



Informe Técnico

Determinación de Mínimo Técnico en Unidad Generadora Santa María COLBÚN 2018

SUBGERENCIA DE SISTEMAS ELÉCTRICOS

C	03.08.2018	Revisión interna	JL	MC	GN
Rev.	Fecha	Naturaleza de revisión	Preparado	Revisado	Aprobado

CONTENIDO

1.	Introducción	3
2.	Objetivo	3
3.	Metodología	3
4.	Antecedentes	4
4.1	Antecedentes técnicos de diseño	4
4.1.1	Manual de operación y mantenimiento.....	5
4.1.2	Diagramas de operación	5
4.1.3	Informe de performance y ajustes	6
4.2	Recomendaciones del fabricante.....	7
4.3	Antecedentes nacionales o internacionales de unidades similares.....	7
4.4	Antecedentes y restricciones operacionales.....	7
4.4.1	Datos obtenidos del sistema de información en tiempo real.....	7
4.4.2	Restricciones ambientales.....	7
4.5	Justificaciones de eventuales fuentes de inestabilidad por operar en un valor menor de potencia activa	8
4.6	Otros antecedentes técnicos de respaldo.....	8
4.6.1	Mínimo técnico termodinámico.....	8
4.6.2	Mínimo técnico ambiental	9
4.6.3	Pruebas adicionales de verificación del Mínimo Técnico	9
5.	Conclusiones.....	10
6.	Anexos	11
	Anexo 1 Registro de operación	11
	Anexo 2 Protocolo pruebas de determinación del Mínimo Técnico.....	11
	Anexo 3 Informe de pruebas de INERCO a Santa María	11
	Anexo 4 Manual de la Caldera.....	11
	Anexo 6 Informe de Performance 2017	11
	Anexo 8 Thermal Kit	11
	Anexo 9 Registro de emisiones	11
	Anexo 10 Minuta pruebas 04.07.2018	11

1. Introducción

En el marco de la Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio versión enero 2016 (NTSyCS), el Coordinador Eléctrico Nacional (en adelante el “Coordinador”) ha solicitado informar el Mínimo Técnico de la Central Térmica (CT) Santa María acorde lo indicado en el Artículo 9 del Anexo Técnico “Determinación de Mínimo Técnico de Unidades Generadoras” de la NTSyCS.

El presente documento entrega los antecedentes operacionales que respaldan el valor de Mínimo Técnico de la Central Santa María.

2. Objetivo

Actualizar el parámetro de Mínimo Técnico de la Central Santa María de acuerdo a lo establecido en el Anexo Técnico “Determinación de Mínimos Técnicos en Unidades Generadora” de la NTSyCS.

3. Metodología

Para la determinación del Mínimo Técnico de la Central Santa María, COLBUN S.A. contrató el servicio a la empresa INERCO Ingeniería, Tecnología y Consultoría, S.A. de Sevilla, España, para realizar las pruebas operacionales que permitieran determinar este parámetro. Estas pruebas incluyeron la asistencia de un especialista en turbinas a vapor de General Electric, Original Equipment Manufacturer (OEM) de la turbina.

Se realizaron un conjunto de pruebas en la estación de verano y un conjunto de pruebas en la estación de invierno, programadas en el mes de febrero y julio de 2017 respectivamente.

Las pruebas fueron programadas con el propósito de reducir sistemáticamente el nivel de generación, controlando los parámetros termodinámicos en diferentes etapas o estados en la turbina a vapor, verificando las indicaciones de stress por diferencias de temperatura en la turbina a vapor y la estabilidad del sistema de control de la central, determinando de esta forma el valor de Mínimo Técnico Termodinámico. Adicionalmente, se identificó la carga más baja de generación del grupo térmico que permitiera cumplir todos los límites de emisiones estipulados en el Decreto Supremo (DS) N°13/2011 y la Resolución de Calificación Ambiental (RCA) N° 176/2007, identificando este valor de potencia como el Mínimo Técnico Ambiental.

El procedimiento definitivo establecido debe permitir un valor de Mínimo Técnico de generación que sea estable y repetible. Dicho valor corresponde al mayor valor entre el Mínimo Técnico Termodinámico y Ambiental.

