

PROPUESTA TÉCNICA PARA:

# DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA MÁXIMA DE LA CENTRAL TERMOPACÍFICO

COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL

**Report No.:** E-19-I-070-FS, Rev. 2

**Document No.:**

**Date:** 28/05/2019



Project name: PROPUESTA TÉCNICA PARA: DNV GL Energy  
 Report title: DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA MÁXIMA DE LA CENTRAL TERMOPACÍFICO Germanischer Lloyd Chile Limitada  
 Customer: COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL, Teatinos Avda Libertad 1405, Of 1501, Torre Coraceros Viña del Mar  
 Customer contact: Gretchen Zbinden  
 Date of issue: 28/05/2019 Tel: +56 2 2638 5280  
 Project No.: [Project No.]  
 Organisation unit: Energy Advisory  
 Report No.: E-19-I-070-FS, Rev. 2  
 Document No.:  
 Applicable contract(s) governing the provision of this Report:

Objective:

Prepared by:

Verified by:

Approved by:

Fernando Suárez  
Technical Engineer

Eduardo Pallarés  
Technical Engineer

Juan Ignacio Sánchez Sanchis  
Head of Energy Advisory LATAM, Spain and Portugal. DNV GL

[Name]  
[title]

[Name]  
[title]

[Name]  
[title]

[Name]  
[title]

Copyright © DNV GL 2019. All rights reserved.  
Reference to part of this report which may lead to misinterpretation is not permissible.

DNV GL Distribution:

- OPEN. Unrestricted distribution, internal and external.
- INTERNAL use only. Internal DNV GL document.
- CONFIDENTIAL. Distribution within DNV GL according to applicable contract.\*
- SECRET. Authorized access only.

\*Specify distribution:

Keywords:

Pruebas de potencia máxima

Rev. No.	Date	Reason for Issue	Prepared by	Verified by	Approved by
1	2019-05-20	Primera edición	Fernando Suárez	Eduardo Pallarés	Juan Ignacio Sánchez
2	2019-05-28	Segunda edición Comentarios recibidos por el Coordinador y el Coordinado, aclaraciones tras reunión de seguimiento.	Fernando Suárez	Eduardo Pallarés	Juan Ignacio Sánchez

## Table of contents

1	INTRODUCCIÓN .....	1
2	INSTALACIONES .....	1
3	OBJETIVO Y ALCANCE .....	6
3.1	Nivel de potencia máxima de operación	6
3.2	Niveles de Emisión	7
4	EQUIPOS A SER PROBADOS .....	7
5	RECURSOS NECESARIOS PARA LA VERIFICACIÓN TÉCNICA .....	7
6	TIEMPO REQUERIDO .....	8
7	PLAN DE TRABAJO PARA LAS PRUEBAS EN CAMPO .....	8
7.1	Programa de pruebas en campo de potencia máxima	8
7.2	Estabilización y duración de los ensayos	10
7.3	Equipo que participará en las pruebas	10
8	ESPECIFICACIÓN DE LOS ENSAYOS .....	11
8.1	Pre-requisitos para plantas de nueva construcción	11
8.2	General	11
8.3	Condiciones de referencia	11
8.4	Consumo de auxiliares	12
8.5	Metodología de corrección	13
8.6	Degradación	14
8.7	Incertidumbre	14
8.8	Estándares de aplicación	15
9	REGISTRO DE VARIABLES .....	15
9.1	Registro de medidas eléctricas	15
9.2	Registro de los parámetros de proceso	16
10	CONDICIONES PARA LA REALIZACIÓN EXITOSA .....	18
11	INSTRUMENTACIÓN NECESARIA .....	18
12	CONTENIDO DEL INFORME TÉCNICO Y DE PRUEBAS .....	18
12.1	Informe de los ensayos	18
12.2	Informe de pruebas de potencia máxima	19

## 1 INTRODUCCIÓN

Se ha elaborado este protocolo para la realización de las pruebas de potencia máxima de la planta diésel de Termo Pacífico. Este protocolo de pruebas contiene la siguiente información:

- Una breve descripción de la instalación y de las unidades que van a ser probadas. La central Termo Pacífico dispone de 60 unidades de motores diésel - generador para la producción de energía eléctrica.
- Descripción técnica de la planta, con sus principales características.
- Objetivos y alcance de las pruebas técnicas a ser obtenidas como resultado de la ejecución de este protocolo de pruebas, protocolo que ha sido elaborado conforme al Anexo Técnico "Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras", tanto en la revisión y estudio de la información de los antecedentes técnicos en dicho anexo contemplado, como en la ejecución de las pruebas en campo. DNV GL define en este documento las condiciones en las que se tienen que realizar las pruebas para asegurar una determinación exacta de la potencia máxima que la planta puede generar.
- Información necesaria para realizar las pruebas. Asimismo, este protocolo de pruebas contiene los recursos que deben ser provistos por el propietario de la instalación y el operador de la planta.
- Especificaciones de las pruebas y actividades detalladas a ser realizadas:
  - Objetivo y propósito de las pruebas a ser realizadas.
  - Programa de pruebas en campo.
  - Especificaciones de las pruebas y condiciones de contorno.
  - Variables a ser registradas procedentes de la planta/instrumentación adicional.
  - Condiciones requeridas para que las pruebas se realicen con éxito e instrumentación necesaria.
  - Contenido del Informe de Pruebas a ser realizado tras la ejecución de las mismas.

Este protocolo requiere la aprobación por parte del Coordinador Eléctrico Nacional y ha sido definido de acuerdo al anexo técnico "Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras".

## 2 INSTALACIONES

La planta de Termo Pacífico está formada por sesenta (60) unidades de generación con una potencia bruta nominal de 1,6 MW en carga base para cada una de sus unidades, en condiciones según hoja de datos del fabricante de:

- Velocidad del motor: 1500 rpm
- Frecuencia: 50 Hz
- Temperatura de entrada a la nave: 25 °C
- Humedad relativa: 30%
- Altura sobre el nivel del mar: 100 m
- Combustible diésel con peso específico 0,85 y clase A2 según la BS2869:1998.

Se trata de motores de la marca Perkins, modelo 4016TAG1A. El alternador es de la marca Leroy Somer, y modelo LL9124H. La unidad posee 16 cilindros en V, es de cuatro tiempos, está turboalimentado y refrigerado por agua.



