

Prepared by



BORRADOR

Auditoría Técnica de los Parámetros de Mínimo Técnico Protocolo de Pruebas

Unidades 1-5 de la Central Guacolda

Preparado Para:
Centro de Despacho Económico de Carga –
Sistema Interconectado Central



55 East Monroe Street
Chicago, Illinois 60603-5780

SL-013661
Diciembre 2016

AVISO LEGAL

Este informe fue preparado por Sargent & Lundy, L.L.C. ("Sargent & Lundy"), expresamente para el uso exclusivo de CDEC SIC ("Cliente"), según el contrato no. SA-31528 entre Sargent & Lundy y el Cliente. Este informe fue preparado usando el grado de habilidad y cuidado ordinariamente ejercidos por ingenieros practicantes en circunstancias similares. El Cliente reconoce que (1) Sargent & Lundy prepararon este informe sujeto a las limitaciones de alcance particular, limitaciones presupuestarias y de tiempo y objetivos de negocio del Cliente; (2) información y datos proporcionados por otros pueden no haber sido verificados independientemente por Sargent & Lundy; y (3) la información y datos contenidos en este informe son sensibles al tiempo, y los cambios en datos, códigos, normas y las prácticas aceptadas de ingeniería pueden invalidar los resultados de este informe. Cualquier uso o dependencia de este informe por parte de terceros será bajo su propio riesgo.



REGISTRO DE REVISIONES

Revisión	Fecha de Emisión
0	14 diciembre 2016



Protocolo de Pruebas de Técnico Mínimo

Central Guacolda

CONTENIDO

<u>Sección</u>	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION.....	1-1
2. INSTALACION DE LA AUDITORIA (GUACOLDA)	2-1
2.1 Suministro de Combustible	2-2
3. OBJETIVO Y ALCANCE.....	3-1
4. EQUIPOS A AUDITAR	4-1
5. RECURSOS NECESARIOS PARA LA AUDITORIA TECNICA	5-1
6. TIEMPO REQUERIDO	6-1
7. PRUEBAS EN CAMPO – PLAN DE TRABAJO	7-1
7.1 Base para las Pruebas	7-1
7.1.1 Condiciones de Operación de la Unidad	7-1
7.1.2 Potencia Neta de la Unidad	7-1
7.1.3 Cargas Auxiliares	7-1
7.2 Instrumentacion.....	7-1
7.2.1 Registro de Datos	7-1
7.2.2 Observación y Datos Manuales.....	7-1
7.3 Pruebas en Campo.....	7-2
7.4 Criterios de Aceptacion.....	7-3
7.5 Calendario	7-3



CONTENIDO (cont.)

<u>Sección</u>	<u>Página</u>
8. CALCULOS Y CORRECCIONES	8-1
8.1 Calculos.....	8-1
8.2 Correcciones.....	8-1
9. ESPECIFICACIONES DE PRUEBAS	9-1
10. REGISTRO DE VARIABLES	10-1
11. CONDICIONES DE PRUEBA EXITOSA	11-1
12. PARTICIPANTES	12-1
13. INFORME TECNICO	13-1
13.1 Borrador del Informe.....	13-1
13.2 Informe Final.....	13-1
 APÉNDICES	
A. Datos DCS	
B. Instrumentacion Especial de Pruebas	
C. Observaciones y Manual de Datos	



TABLAS Y FIGURAS

<u>Tabla o Figura</u>	<u>Página</u>
Tabla 2-1 Listado de Generadores	2-1
Tabla 2-2 Características de la Central	2-1
Tabla 2-3 Características más Recientes de la Central.....	2-2
Tabla 7-1 Programa Diario de Pruebas para cada Unidad	7-2
Tabla 7-2 Calendario de Pruebas	7-3
Tabla 9-1 Parámetros de Verificación.....	9-1



CONTRIBUIDORES

SARGENT & LUNDY, L.L.C.