La Central Santa María cuenta con cuatro pulverizadores o molinos para carbón, para los cuatro niveles o pisos de quemadores frontales de carbón y, como parte de la prueba, se estudiaron diferentes combinaciones de estos cuatro molinos para así definir la operación de la pareja que asegurara de mejor forma la estabilidad de parámetros operacionales.

Adicionalmente, se tomarán en consideración distintos antecedentes de diseño y operación.

4. Antecedentes

La Central Santa María, que entró en funcionamiento el año 2012, tiene una potencia instalada de 370 MW brutos y consta de un generador de vapor que utiliza Carbón Bituminoso como combustible.

4.1 Antecedentes técnicos de diseño

A continuación, se muestran los datos de placa del generador:

DATOS DE PLACA DEL GENERADOR UNIDAD SANTA MARÍA		
ITEM	DESCRIPCIÓN	VALOR
1	N° de Fases	3
2	Potencia Nominal	468 MVA
3	Voltaje Nominal	18 kV
4	Corriente Nominal	15,011 kA
5	Frecuencia Nominal	50 Hz
6	Factor de Potencia	0,85
7	Velocidad Nominal	3.000 rpm
8	Velocidad Embalamiento	-
9	Polos	2
10	Marca	General Electric

Tabla 1: Datos de placa generador.

A continuación, se muestran los datos de placa de la turbina:

DATOS PLACA DE LA TURBINA UNIDAD SANTA MARÍA		
ITEM	DESCRIPCIÓN	VALOR
1	Central	Santa María
2	Tipo turbina	Vapor
3	Año de construcción	2009
4	Velocidad nominal	3.000 rpm
5	Potencia nominal	369,989 MW

Tabla 2: Datos de placa turbina.

Se debe mencionar, que a la turbina de vapor se le hizo una serie de modificaciones durante el mantenimiento del mes de octubre y noviembre de 2016, que permiten la operación del grupo térmico a 370 MW brutos de manera continua y estable.

En el Anexo 4, se encuentra una serie de datos técnicos de la caldera extraído de su respectivo manual de operación.

4.1.1 Manual de operación y mantenimiento

Actualmente, no se cuenta con una versión digital del manual de operación y mantenimiento de la central Santa María y, debido a que este es una colección de tomos, tampoco es posible adjuntarlo. Sin embargo, en las secciones siguientes, se presentan antecedentes que son de utilidad para determinar el Mínimo Técnico y que fueron extraídos de los manuales del generador, turbina y caldera, como por ejemplo la curva PQ y Heat Balance.

4.1.2 Diagramas de operación

En la Figura 1 se muestra el diagrama PQ de la CT Santa María, del cual se depende que no existe un valor mínimo de inyección de potencia activa.