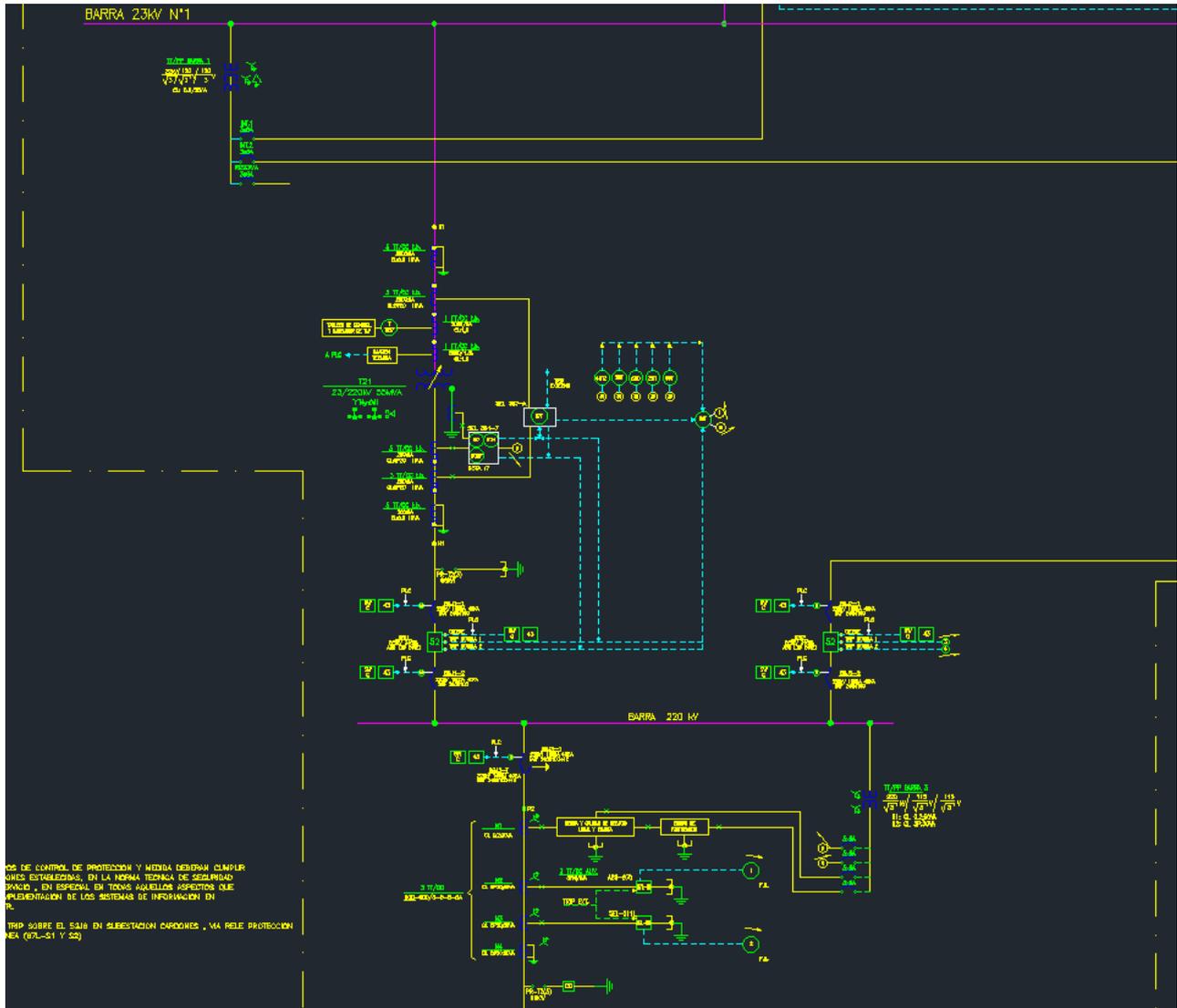
Los motores están agrupados en cuatro (4) naves, de 15 motores cada uno. Cada unidad genera a 400 V. Para cada tres unidades, existe un transformador elevador 0,4/23 kV de 5-6 MVA. Cada nave posee una sub-barra de 23 kV, y cada dos naves (naves 1 y 2, y naves 3 y 4) se tiene una barra de 23 kV (Barra 1 de 23 kV para naves 1 y 2, y barra 2 de 23 kV para naves 3 y 4) Posteriormente, en la subestación denominada Medellín dos transformadores 23/220 kV de 55 MVA elevan la tensión hasta los 220 kV (Transformador T21 para barra 1 de 23 kV, y transformador T22 para barra 2 de 23 kV), para ser evacuada finalmente hacia la subestación Cardones, que está conectada al Sistema Interconectado Central (SIC). Adicionalmente, la subestación de Medellín posee dos (2) transformadores de 500 kVA para alimentar los Servicios Auxiliares de la planta desde las barras de 23 kV en la propia subestación.

La planta de Termo Pacífico se ubica en la ruta 5 norte, en la Tercera Región, Atacama, y aproximadamente a 15 km de la capital, la ciudad de Copiapó, a 800 metros sobre el nivel del mar. La temperatura máxima del aire es 35°C, la mínima es -2°C, y la media es 15°C. Las precipitaciones anuales son entre 5 y 30 litros/m<sup>2</sup>. La zona sísmica es zona 3 UBC, y el nivel de contaminación es nivel III (IEC-60815).

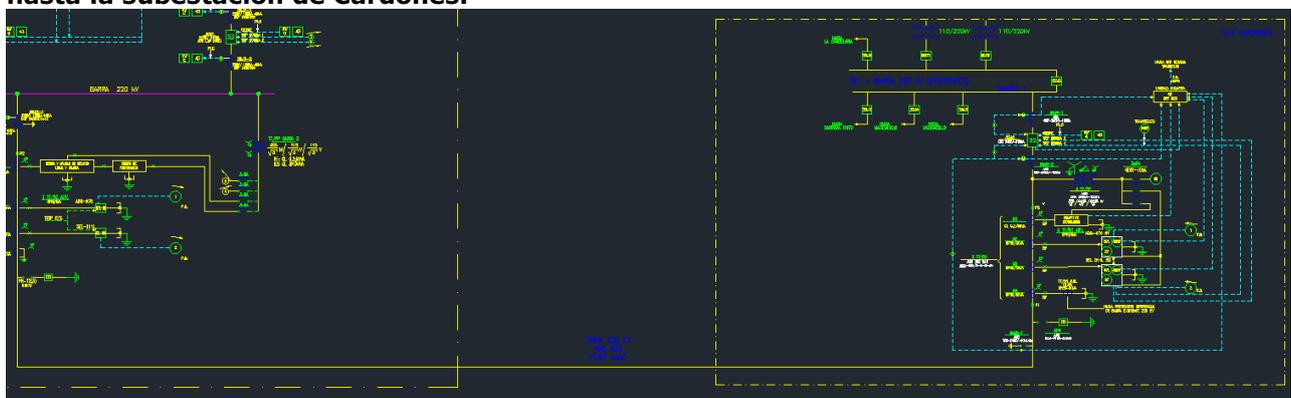
En las siguientes figuras se muestra el diagrama unifilar de la instalación, desde el nivel de menor tensión (400 V), hasta la subestación Cardones de 220 kV. Los SSAA son alimentados desde la barra de 23 kV.