Preparado Por: Ray E. Henry
Ray E. Henry
Consultor Principal Sénior

Revisado Por: Tomás Vázquez
Tomás Vázquez
Consultor Principal

Aprobado Por: David W. Cohn 14 diciembre 2016
David W. Cohn Fecha
Vice Presidente

ÚLTIMA PÁGINA DEL FRENTE DEL INFORME.



1. INTRODUCCION

Este protocolo de prueba se ha preparado para realizar pruebas de carga mínima en las cinco unidades de la Central de Generación a Carbón Guacolda (la Central). Las pruebas serán presenciadas por dos ingenieros de Sargent & Lundy. Se determinará la carga mínima de cada unidad y se identificarán los factores limitantes. La carga se define como el resultado neto de cada unidad.

Datos operativos se obtendrán utilizando la instrumentación de la Central, el sistema de control de distribución (DCS) e instrumentación dedicada a pruebas. Se realizará un análisis de reducción de datos y se aplicaran factores de corrección. Estos valores calculados comprenderán los resultados finales.

Este protocolo de pruebas describe la ejecución de una prueba de carga mínima por unidad. Los requisitos para pruebas adicionales y para combinar y comparar las ejecuciones de prueba, no están dentro del alcance de este documento.

Este protocolo incluye los siguientes elementos:

- Una descripción de las instalaciones y unidades a auditar;
- Características técnicas generales de las unidades de Guacolda, incluyendo datos de rendimiento de la Central y la información operacional para cada una de las unidades;
- Objetivos y alcance de la auditoría técnica a obtenerse. Esto incluye la revisión y estudio de los antecedentes técnicos de la planta y la ejecución de las pruebas de campo;
- El protocolo de pruebas contiene los recursos y servicios a ser proporcionados por el propietario y operador de la planta;
- Especificación de pruebas y detalle de actividades a revisar:
 - Propósito de las pruebas y actividades
 - Programa de pruebas de campo
 - Especificaciones y condiciones de limite
 - Variables a registrar por la instrumentación de la Central;
 - Condiciones para pruebas acertadas e instrumentación necesaria;
 - Contenido del informe de auditoria



2. INSTALACION DE LA AUDITORIA (GUACOLDA)

La Central Guacolda pertenece a Guacolda Energía, que a su vez esta coligada con el grupo AES Gener S.A., y Empresas Copec S.A. e Inversiones Ultraterra Ltda como accionistas. Le empresa inicio operaciones el 2 de abril de 1992 con la finalidad de aportar al suministro eléctrico en el sector norte del Sistema Interconectado Central (SIC). El listado de generadores de la Central es el siguiente:

Tabla 2-1 Listado de Generadores

Generador (Unidad)	Combustible	Fabricante	Inicio de Operaciones	Capacidad
I	Carbón	Mitsubishi	29 Julio 1995	152 MW
II	Carbón	Mitsubishi	22 Agosto 1996	152 MW
III	Carbón	Mitsubishi	31 Julio 2009	152 MW
IV	Carbón	Mitsubishi	31 Marzo 2010	152 MW
V	Carbón	Mitsubishi	2016	152 MW

Las características generales de la planta son como se muestran en la siguiente tabla. (A ser completada una vez que se reciban los documentos solicitados de la Central en el programa).

Tabla 2-2 Características de la Central

Salida de Potencia Bruta (MW)	
Potencia Auxiliar	
Perdidas de transformadores principal	
Potencia neta	
Taza de calor (Heat Rate)	

Las características de las unidades basadas en la información más reciente de la Central recibida son las siguientes: (A ser completada una vez que se reciban los documentos solicitados de la Central en el programa).