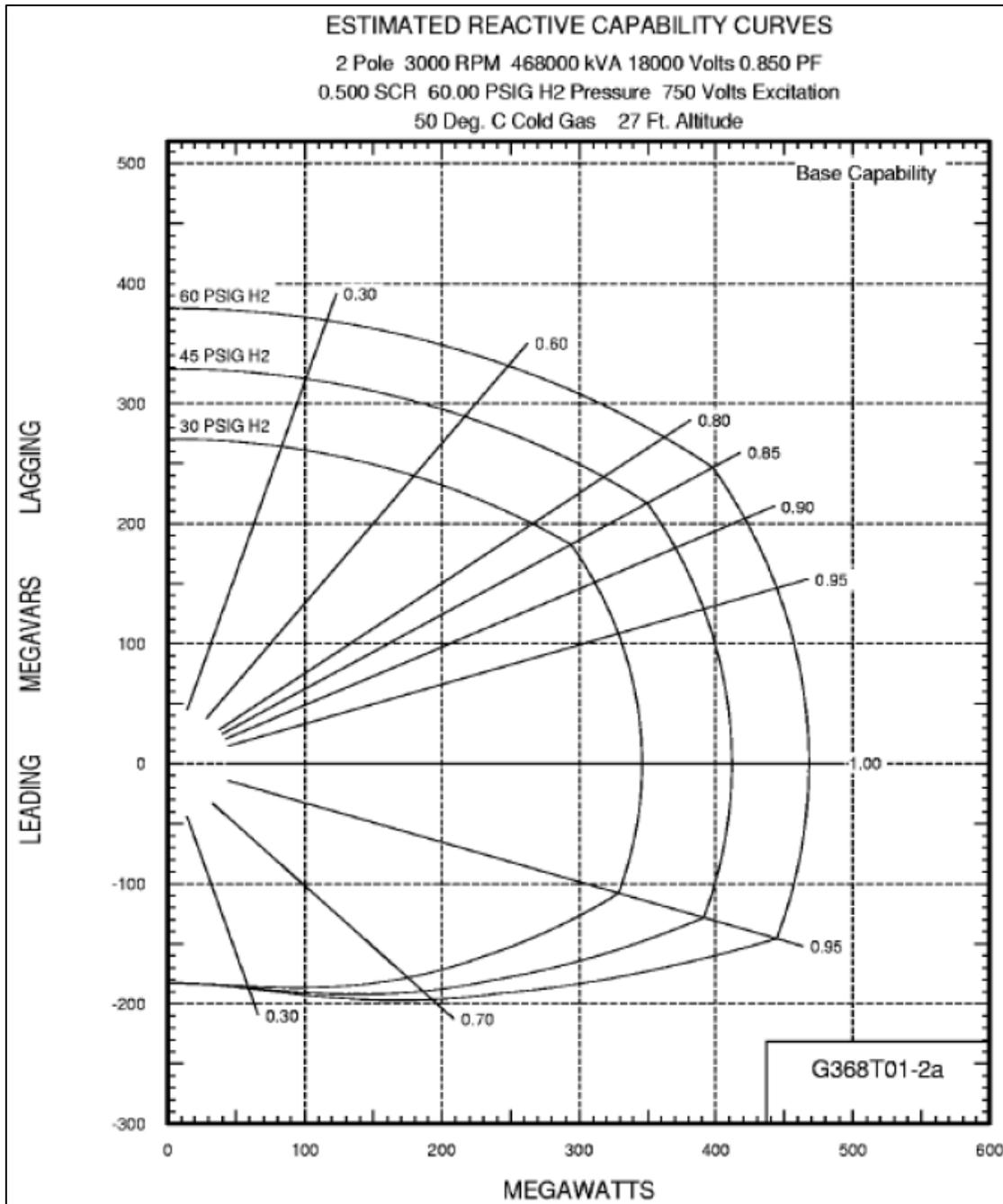


Figura 1: Diagrama PQ Santa María.

4.1.3 Informe de performance y ajustes

En el Anexo 5, se encuentra el informe de performance elaborado por General Electric a la central Santa María posterior al mantenimiento mayor del 2016. En él, se muestran una comparación entre la potencia generada por la central medida en terreno con la que indica el Heat Balance. Como resultado, se obtuvo, para una potencia de 369,989 kW, una diferencia de 12,963 kW siendo menor la potencia medida en terreno. En el informe, no se registraron pruebas en torno al Mínimo Técnico.

4.2 Recomendaciones del fabricante

Durante la ejecución de las pruebas realizadas por INERCO para determinar el valor de Mínimo Técnico, se contó con un especialista en turbinas a vapor de General Electric, OEM de la turbina a vapor. De esta forma, las pruebas se ejecutaron conforme a los parámetros termodinámicos en las diferentes etapas o estados en la turbina a vapor, las indicaciones de stress por diferencias de temperatura en la turbina a vapor y la estabilidad del sistema de control de la central. Todas las restricciones consideradas en el informe de INERCO (Anexo 3), son recomendaciones entregadas por GE en su Thermal Kit y que se encuentra en el Anexo 8.

4.3 Antecedentes nacionales o internacionales de unidades similares

Del Sistema Eléctrico Nacional, de acuerdo a nivel de potencia máxima, fabricantes de los equipos, generador y turbina a vapor, la unidad comparable es la Central Térmica Bocamina II de ENEL. Dicha unidad tiene declarado como Mínimo Técnico Térmico 155 MW brutos y para el Ambiental 175 MW brutos.