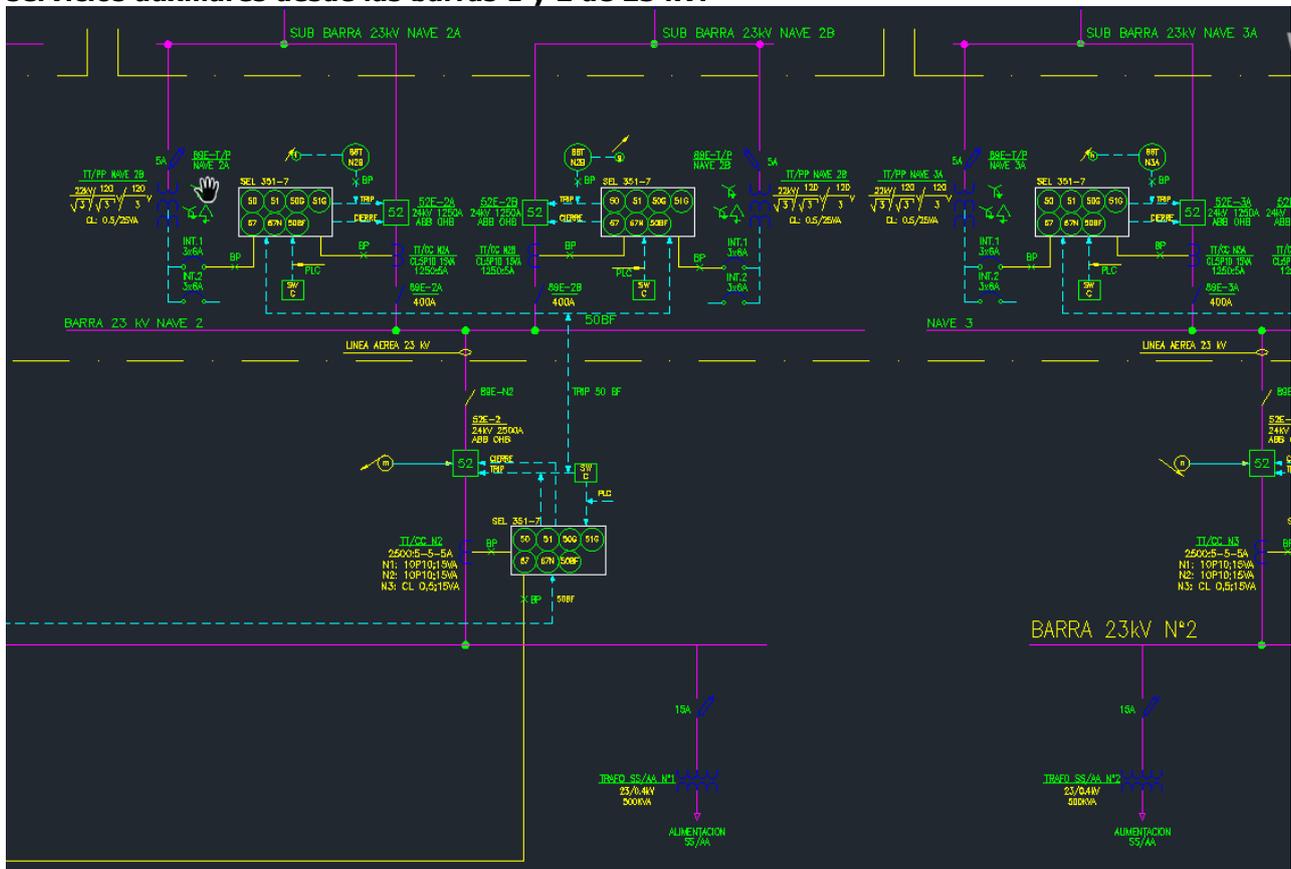
**Figure 2-2 Diagrama unifilar de la instalación desde el nivel de 23 kV hasta el nivel de 220 kV (Subestación de Medellín)**



**Figure 2-3 Diagrama unifilar de la instalación desde el nivel de 220 kV, la línea de 220 kV, hasta la subestación de Cardones.**