Tabla 2-3 Características más Recientes de la Central

	Unidad 1	Unidad 2	Unidad 3	Unidad 4	Unidad 5
Ultima inspección reportada y tipo					
Fecha de inicio:					
Fecha de fin:					
Horas equivalentes de operación (EOH) hasta la fecha					
EOH después de la última inspección					
Numero de arranques después de la última inspección					
Número de paradas después de la última inspección					
Numero de disparos (trips) después de la última inspección					
Tipo de la siguiente inspección planeada					
Fecha estimada de inicio:					
Fecha estimada de fin:					

El alcance de los servicios de Sargent & Lundy incluye la verificación del mínimo técnico que actualmente se le aplica a cada una de las unidades, o de establecer un mínimo técnico nuevo, si así lo determina el resultado de la auditoria.

2.1 SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE

El suministro de combustible (carbón) que se utilizará durante las pruebas será el carbón que se utiliza normalmente para cada unidad. Las muestras de carbón para cada unidad se obtendrán por la Central durante las pruebas y se realizará un análisis de laboratorio también por parte de la Central. El análisis de laboratorio deberá incluir un análisis aproximado y uno final del carbón.



3. OBJETIVO Y ALCANCE

Sargent & Lundy llevara a cabo la auditoria de las Unidades 1-5 de la Central Guacolda, para verificar el parámetro actual de mínimo técnico de las unidades, o para determinar un nuevo mínimo técnico de las unidades, si este es el caso una vez terminada la auditoria. Esto incluye la revisión y estudio de los antecedentes técnicos de la planta y la ejecución de las pruebas de campo.

El mínimo técnico de operación se determinara durante las pruebas en sitio de cada una de las Unidades (5 en total), considerando los parámetros, modos de operación, y combustible que pueden ser utilizados de acuerdo a las recomendaciones del fabricante de las Unidades.

Durante las pruebas en sitio se revisaran los niveles de emisiones para las diferentes configuraciones y modos de operación. También se revisaran los registros históricos y medidas adicionales serán conducidas durante las pruebas para establecer los niveles de emisión. Una vez establecidos los niveles de emisión, estos se verificaran si son conformes o no a los máximos permitidos según las normas o restricciones ambientales a los que está sujeta la Central. Cabe notar que el mínimo técnico se realizara sin considerar restricciones ambientales. Proponemos que para ajustar las cargas relativas de la mejor manera posible, se realice primero la prueba a la carga de mínimo técnico actualmente establecido por Guacolda. Una vez verificado el mínimo técnico actualmente establecido, se llevaran a cabo pruebas reduciendo la carga en un cinco por ciento a la vez, hasta llegar al menor nivel de carga posible de cada Unidad.



4. EQUIPOS A AUDITAR

Todos los equipos de cada unidad serán monitoreados durante la prueba de la unidad. Se espera que la caldera y turbina de vapor sean los factores limitantes para el mínimo de carga, sin embargo, equipos auxiliares como molinos, ventiladores o bombas podrían limitar la carga mínima y se monitorearán para verificar el rendimiento.

[ÚLTIMA PÁGINA DE LA SECCIÓN 4.](#)



5. RECURSOS NECESARIOS PARA LA AUDITORIA TECNICA

Toda la documentación relevante entre otros; informes de pruebas anteriores, registros históricos de operación, registros históricos de niveles de emisiones, restricciones operativas actuales y documentación solicitada en el programa de pruebas de Sargent & Lundy tienen que estar disponibles antes de las pruebas de campo.

Durante las pruebas de campo la configuración y ajustes de las unidades deben llevarse a cabo según este protocolo de auditoría. El personal de Sargent & Lundy que llevara a cabo las pruebas debe tener acceso a todos los parámetros operacionales relevantes.

ÚLTIMA PÁGINA DE LA SECCIÓN 5.



6. TIEMPO REQUERIDO

Según el cronograma preparado por Sargent & Lundy en el programa de prueba para la ejecución de las pruebas de campo, se espera que estas comenzarán el 06 de febrero de 2017 y tienen una duración total de hasta 10 días (en total para las cinco unidades) con respaldo adicional de dos días en caso de que una prueba con carbón de calidad sub-óptima sea necesaria.