4.4 Antecedentes y restricciones operacionales

4.4.1 Datos obtenidos del sistema de información en tiempo real

En el Anexo 1 se representa gráficamente la operación de la central Santa María durante el año 2016, con datos obtenidos del Sistema de Información en Tiempo Real de COLBÚN S.A. En el registro se indica el Mínimo Técnico declarado actualmente de 222 MW brutos.

Del registro, se observa que el valor de Mínimo mencionado es consistente debido a que no se registran operaciones estables bajo el mismo. Aquellas operaciones que muestran valores por debajo de éste están debidamente respaldadas en los gráficos indicando su causa, junto con esto se adjuntó el informe diario de operación realizado por COLBUN, en caso de que corresponda.

4.4.2 Restricciones ambientales

Según establece el Decreto Supremo Nº 13/2011 del Ministerio del Medio Ambiente, el límite de emisión de Óxidos de Nitrógeno (NO_x) que aplica a la CT Santa María operando con carbón bituminoso es de $500 \text{ mg NO}_2/\text{Nm}^3$. Asimismo, los límites para las emisiones del Material Particulado (MP) es de $50 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ y de Dióxido de Azufre (SO_2) aplica un límite de $400 \text{ mg SO}_2/\text{Nm}^3$.

La Resolución de Calificación Ambiental (RCA) Nº 176/2007 establece que los límites de emisión másica que aplican a la CT Santa María son:

1. 244 gramos/seg de Dióxido de Nitrógeno (NO_2);
2. 59 gramos/seg de Monóxido de Carbono (CO);
3. 151 gramos/seg de Dióxido de Azufre (SO_2); y
4. 15 gramos/seg de Material Particulado (MP).

Se adjuntan en el Anexo 9 las mediciones de emisiones registradas para la central durante el año 2016.

4.5 Justificaciones de eventuales fuentes de inestabilidad por operar en un valor menor de potencia activa

El CDEC-SIC realizó una Auditoria Técnica, Carta DO N°1837/2016, para confirmar distintos parámetros técnicos, entre otros, el valor de Mínimo Técnico informado por COLBUN S.A. para la Central Santa María. Las pruebas fueron realizadas por la empresa STEAG entre los días 17 y 18 de enero de 2017.

Durante las pruebas realizadas por el Auditor Técnico STEAG contratado por el Coordinador en la Central Santa María, se registraron inestabilidades al alcanzar valores por debajo del Mínimo Técnico declarado, 222 MW brutos, por inestabilidad de llama al utilizar 3 molinos.

4.6 Otros antecedentes técnicos de respaldo

Por su parte, COLBUN S.A. encargó al Consultor INERCO la determinación de los valores de Mínimo Técnico Termodinámico y Ambiental, entre otros parámetros, para la Central Santa María. El protocolo de pruebas utilizado se encuentra en el Anexo 2.

En el informe preparado por INERCO, presentado en el Anexo 3, se muestran los resultados de las pruebas realizadas para los distintos valores de generación. Entre las variables medidas, se encuentran los parámetros de la turbina, de los molinos (potencia, velocidad, presiones, temperaturas, entre otros) y el registro de la emisión de gases durante las pruebas.

A continuación, se describen los resultados obtenidos por INERCO para los valores de Mínimo Técnico Termodinámico y Ambiental:

4.6.1 Mínimo técnico termodinámico

El Mínimo Técnico Termodinámico alcanzado es de 178 MW brutos, equivalente al 48% de la Potencia Máxima Bruta (370 MW). Este valor es determinado por factores de:

- Seguridad impuesta a la caldera por estabilización automática de llama, según la cual no se puede bajar más la carga de 170 MW ni el consumo de carbón por debajo de 65 t/h. Lo anterior, activa directamente el aporte de combustible líquido para mantener una adecuada estabilidad de llama impidiendo la operación del grupo térmico.
- Presión en la turbina de baja. Los valores de presión en la turbina de baja para esta carga son inferiores a los indicados por GE Energy en su Thermal Kit (Anexo 8). Estos valores de presión, dan lugar a un inadecuado funcionamiento de los calentadores de baja presión (especialmente del LP3, que se encuentra sin capacidad de regulación) dado que no pueden drenar correctamente su extracción al calentador precedente y lo hace a través del drenaje de emergencia directamente al condensador. Esta condición, en caso de alguna inestabilidad que se puede dar en el ciclo agua vapor, puede hacer que la válvula de emergencia abra al 100% quede sin margen y el nivel del calentador suba hasta producir el cierre de la extracción de turbina que va al LP3. Si se alcanza un nivel superior aún en el calentador se arriesga disparo de turbina de vapor

