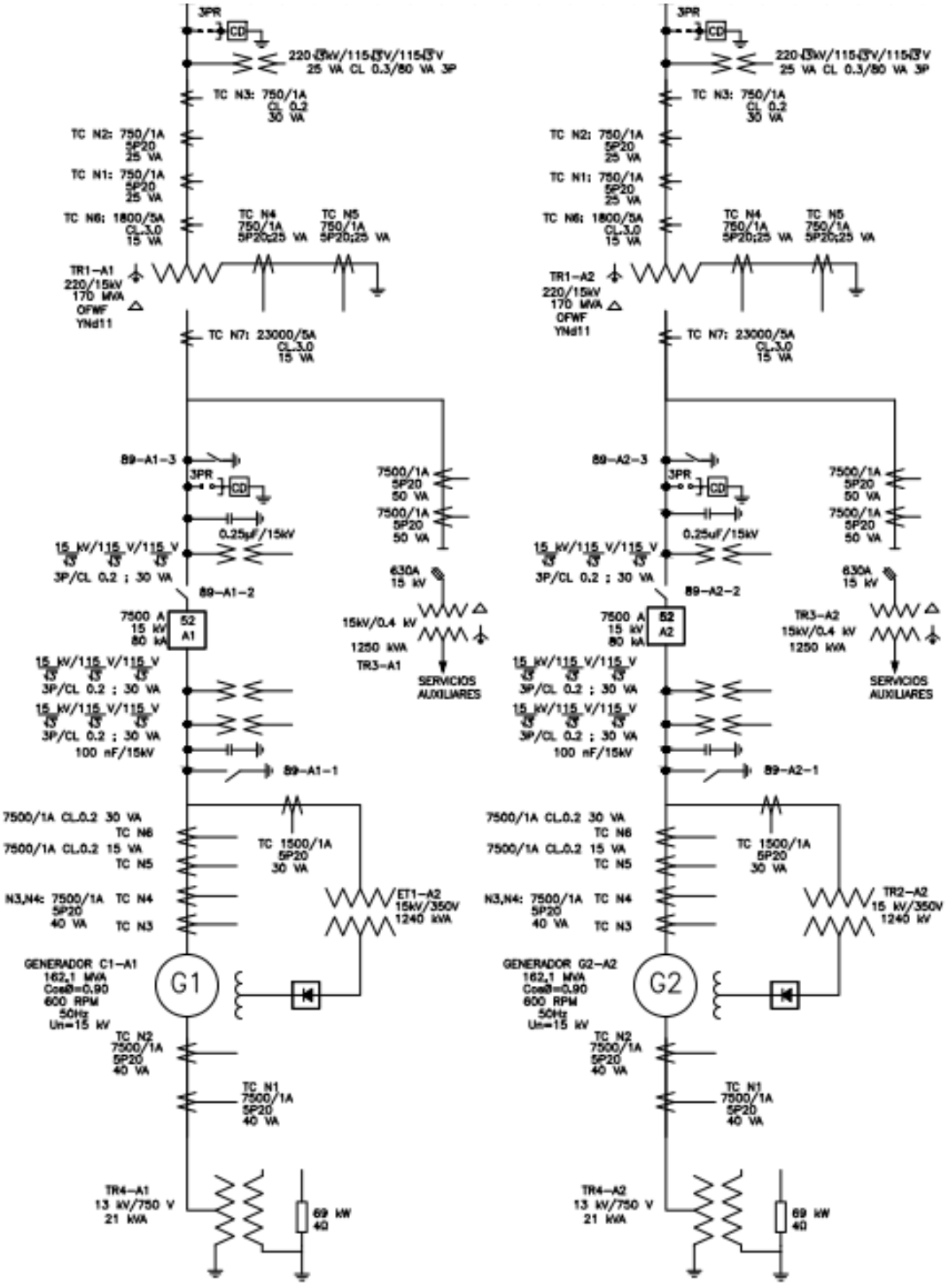

Figura 1.1. Diagrama unilineal de la central Alfalfal II

2.1. Responsables de las pruebas

En la preparación de las pruebas de potencia máxima participaron:

- Coordinador Eléctrico Nacional
- Empresa Generadora
- Experto Técnico

Coordinador Eléctrico Nacional

- fue el "responsable de coordinar la prueba de Potencia Máxima de acuerdo a la programación de la operación y las condiciones del sistema" considerando el protocolo de pruebas

Empresa Generadora

- fue la "responsable de coordinar personal a su mando en la operación de la central generadora, y de corroborar que exista personal calificado en la central de forma de poder efectuar íntegramente la prueba"

Experto Técnico

- fue el "responsable de desarrollar el protocolo de pruebas de acuerdo a lo indicado en el Artículo 25" y supervisó en terreno la prueba de potencia máxima

2.2. Medición y registro de variables operacionales

Las pruebas de potencia máxima en la unidad n° 2 de Alfalfal II se realizó a una unidad generadora recientemente comisionadas. Por este motivo, la instrumentación de la unidad se encuentra recientemente verificada, y con certificados de calibración vigentes (estos documentos fueron considerados para la elaboración del protocolo de pruebas).

Antes de la realización de las pruebas, se solicitó a la empresa generadora enviar los datos solicitados en el Anexo 1 del Protocolo de Pruebas de manera de revisar y verificar la descarga de los datos en forma adecuada para efectuar la evaluación. Esta prueba de envío de datos se realizó una vez habilitadas las variables en el sistema de control, y una vez operativa la unidad.