[ÚLTIMA PÁGINA DE LA SECCIÓN 6.](#)



7. PRUEBAS EN CAMPO – PLAN DE TRABAJO

7.1 BASE PARA LAS PRUEBAS

7.1.1 Condiciones de Operación de la Unidad

Las pruebas se realizarán con la unidad de operación en estado estable con auxiliares en el funcionamiento normal. La norma NFPA 85 se utilizará como criterio para llama estable y para otras condiciones para definir una operación estable.

7.1.2 Potencia Neta de la Unidad

La potencia neta cada unidad se medirá en el lado de alta tensión del transformador principal, utilizando el medidor de ingresos.

7.1.3 Cargas Auxiliares

Las cargas auxiliares específicas de la unidad bajo prueba de la carga mínima serán alimentadas por el transformador auxiliar de la unidad. Los auxiliares comunes de la Central se repartirán como 20% del total y pueden requerir una corrección a la potencia neta medida.

7.2 INSTRUMENTACION

7.2.1 Registro de Datos

La prueba de carga mínima se efectuará utilizando los datos de la estación DCS e instrumentación de prueba especial, en caso necesario. La lista de datos DCS está incluida en el apéndice A. La instrumentación de prueba especial se enumera en el Apéndice B.

7.2.2 Observación y Datos Manuales

Datos manuales se obtendrán por observación visual y se enumeran en el Apéndice C.



7.3 PRUEBAS EN CAMPO

El Programa Diario para cada Unidad está previsto como se indica en la siguiente Tabla. Si la Central prefiriere conducir las pruebas durante la noche cuando la carga de la Central es mínima, nuestro programa diario se puede ajustar a tal horario.

Tabla 7-1 Programa Diario de Pruebas para cada Unidad

	Lunes, 6 de febrero 2017
07:00-10:00	Arranque de la Unidad 1 y/o incremento de carga hasta la carga base, incluyendo los tiempos de estabilización.
10:30-11:00	Prueba a carga base (al mínimo técnico actual)
11:05-12:00	Bajada de carga hasta un 5% incluyendo tiempo de estabilización
12:00-12:30	Prueba al 5% debajo del mínimo técnico actual
12:35-13:30	Bajada de carga hasta un 10% incluyendo tiempo de estabilización
13:30-14:00	Prueba al 10% debajo del mínimo técnico actual
14:05-15:00	Bajada de carga hasta un 15% incluyendo tiempo de estabilización
15:00-15:30	Prueba al 15% debajo del mínimo técnico actual
15:35-16:30	Bajada de carga hasta un 20% incluyendo tiempo de estabilización si es posible
16:30-17:00	Prueba al 20% debajo del mínimo técnico actual si es posible
17:00-17:30	Tiempo adicional para extender la bajada por debajo del 20% si es posible
17:30-	Retorno de la planta a control de despacho
	7 febrero 2017 – se reserva para continuar bajando la carga en la Unidad 1 hasta llegar al mínimo, si es necesario.
	8-9 Febrero 2017 – se probara la Unidad 2 siguiendo el mismo programa de la Unidad 1
	10-11 Febrero 2017 – se probara la Unidad 3 siguiendo el mismo programa de la Unidad 1
	12-13 Febrero 2017 - se probara la Unidad 4 siguiendo el mismo programa de la Unidad 1
	14-15 Febrero 2017 - se probara la Unidad 2 siguiendo el mismo programa de la Unidad 1
	16-17 Febrero 2017 – Días de reserva en caso de que se necesite probar con carbón de calidad sub-optima.