- Dos molinos en funcionamiento, lo que permitió que la carga mínima por cada uno de ellos no fuera un factor limitante a la hora de conseguir los mínimos valores de potencia buscados. Asimismo, los molinos trabajan en un rango de carga parecido al de operación habitual a plena carga, por lo que mejoran las condiciones de funcionamiento y molienda del mismo.

El consultor INERCO recomienda operar alrededor de 190 MW brutos con el fin de establecer cierto grado de cobertura en relación a los condicionantes puestos en manifiesto en el informe.

4.6.2 Mínimo técnico ambiental

Durante las pruebas realizadas, no se alcanzó el Mínimo Técnico Ambiental de forma previa a identificar limitaciones relativas al Mínimo Técnico Termodinámico, ya que en toda la transición desde el Mínimo Técnico actualmente declarado en 222 MW brutos hasta el Mínimo Técnico Termodinámico no se superaron los límites de emisión impuestos por el DS N° 13/2011 ni por la RCA N°176/2007 de la Central Santa María.

4.6.3 Pruebas adicionales de verificación del Mínimo Técnico

De acuerdo a lo conversado por el Coordinador, el día 4 de julio de 2018 se realizaron pruebas que tuvieron como objetivo probar el valor de Mínimo Técnico alcanzado durante las pruebas de INERCO de 178 MW brutos. El detalle de las mismas se encuentra adjunto en el Anexo 10.

El resultado de las pruebas concluye que el valor alcanzado por INERCO es consistente, esto debido a que se consigue ese nivel de potencia con la operación del drenaje normal del calentador de baja presión N°3 al 100 % de apertura y el drenaje de emergencia de este calentador entorno al 65% de apertura. Esta condición puede hacer que bajo alguna inestabilidad la válvula de emergencia abra al 100 % arriesgando el disparo de la turbina a vapor tal y como se mencionó en el capítulo 4.6.1.

En vista y tomando en cuenta las condiciones operacionales bajo las cuales se genera la potencia bruta de 178 MW, es decir, con la operación del drenaje de emergencia permanentemente abierto, es que COLBÚN estima que este valor no tiene margen para considerarse como una operación permanente, segura y estable de acuerdo a lo establecido en AT, ya que tal y como indica su nombre éste debe ser usado solo en casos de emergencia y no en una operación normal.

5. Conclusiones

Actualmente, para la central Santa María, el Mínimo Técnico declarado es de 222 MW brutos. Según los resultados obtenidos en la Auditoría Técnica realizada por STEAG, el valor actualmente declarado es consistente con la operación de tres de sus cuatro molinos. Para el caso en que la central opere con dos de sus cuatro molinos, las pruebas realizadas por parte de INERCO y con el Coordinador determinaron que es posible disminuir el valor de **Mínimo Técnico a 178 MW brutos**, este valor corresponde tanto al valor de Mínimo Termodinámico como al Mínimo Ambiental.

Cabe considerar, que el Coordinador Eléctrico Nacional en el Informe de Definición y Programación de Servicios Complementarios ha determinado los montos de reserva para control primario y secundario de frecuencia de la Central Térmica Santa María. En caso de requerirse la operación de la Central Santa María en niveles de Potencia de Mínimo Técnico, esta no podrá participar en el esquema de regulación de frecuencia para los eventos que resultan con fenómenos de sobrefrecuencia.

6. Anexos

Anexo 1 Registro de operación

Anexo 2 Protocolo pruebas de determinación del Mínimo Técnico

Anexo 3 Informe de pruebas de INERCO a Santa María

Anexo 4 Manual de la Caldera

Anexo 5 Manual de Molinos

Anexo 6 Informe de Performance 2017

Anexo 7 Heat Balance

Anexo 8 Thermal Kit

Anexo 9 Registro de emisiones

Anexo 10 Minuta pruebas 04.07.2018