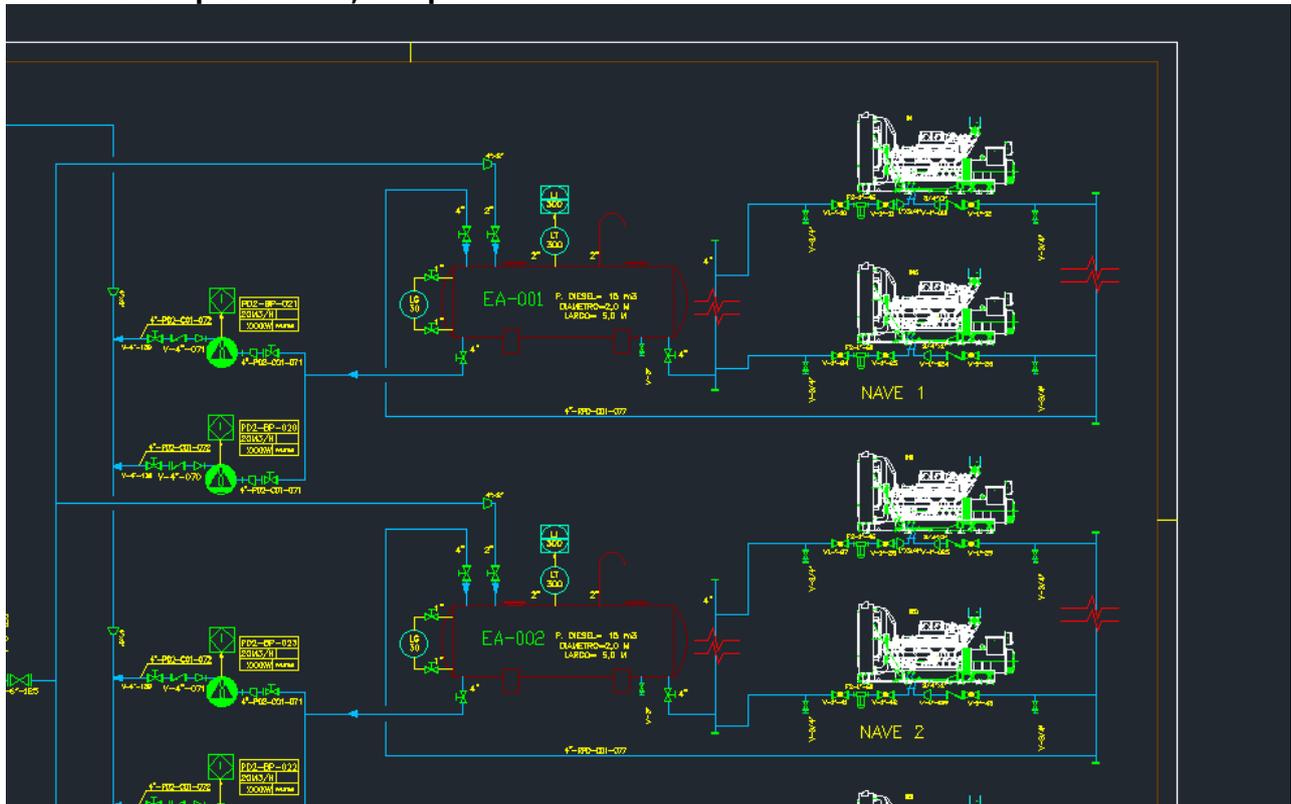


**Figure 2-4 Diagrama unifilar de la instalación donde se observa la alimentación de los servicios auxiliares desde las barras 1 y 2 de 23 kV.**



En cuanto al combustible, estas unidades emplean combustible diésel clase A2. La central cuenta con un tanque de almacenamiento de combustible (1007 m<sup>3</sup>), que surte a unos tanques más pequeños (15 m<sup>3</sup>), de los cuales cada uno alimenta una de las cuatro naves.

**Figure 2-5 Diagrama de suministro de combustible, con la alimentación y el retorno de diésel desde los tanques diarios, uno para cada nave.**



### 3 OBJETIVO Y ALCANCE

El objetivo de estas pruebas es determinar la potencia máxima bruta de cada unidad que puede ser entregada de manera continua durante al menos 5 horas consecutivas a la red. Para ello se medirá la potencia en bornes del generador de manera individual para dos motores de cada nave, y con la media de estas se calculará la potencia bruta por unidad.

Durante las pruebas, las 15 unidades de cada nave funcionarán a carga base. De estas 15 unidades, se medirá la potencia bruta en dos de ellas. Para establecer la representatividad de estas medidas para el resto de las unidades de cada nave, se compararán los valores medidos con la suma del consumo de SSAA alimentados desde la barra de 23 kV y la medida de energía neta en subestación.

#### 3.1 Nivel de potencia máxima de operación

El nivel máximo de potencia (potencia bruta en bornes del alternador que puede generarse de manera continua durante 5 horas consecutivas de Operación), PM, se determinará tras la realización de las pruebas en la instalación, considerando que todos los settings y modos de operación están de acuerdo con las recomendaciones del fabricante de la unidad y su filosofía normal de operación.

## 3.2 Niveles de Emisión

El anexo técnico establece que la potencia máxima declarada debe ser representativa de la unidad y por tanto debe cumplir también las limitaciones ambientales vigentes. Este anexo técnico define (en su artículo 28) que "El período de medición de la prueba se iniciará una vez lograda la operación estable de las unidades generadoras sometidas a prueba, bajo las exigencias medioambientales vigentes al momento de la verificación". En el caso particular de la central de Termo Pacífico, según ha informado el coordinado en la reunión de inicio y en la respuesta al cuestionario de antecedentes (documento enviado por DNV GL con número de referencia E-19-I-67-JS), no existen restricciones ambientales aplicables que limiten su operación.

## 4 EQUIPOS A SER PROBADOS

Las unidades de la central Termo Pacífico están agrupadas en cuatro naves, de 15 motores cada una. Cada motor cuenta con su generador propio.

Durante las pruebas, se medirá la potencia en bornes del generador de manera individual para dos motores de cada nave, y con la media de estas se calculará la potencia bruta por unidad.

Durante las pruebas, las 15 unidades de cada nave funcionarán a carga base. De estas 15 unidades, se medirá la potencia bruta en dos de ellas. Para establecer la representatividad de estas medidas para el resto de las unidades de cada nave, se compararán los valores medidos con la suma del consumo de SSAA alimentados desde la barra de 23 kV y la medida de energía neta en subestación.

Por tanto, los equipos a ser probados dentro del alcance de estas pruebas de Pmax son:

- 1) 2 unidades de la Nave N-1.
- 2) 2 unidades de la Nave N-2.
- 3) 2 unidades de la Nave N-3.
- 4) 2 unidades de la Nave N-4.

## 5 RECURSOS NECESARIOS PARA LA VERIFICACIÓN TÉCNICA

Toda la información relevante, entre otra, los informes de pruebas previos, registros históricos de operación, registros históricos de emisiones, restricciones operativas actuales (si las hubiere), etc. deben estar a disposición con anticipación a las pruebas.

El coordinado ha informado al Coordinador de que no dispondrá de la siguiente documentación antes del inicio de las pruebas:

- Certificados de calibración que cumplan con el Anexo Técnico. Según ha informado el coordinado en la reunión de inicio, los certificados serán entregados tras la realización de las pruebas.

El riesgo de que los certificados de los instrumentos empleados durante las pruebas no cumplan con el Anexo Técnico, y por tanto, de que la prueba sea invalidada siendo necesario repetir los ensayos, es asumido por el propio coordinado.

- Curvas de corrección de los motores de combustión. Según ha informado el coordinado en la reunión de inicio y en la respuesta al cuestionario de antecedentes (documento enviado por DNV

GL con número de referencia E-19-I-67-JS), esta información se encuentra en proceso de solicitud al fabricante, y será entregada posiblemente tras la realización de las pruebas.

Según ha comunicado el coordinado, existe la posibilidad de que Termo Pacífico no logre obtener las curvas de corrección del fabricante para los grupos bajo ensayo. En ese caso se recurrirá a los estándares internacionales para llevar a cabo tales correcciones.

Durante la realización de las pruebas, los settings o ajustes de la unidad deben ser mantenidos de acuerdo a este protocolo. Los expertos de pruebas de performance y potencia máxima de DNV GL deben poder tener acceso a los parámetros relevantes de operación. Los datos relevantes registrados deben ser puestos a disposición del experto técnico vía el sistema de adquisición de planta histórico y cualquier otro sistema de control del que la planta disponga en su operación. Capturas de pantalla de dichos sistemas de control pueden ser requeridos y deben ser suministrados bajo petición del experto técnico.