7.4 CRITERIOS DE ACEPTACION

Los criterios de aceptación de carga mínima estable serán los siguientes:

- Llama estable de acuerdo a la norma NFPA 85
- Flujo estable de aire y gas de escape
- Operación estable del molino y número mínimo requerido de molinos
- Temperatura del vapor principal y del vapor recalentado caliente dentro de los límites de la turbina de vapor
- Vibración de la turbina de vapor dentro de los límites
- Expansión diferencial de la turbina dentro de límites
- Temperatura de la campana de expansión de la turbina dentro de límites
- Temperatura del cojinete de empuje dentro de límites
- Dentro de las limitaciones de la curva de capacidad del generador

Se identificarán los factores limitantes para cada unidad.

7.5 CALENDARIO

El calendario provisional para las pruebas se muestra en la Tabla 7-2 abajo. El programa se basa en probar las unidades en orden de la 1 a la 5, sin embargo la orden real puede depender de las condiciones de operación en el sitio

Tabla 7-2 Calendario de Pruebas

6 de febrero de 2017 – Pruebas de la Unidad 1
07 de febrero de 2017 – Reservada a seguir bajando la carga base en la Unidad 1 hasta llegar a la carga mínima nueva si es necesario.
8-9 de febrero de 2017 - se probará la Unidad 2 siguiendo el mismo programa de la Unidad 1
10-11 de febrero de 2017 – se probará la Unidad 3 siguiendo el mismo programa de la Unidad 1
12-13 de febrero de 2017 - se probará la Unidad 4 siguiendo el mismo programa de la Unidad 1
14-15 de febrero de 2017 - se probará la Unidad 2 siguiendo el mismo programa de la Unidad 1.

[ÚLTIMA PÁGINA DE LA SECCIÓN 7.](#)



8. CALCULOS Y CORRECCIONES

8.1 CALCULOS

La potencia neta de cada unidad se medirá en el lado de alta tensión del transformador principal (medidor de ingresos).

8.2 CORRECCIONES

La potencia neta de cada unidad será corregida para el consumo de energía auxiliar de auxiliares comunes de la Central, basado en el 20% de la potencia total consumida por los auxiliares comunes de la Central planta por unidad.

ÚLTIMA PÁGINA DE LA SECCIÓN 8.

9. ESPECIFICACIONES DE PRUEBAS

Las códigos de pruebas de rendimiento de ASME, que son reconocidos como los códigos internacionales para pruebas de rendimiento, no incluyen un código para las pruebas de carga mínima. La prueba se basa en los requisitos generales de las pruebas de rendimiento de ASME para calderas de vapor y turbinas de vapor (ASME PTC 4 y PTC 6).

Se monitorearán los siguientes parámetros para verificar que se mantiene una carga constante.

Tabla 9-1 Parámetros de Verificación

Variable	Limite (de Cima a Punto Bajo, Corto Plazo)	Referencia
Presión de vapor principal	4%	PTC 4
Caudal de agua de alimentación	10%	PTC 4
O2 saliendo de la caldera (por volumen)	1 (punto porcentual)	PTC 4
Temperatura del vapor principal	11° C (20°F)	PTC 4
Temperatura del vapor recalentado caliente	11°C (20°F)	PTC 4
Potencia Bruta	3 MW	



10. REGISTRO DE VARIABLES

Las variables a ser automáticamente registrados por el DCS durante la prueba se incluyen en el apéndice A. Las variables a registrar utilizando instrumentación de prueba especial figuran en el Apéndice B. Datos registrados manualmente y observaciones visuales a grabarse durante las pruebas se listan en el Apéndice C.

[ÚLTIMA PAGINA DE LA SECCIÓN 10.](#)

This document contains confidential or proprietary information. It shall not be reproduced, discussed, reviewed, or released, in whole or in part, to any party other than the intended recipient(s) and their agents with a need to know such information unless Sargent & Lundy, L.L.C., has provided written permission otherwise. Sargent & Lundy, L.L.C., 2016.