2.3. Secuencia de operación durante la prueba de potencia máxima

La prueba se efectuó tomando en consideración el protocolo de pruebas. En la prueba se operó primero la unidad para estabilización de temperaturas y variables operacionales. Una vez lograda la estabilización, se registró en el acta de pruebas la hora en que se llegó a la estabilización. Después de la estabilización se dio inicio al periodo de prueba. En el Protocolo de Pruebas se definieron como 5 horas el tiempo mínimo requerido para cada prueba. El periodo de prueba de potencia máxima fue de 5 horas de operación continua en forma ininterrumpida lo que requirió de una coordinación precisa entre el Coordinador, Coordinado y la gestión de las aguas provenientes del embalse el Yeso. Una vez terminado el periodo de pruebas se registró en el acta la hora de finalización de la prueba. En el Anexo 1 de este Informe se adjunta el acta de la prueba efectuada en la unidad n° 2 de central Alfalfal II.

3. Resultados de las pruebas de potencia máxima

Durante la prueba fue posible evidenciar que todos los dispositivos de control y protecciones, incluyendo las alarmas, estaban habilitados y operativos.

Las pruebas de potencia máxima se realizaron con un factor de potencia de 0,95 por lo que no fue necesario corregir los valores de potencia obtenidos, según la curva de capacidad del generador en función del factor de potencia promedio obtenido en la prueba.

Las pruebas de potencia máxima fueron realizadas en condiciones operativas nominales, manteniendo el flujo de agua estable, sin sobrepasar los límites de diseño, a velocidad nominal de rotación de la turbina y a la altura bruta de la central, de manera que no fuera necesario efectuar correcciones.

Durante las pruebas las temperaturas en los cojinetes de la turbina y del generador, y las temperaturas de los devanados del estator no excedieron los valores fijados en el protocolo de prueba de recepción de las unidades generadoras. No se operaron las unides más allá de los límites operativos de las variables indicadas por el fabricante en las especificaciones de las unidades.

3.1. Potencia Bruta medida y corregida

En la Tabla 3.1 se muestran las desviaciones de las variables principales que se deben mantener estabilizadas durante la prueba de potencia máxima. Estas desviaciones fueron calculadas considerando la totalidad del tiempo de pruebas, es decir, al menos 5 horas. En la Tabla 3.1 se observa que las variaciones se ajustan a los límites exigidos por el Anexo Técnico, lo que permite validar la potencia máxima medida. No es necesario aplicar una corrección a los valores de potencia debido a que durante todo el periodo de pruebas fue posible operar con el factor de potencia requerido en el Anexo Técnico.

Tabla 3.1. Estabilidad de variables operacionales durante las pruebas, **unidad n° 2** en operación (unidad n° 1 detenida)

	Valor promedio en 5 horas	Desviación estándar en 5 horas	Máximo en 5 horas	Mínimo en 5 horas	Desviación respecto al promedio	Cumple criterio
Potencia bruta (MW)*	129,96	0,07	130,48	129,63	0,40%	☑
Factor de potencia	0,95	0,00	0,96	0,94	1,52%	☑
Velocidad de rotación (rev/min)	600,50	0,93	605,68	597,82	0,86%	☑

*Nota: no fue necesario corregir la potencia bruta debido a que se logró operar con factor de potencia promedio 0,95

3.2. Potencia Neta medida y corregida

Para la determinación de la potencia neta, se considera la potencia consumida por los servicios auxiliares, la que fue determinada a partir de las variables medidas en los transformadores de servicios auxiliares. En la Tabla 3.2 se indica la potencia neta medida y corregida.

Tabla 3.2. Estabilidad de variables operacionales durante las pruebas, **unidad n° 2** en operación (unidad n° 1 detenida)

	Valor promedio en 5 horas	Desviación estándar en 5 horas	Máximo en 5 horas	Mínimo en 5 horas	Desviación respecto al promedio	Cumple criterio
Potencia bruta (MW)*	129,96	0,07	130,48	129,63	0,40%	☑
Potencia serv. auxiliares (MW)	0,10	0,00	0,10	0,10	N/A	N/A
Potencia neta (MW)*	129,85	0,07	130,38	129,52	0,40%	☑

*Nota: no fue necesario corregir la potencia bruta debido a que se logró operar con factor de potencia promedio 0,95

Anexo 1
Actas de pruebas

Acta de Pruebas. Potencia Máxima

Participantes	RUT	Firma
Coordinador Eléctrico Nacional:		
Empresa Generadora Alto Maipo:		
ALEXIS MERINO ARONCIBIA	13.777.678-2	
Experto Técnico Universidad de Concepción:		
Cristian Rodríguez Godoy	10.330.067-3	

Unidad/es Generadora/s:	Unidad nº 2, Central Alfalfal II
Condición de operación estabilización:	Potencia 130 MW, factor de potencia 0,95
Fecha y hora condición estabilizada:	24-2-2022 18:39
Fecha y hora de inicio de las pruebas:	24-2-2022 18:39
Fecha y hora de término de las pruebas:	24-2-2022 23:40
Duración de las pruebas:	5 horas 1 minuto

Observaciones: Potencia y factor de potencia se mantienen durante todas las pruebas