## 6 TIEMPO REQUERIDO

La propuesta de calendario para la ejecución de las pruebas por parte de DNV GL está prevista se inicie en una fecha acordada entre las partes bajo el precepto de que las condiciones y medios requeridos en la Sección 8 pueden ser asegurados por el coordinado. Como se ha indicado, es necesario ensayar dos unidades en cada una de las cuatro naves – Pmax de 2 unidades Nave N-1, Pmax de 2 unidades Nave N-2, Pmax de 2 unidades Nave N-3 y Pmax de 2 unidades Nave N-4 – y midiendo su potencia bruta en bornes del alternador.

Se propone ensayar una nave el primer día, dos naves el segundo día, y una nave el tercer día, de forma que sean necesarios tres días de pruebas para la realización del total de ensayos. Los periodos de tiempo y el detalle de cada prueba y actividad se exponen en la tabla 7.1. Adicionalmente, el primer día de pruebas se llevará a cabo la visita a planta para la familiarización por parte del experto técnico con la instalación. El último día se llevará a cabo la extracción de los datos y la firma del acta.

## 7 PLAN DE TRABAJO PARA LAS PRUEBAS EN CAMPO

### 7.1 Programa de pruebas en campo de potencia máxima

El objeto del programa de pruebas es determinar la potencia activa máxima bruta que la planta puede mantener de manera continua en un periodo mínimo de 5 horas continuas en cada una de las configuraciones de planta declaradas al Coordinador y para cada uno de los tipos de combustibles que pueden ser utilizados por la planta durante operación normal.

La determinación de la potencia máxima se realizará en todas las configuraciones declaradas al DO. Para la planta de Termo Pacífico, DNV GL asume que estas configuraciones son una única en cada una de las naves separadamente.

En caso de fallo, anomalías o inconsistencias en los registros a lo largo de la realización de las pruebas que puedan conllevar la suspensión de las mismas, la necesidad de repetirlas, retrasos o cambios en el programa, las nuevas condiciones de las pruebas bajo el programa redefinido serán gestionado por el Coordinador Eléctrico Nacional, el experto técnico y coordinado.

**Será responsabilidad de Termo Pacífico la gestión del programa de carga de las unidades al DO requerido para la ejecución de las pruebas.**

**Table 7-1 Programa de pruebas (a actualizar con la fecha de inicio)**

Month			
Day	1	2	3
<b>Test or activity</b>			
<i>Día de familiarización e inspección de los puntos de medida</i>			
<i>Ensayo Nave N-1</i>			
<i>Ensayo Nave N-2</i>			
<i>Ensayo Nave N-3</i>			
<i>Ensayo Nave N-4</i>			
<i>Recogida de datos y acta</i>			

El arranque de la unidad, si esta parte de una situación de parada, y la subida de carga de la unidad hasta su máxima potencia y estabilización debe ser realizada con antelación de una hora. En el esquema propuesto se asume que a las 19:00 h la unidad está en una situación estable y que las pruebas pueden iniciarse.

**DÍA 1:**

Primera Nave:

xx:00-19:00 Arranque de la primera nave a ensayar en el día ó subida de carga de la unidad hasta condiciones de carga base y estabilización.

19:00 Primera nave a ensayar en el día en operación estable a máxima carga.

19:00-00:00 Tests de potencia máxima de primera nave a ensayar en el día.

00:00-01:00 Respaldo de tiempo reservado para la finalización de las pruebas

01:00-xxxx Paso de la planta a control de despacho (o parada si fuese el caso).

**DÍA 2:**

Segunda Nave:

xx:00-19h00 Arranque de la primera nave a ensayar en el día ó subida de carga de la unidad hasta condiciones de carga base y estabilización.

19:00 Primera nave a ensayar en el día en operación estable a máxima carga

19:00-00:00 Tests de potencia máxima.

00:00-01:00 Respaldo de tiempo reservado para la finalización de las pruebas

01:00-xxxx Paso de la planta a control de despacho (o parada si fuese el caso).

Tercera Nave\*:

xx:00-00h00 Arranque de la segunda nave a ensayar en el día ó subida de carga de la unidad hasta condiciones de carga base y estabilización.

00:00 Segunda nave a ensayar en el día en operación estable a máxima carga

00:00-05:00 Tests de potencia máxima.

05:00-06:00 Respaldo de tiempo reservado para la finalización de las pruebas

06:00-xxxx Paso de la planta a control de despacho (o parada si fuese el caso).

\* En el caso de disponer la central de la instrumentación necesaria, sería posible ensayar la segunda y la tercera nave de forma simultánea.

### **DÍA 3:**

#### **Cuarta Nave:**

xx:00-19h00 Arranque de la primera nave a ensayar en el día ó subida de carga de la unidad hasta condiciones de carga base y estabilización.

19:00 Segunda nave a ensayar en el día en operación estable a máxima carga

19:00-00:00 Tests de potencia máxima.

00:00-01:00 Respaldo de tiempo reservado para la finalización de las pruebas

01:00-xxxx Paso de la planta a control de despacho (o parada si fuese el caso).

## **7.2 Estabilización y duración de los ensayos**

Al inicio de las pruebas se considerará un tiempo de estabilización de, al menos, media hora, de tal manera que no existan fluctuaciones en las mediciones después de alcanzar el valor de potencia máxima. Este periodo puede ser extendido hasta un máximo de dos horas. En caso de que los parámetros críticos del grupo se encuentren fluctuando, el técnico experto podrá solicitar aumentar la duración de este periodo. En este caso, el tiempo de estabilización será extendido hasta que sea considerado por el técnico experto de tal forma que se alcance un equilibrio y condiciones estables. Durante el periodo de estabilización, se prestará especial atención a las temperaturas de gases de escape y de refrigeración.

La duración de la prueba será de 5 horas por configuración y combustible. En este caso, se ensayarán una única configuración y un único combustible por cada nave. Como en el párrafo anterior, si el experto técnico lo considera necesario, este tiempo podría ser extendido hasta que los resultados se consideren satisfactorios tanto por el experto técnico como por el delegado del Coordinador en las pruebas.

## **7.3 Equipo que participará en las pruebas**

El equipo de DNV GL que participará en el proyecto y supervisará las pruebas en campo consistirá en un experto técnico de pruebas de performance que estará en planta durante las pruebas, con experiencia en diseño, operación y mantenimiento y que será el responsable de supervisar las pruebas en la instalación.

## 8 ESPECIFICACIÓN DE LOS ENSAYOS

### 8.1 Pre-requisitos para plantas de nueva construcción

La planta de Termo Pacífico es una central que se encuentra en operación, fue comisionada en el año 2008.

### 8.2 General

Las pruebas para determinar la potencia máxima de la planta se realizarán conforme al procedimiento establecido en el anexo técnico "Pruebas de Potencia Máxima en Unidades Generadoras".