11. CONDICIONES DE PRUEBA EXITOSA

El propósito de las pruebas es para documentar la carga mínima estable, mientras se usa carbón sin combustible de apoyo, para cada unidad. Una carga mínima exitosa se determinará por una llama estable, de acuerdo al NFPA 85, aire estable y flujos de gas, operación de molino estable y todo el equipo de operación dentro de límites establecidos.

[ÚLTIMA PÁGINA DE LA SECCIÓN 11.](#)

This document contains confidential or proprietary information. It shall not be reproduced, discussed, reviewed, or released, in whole or in part, to any party other than the intended recipient(s) and their agents with a need to know such information unless Sargent & Lundy, L.L.C., has provided written permission otherwise. Sargent & Lundy, L.L.C., 2016.



12. PARTICIPANTES

Sargent & Lundy proporcionará a dos ingenieros en sitio para las pruebas de las unidades. Nos apoyaremos en la Central para que se proporcione un coordinador y para operar las unidades, recopilar datos del DCS, obtener muestras de carbón y otras muestras físicas requeridas.

[ÚLTIMA PÁGINA DE LA SECCIÓN 12.](#)

This document contains confidential or proprietary information. It shall not be reproduced, discussed, reviewed, or released, in whole or in part, to any party other than the intended recipient(s) and their agents with a need to know such information unless Sargent & Lundy, L.L.C., has provided written permission otherwise. Sargent & Lundy, L.L.C., 2016.



13. INFORME TECNICO

13.1 BORRADOR DEL INFORME

Después de las pruebas, se preparará un borrador del informe técnico que cubra los resultados de las pruebas para las cinco unidades de la Central. El informe incluirá los datos obtenidos, la observación de las pruebas, un análisis de la carga mínima para cada unidad y recomendaciones. El borrador del informe se emitirá una semana después de finalizadas las pruebas. El informe, en base a los resultados obtenidos, establecerá justificadamente los valores de MT de las unidades generadoras de Central Angamos, confirmando los actuales valores declarados por Guacolda o actualizando estos según corresponda. Los valores establecidos para estos parámetros serán resultado de las pruebas efectuadas y obedecerá a limitaciones estrictamente técnicas conforme a la capacidad de estas unidades y recomendaciones del fabricante. El DO y la Empresa Generadora entregará a Sargent & Lundy sus comentarios para resolución y aclaración por Sargent & Lundy.

El Informe Técnico contendrá, como mínimo, los siguientes puntos y datos:

- a) Responsable o responsables de la Prueba, cuya firma y declaración constará al final del mismo y en las hojas de cálculo.
- b) Objeto de la Prueba.
- c) Descripción técnica de los equipos principales.
- d) Descripción de la Prueba.
- e) Normas Técnicas aplicadas.
- f) Memoria técnica del procedimiento: condiciones de la Prueba, metodología, instrumental empleado.
- g) Memorias de cálculo.
- h) Como anexos se incluirá toda información que se considere de utilidad para una mejor interpretación del informe como por ejemplo; certificados de contraste de instrumentos, protocolos de análisis de combustible, protocolos de mediciones, esquemas de mediciones principales, benchmark, etc.

13.2 INFORME FINAL

Un Informe Final se emitirá una semana después de que se reciban comentarios sobre el informe.

[ÚLTIMA PÁGINA DE LA SECCIÓN 13.](#)



Apéndice A. Datos del DCS



Se necesita recibir la información solicitada en el Programa de Pruebas.



Apéndice B. Instrumentación Especial para la Prueba



Se necesita recibir la información solicitada en el Programa de Pruebas.

ÚLTIMA PÁGINA DEL APÉNDICE B.

This document contains confidential or proprietary information. It shall not be reproduced, discussed, reviewed, or released, in whole or in part, to any party other than the intended recipient(s) and their agents with a need to know such information unless Sargent & Lundy, L.L.C., has provided written permission otherwise. Sargent & Lundy, L.L.C., 2016.



Apéndice C. Manual de Datos y Observaciones Visuales



Se necesita recibir la información solicitada en el Programa de Pruebas.