La potencia máxima se define como el valor de potencia activa máxima bruta en los bornes de salida del generador para cada una de las modalidades de operación informadas al DO, en que la unidad puede operar como mínimo 5 horas de manera ininterrumpida entregando su potencia a la red.

En principio, cada nave solo tiene una única configuración técnica posible de operación. De esta forma, las configuraciones a probar son:

- Dos unidades de la Nave N-1.
- Dos unidades de la Nave N-2.
- Dos unidades de la Nave N-3.
- Dos unidades de la Nave N-4.

Durante las pruebas, las 15 unidades de cada nave funcionarán a carga base. De estas 15 unidades, se medirá la potencia bruta en dos de ellas. Para establecer la representatividad de estas medidas para el resto de las unidades de cada nave, se compararán los valores medidos con la suma del consumo de SSAA alimentados desde la barra de 23 kV y la medida de energía neta en subestación.

La planta operará bajo condiciones normales de operación, por lo que todos los sistemas de control se operarán en modo automático y las protecciones (incluyendo alarmas, purgas, drenajes y otras purgas) estarán habilitadas y operativas en sus condiciones normales de operación. El modo de operación será el de control de carga (carga base), por lo que el control de frecuencia estará deshabilitado durante las pruebas para obtener unos resultados sin fluctuaciones.

Habitualmente, todas las especificaciones de instrumentación y certificados de calibración para la medición de energía, temperatura, humedad son puestos a disposición de DNV GL al menos 10 días antes de la fecha prevista para las pruebas. Sin embargo, según ha informado el coordinado en la reunión de inicio, los certificados serán entregados tras la realización de las pruebas. El riesgo de que los certificados de los instrumentos empleados durante las pruebas no cumplan con el Anexo Técnico, y por tanto, de que la prueba sea invalidada siendo necesario repetir los ensayos, es asumido por el propio coordinado.

### 8.3 Condiciones de referencia

A fecha de emisión de este protocolo, no han sido comunicadas cuales son las condiciones de referencia para las correcciones que apliquen según el fabricante de los motores por parte del coordinado.

Para las pruebas, se deberá utilizar un combustible representativo de la central. Para ello el coordinado aportará tanto análisis de combustible históricos utilizados en la planta y el análisis del suministrador del combustible que será utilizado durante las pruebas. El Experto Técnico comprobará que dicho combustible es representativo de la operación habitual de la planta.

## 8.4 Consumo de auxiliares

Para determinar la potencia neta de la unidad, los consumos de auxiliares de la unidad deben ser restados a la potencia activa bruta de la unidad en bornes del alternador. Los consumos auxiliares que se tendrán en cuenta en este ajuste serán aquellos que se toman aguas arriba del punto de medida de potencia neta.

De acuerdo con el anexo técnico, los consumos auxiliares están definidos como los consumos asociados a la operación real de la unidad, sin los cuales la operación de la unidad no es posible.

Los siguientes consumos auxiliares no se considerarán como consumos auxiliares de la planta y deben ser medidos y reportados de manera separada:

- a) Consumo de los sistemas de tratamiento de agua, tales como desalinizadoras, desmineralizadoras, agua potable o de tratamiento residual.
- b) Edificios administrativos.
- c) Cualquier otro consumo no asociado a la operación misma de la planta de generación.

Si los servicios auxiliares son compartidos por las 4 naves, estos deben ser considerados en la proporción a la energía generada por las unidades durante el periodo de medición de las pruebas. Este es el caso de la bomba de combustible de llenado de los tanques de combustible de cada nave desde el tanque principal de la central.

De esta forma, las medidas eléctricas durante las pruebas serán las siguientes:

- La potencia bruta de la unidad se medirá, en cada nave, en bornas de dos unidades mediante instrumentos externos calibrados.
- Los auxiliares propios del grupo correspondientes al proceso principal se medirán mediante instrumentos externos calibrados.
- Medición de la potencia neta, se medirán mediante los contadores de facturación de la central.
- Medición de los SSAA alimentados desde la barra de 23 kV, se medirán mediante instrumentos externos calibrados.

La medida de la potencia neta se realizará en el lado de 220 kV y será empleada, junto con la medida de SSAA a través de la barra de 23 kV, como forma de contrastar que la potencia bruta medida por dos unidades es representativa de la potencia bruta que produce cada unidad.

De acuerdo a los diagramas unilineales, en particular el unilineal de SS/AA C.Alterna, los servicios auxiliares correspondientes al proceso principal son:

- Nave 1, TDF-1
- Nave 2, TDF-2
- Nave 3, TDF-3

- Nave 4, TDF-4

Estos valores serán medidos para determinar la potencia neta de planta y para hacer los contrastes necesarios.

## 8.5 Metodología de corrección

Durante la ejecución de las pruebas las condiciones reales de contorno del sitio se desviarán de las condiciones de referencias dadas. Las siguientes correcciones serán de aplicación:

- Corrección por el factor de potencia del generador
- Corrección por temperatura de aire de aspiración
- Corrección por humedad ambiente
- Corrección por presión ambiente
- Corrección por temperatura del fluido de refrigeración a la entrada del enfriador de aire de carga/barrido

**Las curvas de corrección, como se indica anteriormente, incluyendo la formulación matemática de las curvas, así como las condiciones de referencia, deben ser suministradas por Termo Pacífico. En caso de no estar accesibles dichas curvas, se realizarán las correcciones siguiendo los estándares internacionales.**

Durante las pruebas, las 15 unidades de cada nave funcionarán a carga base. De estas 15 unidades, se medirá la potencia bruta en dos de ellas. Para establecer la representatividad de estas medidas para el resto de las unidades de cada nave, se compararán los valores medidos con la suma del consumo de SSAA alimentados desde la barra de 23 kV y la medida de energía neta en subestación. Por ello, es recomendable emplear las curvas de corrección del transformador de 220 kV para así poder calcular las pérdidas de potencia activa a través de este transformador, y poder entonces maximizar la bondad del contraste.

### 8.5.1 Potencia bruta corregida

El valor de la potencia bruta obtenida de las pruebas de Pmax debe ser corregido a los valores de referencia:

- 1) Factor de potencia del generador 0,95.
- 2) Temperatura ambiente: pendiente de especificar por Termo Pacífico.
- 3) Humedad ambiente: pendiente de especificar por Termo Pacífico.
- 4) Presión ambiente: pendiente de especificar por Termo Pacífico.
- 5) Temperatura del fluido de refrigeración a la entrada del enfriador de aire de carga/barrido: pendiente de especificar por Termo Pacífico.

La potencia bruta corregida para cada unidad de la nave *i* (siendo *i* de 1 a 4 según la nave que corresponda) en este caso se define como:

$$P_{Gross\_N-i\_cor} = \frac{P_{gross\_N-i\_1\_cor} + P_{gross\_N-i\_2\_cor}}{2} \text{ [kW]}$$

Donde:

$P_{Gross\_N-i\_1\_cor}$  = Potencia bruta corregida para unidad 1 instrumentada de la nave i, [kW]

$P_{Gross\_N-i\_2\_cor}$  = Potencia bruta corregida para unidad 2 instrumentada de la nave i, [kW]

Adicionalmente:

$$P_{Gross\_N-i\_1\_cor} = (P_{gross\_N-i\_1\_meas} + \Delta_{pf\_1}) * f_{corr\_1}$$

$$P_{Gross\_N-i\_2\_cor} = (P_{gross\_N-i\_2\_meas} + \Delta_{pf\_2}) * f_{corr\_2}$$

Donde:

$P_{Gross\_N-i\_1\_meas}$  = Medida de la potencia bruta de la unidad 1 instrumentada de la nave i durante los ensayos, [kW]

$P_{Gross\_N-i\_2\_meas}$  = Medida de la potencia bruta de la unidad 2 instrumentada de la nave i durante los ensayos, [kW]

$\Delta_{pf\_1}$  = Corrección absoluta del generador (pérdidas) para la unidad 1 instrumentada de la nave i, [kW]

$f_{corr\_2}$  = Corrección relativa por el resto de factores para la unidad 1 instrumentada de la nave i [-]

$\Delta_{pf\_2}$  = Corrección absoluta del generador (pérdidas) para la unidad 2 instrumentada de la nave i, [kW]

$f_{corr\_2}$  = Corrección relativa por el resto de factores para la unidad 2 instrumentada de la nave i [-]

## 8.5.2 Potencia neta corregida

La potencia neta corregida de la unidad de cada nave se define como:

$$P_{Net\_N-i\_cor} = P_{gross\_N-i\_cor} - P_{aux\_meas} - P_{aux\_common} \text{ [kW]}$$

Donde:

$P_{Net\_N-i\_cor}$  = Potencia neta corregida de la nave i, [kW]

$P_{aux\_meas}$  = potencia auxiliar determinada correspondiente al proceso principal, [kW]

$P_{aux\_common}$  = otros consumos auxiliares considerados descritos en la sección 8.4, [kW]

## 8.6 Degradación

Las pruebas de potencia máxima se realizarán sobre la situación actual de la instalación "as it is". Ningún factor de degradación o corrección por la misma se aplicará como pérdida de performance, degradación o de componentes de la unidad.

## 8.7 Incertidumbre

Ningún factor de incertidumbre será aplicado o será considerado sobre los resultados finales obtenidos de la determinación de la potencia máxima de la unidad.

## 8.8 Estándares de aplicación

Los siguientes estándares serán aplicados como guía en las pruebas de potencia máxima:

- ASME PTC 46 "Performance Test Code on Overall Plant Performance"
- ASME PTC 17 "Reciprocating Internal-Combustion Engines"
- ASME PTC 19.3 "Temperature Measurement"
- ISO 3046 "Ensayos de Performance de Unidades de Generación Eléctrica Equipadas con Motores de Combustión Interna"
- ISO 15550 "Requerimientos Generales para la Determinación de la Potencia en Motores de Combustión Interna"

## 9 REGISTRO DE VARIABLES

Para la ejecución de las pruebas, Termo Pacífico debe preparar un protocolo para el registro de las variables y de sus ficheros de tendencia mencionados en las secciones 9.1 y 9.2 de este documento. Estos datos deberán ser suministrados en Excel o formato similar. El contenido que albergarán estos ficheros debe ser presentado al experto técnico previamente a las pruebas para que sea verificado y aprobado. Un valor de escaneo a intervalos de 30 segundos es recomendable. Sin embargo, en este caso, según ha informado la propia central, las medidas manuales serán registradas cada 5 minutos, hecho que se encuentra en línea con lo indicado en el propio Anexo Técnico. Termo Pacífico debe garantizar la disponibilidad de las variables expuestas e informar si existiese algún problema para su registro antes de realizar las pruebas.

Los datos registrados y otro tipo de información (tales como capturas de pantalla del DCS) deben ser entregados a DNV GL justo al finalizar las pruebas o durante la ejecución de las mismas a petición del experto técnico. A la finalización de cada día de prueba, toda la información recolectada durante el día debe estar puesta a disposición de DNV GL.

Durante el primer día de pruebas, el experto de DNV GL tendrá acceso para revisar el DCS y realizar una selección de la información que puede ser requerida y a la que puede requerir acceso durante las pruebas.

Termo Pacífico debe suministrar la información en formato electrónico de estas gráficas o capturas de pantalla en formato digital (jpg o similar).

### 9.1 Registro de medidas eléctricas

La potencia neta debe ser medida con el medidor fiscal en el lado de red 220 kV.

La potencia bruta y el factor de potencia de cada nave debe ser medido en bornes del generador con instrumentación que cumpla con la clase 0.2 o superior exactitud, de acuerdo con las normas IEC. Las medidas del contador deben ser accesibles directamente a través del equipo o vía sistema de adquisición de señales. El intervalo de muestreo y su almacenamiento debe ser de 1 minuto.

Los consumos auxiliares, que no son considerados como tales por el Coordinador según anexo técnico (véase sección 8.4) y que no pueden ser aislados durante la ejecución de las pruebas, deben ser medidos por unidades de instrumentación o contadores separados o analizadores trifásicos. Adicionalmente, se debe registrar la medida de SSAA alimentados a través de la barra de 23 kV.

La medida de la potencia neta se realizará en el lado de 220 kV y será empleada, junto con la medida de SSAA a través de la barra de 23 kV, como forma de contrastar que la potencia bruta medida por dos unidades es representativa de la potencia bruta que produce cada unidad.

## 9.2 Registro de los parámetros de proceso

La monitorización de los parámetros de proceso se realizará durante la ejecución de las pruebas sobre las medidas recogidas en el DCS o cualquier otro sistema separado (como por ejemplo, la estación meteorológica, ...).

Las medidas principales, medidas que son necesarias para realizar las correcciones a condiciones de referencia deben ser registradas a través de instrumentación adicional de acuerdo con las normas ASME PTC 19.3 y PTC 17. Es responsabilidad de Termo Pacífico su instalación, operación y monitorización de estas medidas adicionales. La frecuencia de las muestras y registros recomendados para estas variables es de 1 minuto o menos.

Las variables/parámetros principales a ser monitorizados con instrumentación adicional, o con instrumentación propia disponible en la instalación, son:

### Condiciones ambientales:

- Temperatura aire de aspiración (estación meteorológica, sistema medioambiental o variable de proceso), recomendable ESTACION METEOROLOGICA DAVIS
- Humedad ambiente (estación meteorológica o sistema medioambiental), recomendable., ESTACION METEOROLOGICA DAVIS
- Presión ambiente (estación meteorológica o sistema medioambiental), recomendable. ESTACION METEOROLOGICA DAVIS
- Velocidad del viento, recomendable.
- Dirección del viento, recomendable.

La medida de temperatura de aire de aspiración debe estar debidamente calibrada, con una max. incertidumbre de  $\pm 0.2$  Kelvin en cumplimiento de PTC 19.3 y PTC 17. La aspiración de los motores bajo ensayo es dentro de la nave.

### Potencia neta:

- Potencia neta activa y reactiva de la planta (sistema de medición) en 220 kV
- Contador de energía activa en 220 kV (kWh)
- Tensión en 220 kV
- Factor de potencia en 220 kV
- Frecuencia de la red.

### Potencia auxiliar:

Discriminando aquellos correspondientes al proceso principal y cuales no según definición del Anexo Técnico.

### Potencia bruta:

En este caso, la unidad de despacho es cada una de las unidades de cada nave:

- Potencia activa y reactiva bruta en bornes del generador
- Contador de energía activa en bornes del generador (kWh).
- Tensión
- Factor de potencia

Las variables de proceso que se recomienda sean monitorizadas (en este caso para dos de los 15 motores que se encuentran en cada nave) con su instrumentación asociada y a ser registradas, idealmente con una frecuencia minutar, son:

### Variables de proceso:

- Temperatura de aire de ingreso al compresor o del múltiple de admisión
- Velocidad del rotor.
- Consumos propios o auxiliares.
- Temperatura de gases de escape.
- Temperatura de combustible (antes y después de los calentadores si aplica).
- Temperatura de agua y flujo de salida de agua al enfriador de aire de carga/barrido.
- Caída de presión en los filtros de aire de admisión
- Presión del aire de carga/barrido tras el compresor
- Temperatura del aire de carga/barrido tras el compresor
- Temperatura del aire de carga/barrido tras el enfriador de aire de carga/barrido
- Velocidad de giro de los turbocompresores
- Temperatura de los gases de escape a la salida de los cilindros
- Temperatura de los gases de escape antes del turbocompresor
- Temperatura de los gases de escape tras el turbocompresor
- Temperatura del (los) refrigerante (s) antes y después del motor.
- Temperatura del aceite antes y después del motor
- Caudal másico de combustible. En el caso particular de la central de Termopacífico, no se dispone de medidores de caudal másico, así que este valor será obtenido a través de medida de diferencia de niveles en los tanques.

## 10 CONDICIONES PARA LA REALIZACIÓN EXITOSA

Antes de que las pruebas se inicien, la planta debe estar en condiciones normales y debe haber seguido el mantenimiento normal según las recomendaciones del fabricante, por tanto, en condiciones para operación normal. No hay condiciones específicas a ser reajustadas para la realización de las pruebas. La planta debe ser operada de acuerdo a las condiciones normales, con todos los controles relevantes de modo automático. El control de frecuencia será desactivado.

Las pruebas serán exitosas en caso de que la unidad haya sido operada a máxima carga de manera estable y continuada durante 5 horas como mínimo, dentro de los parámetros normales de operación de la planta.

Cualquier anomalía o perturbación acaecida durante las pruebas, que pueda tener impacto en la estabilidad de la planta o en los resultados obtenidos, será evaluada por el técnico experto que decidirá si las mismas deben o no repetirse.

## 11 INSTRUMENTACIÓN NECESARIA

Para el propósito de estas pruebas, que en principio debe ser considerada como pruebas de operación normal de la planta, no siendo necesarias medidas específicas adicionales (precisión), excepto para las variables que son necesarias para la determinación de la potencia bruta y neta y los factores de corrección a las condiciones de referencia. Estas medidas son:

- Potencia activa (clase 0.2 o mejor)
- Factor de potencia (clase 0.2 o mejor)
- Temperatura de aire ambiental (max. incertidumbre de  $\pm 0.2$  Kelvin en cumplimiento de PTC 19.3 y PTC 17)
- Temperatura del fluido de refrigeración a la entrada del enfriador de aire de carga/barrido (max. incertidumbre de  $\pm 0.2$  Kelvin en cumplimiento de PTC 19.3 y PTC 17)
- Humedad ambiente
- Presión ambiente

Como se ha mencionado en el capítulo 9, todas las medidas relevantes de proceso se obtendrán idealmente vía el DCS y los sistemas disponibles adicionales (SCADA, estación meteorológica, etc.).

## 12 CONTENIDO DEL INFORME TÉCNICO Y DE PRUEBAS

DNV GL elaborará dos informes al final de las pruebas. El primero de ellos, el informe de pruebas, contendrá el resumen de las mediciones tomadas en las pruebas, y el segundo informe, el informe de potencia máxima, una evaluación pormenorizada de los resultados.

### 12.1 Informe de los ensayos

Los contenidos del informe de pruebas serán:

- Información de la gestión de proyecto
- Introducción

- 
- Programa de pruebas realizado
  - Condiciones operativas de las pruebas
  - Observaciones
  - Conclusiones
  - Anexos

El informe de pruebas se entregará 15 días hábiles después de realizadas las pruebas en campo y con la premisa de que toda la información requerida ha sido entregada por Termo Pacífico.

## **12.2 Informe de pruebas de potencia máxima**

El contenido del informe de Potencia Máxima contendrá entre otros:

- Información de gestión del proyecto
- Introducción
- Programa de pruebas realizado
- Condiciones operativas (incluyendo instrumentación utilizada)
- Cálculos
- Valores resultantes de potencia máxima (potencia bruta, neta, mediciones y correcciones)
- Anexos (copia de las actas que se levanten en ocasión de la ejecución de las pruebas, curvas de corrección, certificados de calibración, condiciones ambientales de contorno, heat balances,...)

El informe de Potencia máxima se entregará 15 días hábiles después de realizadas las pruebas en campo y con la premisa de que toda la información requerida ha sido entregada por Termo Pacífico.







## **About DNV GL**

DNV GL is a global quality assurance and risk management company. Driven by our purpose of safeguarding life, property and the environment, we enable our customers to advance the safety and sustainability of their business. We provide classification, technical assurance, software and independent expert advisory services to the maritime, oil & gas, power and renewables industries. We also provide certification, supply chain and data management services to customers across a wide range of industries. Operating in more than 100 countries, our experts are dedicated to helping customers make the world safer, smarter and greener.