

PROPUESTA DE MODIFICACIONES AL ANEXO 16 DEL ROBCP

ANEXO 16 - CURVAS DE CONSUMO ESPECÍFICO DE CALOR

1. Objeto

- 1.1. Establecer los procedimientos para calcular, auditar e informar las curvas de consumo específico de calor y consumo de combustible en el arranque y detención de las unidades térmicas que operen con combustibles no renovables: Gas Oil, Fuel Oil, Gas Natural y Carbón Mineral.

2. Normas Generales

- 2.1. Se establecen las metodologías, criterios de cálculo e información de respaldo bajo las cuales los PM sustentarán las curvas de consumo específico de calor y el consumo de combustible en el arranque y detención, para su aplicación en la programación de la operación.
- 2.2. La vigencia de las curvas de consumo específico de calor y combustible, resultantes de la aplicación de este procedimiento, será de dos (2) años, no prorrogables y contados desde el vencimiento de la auditoría anterior. Las subsecuentes auditorías deben programarse y realizarse con suficiente anticipación, de tal forma que se garantice la aprobación y disponibilidad oportuna de las curvas actualizadas.
- 2.3. La UT remitirá una carta al PM generador, con al menos 4 meses de antelación, notificando sobre el vencimiento de las curvas de consumo específico de calor y combustible vigentes. Este estudio se podrá realizar antes de los dos (2) años si el PM propietario de la unidad generadora lo solicita a la UT.
- 2.4. Las unidades cuyo costo variable combustible sea considerado igual a

cero, tales como unidades Geotérmicas y Unidades Renovables no Convencionales, son excluidas del objeto de este anexo, por lo que no se requerirá la realización de los ensayos aquí contemplados.

- 2.5. Las unidades que operan con Biomasa como recurso primario serán consideradas con costo variable combustible igual a cero. Alternativamente, y en caso que estos PM generadores reporten costos variables combustibles diferentes de cero, deberán proponer a la SIGET, para su aprobación, una metodología para la realización de las pruebas para la determinación de las curvas de consumo específico de calor.
- 2.6. Para aquellas plantas generadoras que entreguen sus excedentes al sistema, el procedimiento para la determinación de las curvas de consumo específico de calor será aplicado a las unidades pertenecientes a dicha planta, utilizando la generación total de dicha planta. Adicionalmente, no se requerirá la realización de los ensayos de arranque y detención contemplados en el presente anexo.
- 2.7. Las auditorías mencionadas en el presente anexo también incluirán las pruebas para la determinación del consumo de combustible en el arranque y detención, cuyo procedimiento está definido en el apéndice 4.
- 2.8. El PM generador contratará un auditor para la determinación de las curvas de consumo específico de calor y consumo de combustible en el arranque y detención. Éste debe formar parte del registro de auditores aprobados, publicado por la UT en su sitio web.
- 2.9. La realización de la auditoría estará a cargo de un auditor externo y la participación de la UT será como observador, por lo que esta deberá destacar, en el sitio donde se efectúen las pruebas, un representante durante el proceso de auditoría, para vigilar la correcta aplicación del procedimiento durante la misma.

- 2.10. Todos los informes del auditor deberán ser aprobados por la UT en su carácter de observador de la aplicación del procedimiento.
- 2.11. En caso de que el PM generador no facilite la información o el acceso a las instalaciones para la ejecución de las pruebas de auditoría será penalizado según lo indicado en el anexo 02 “Infracciones y Conflictos” de este Reglamento.

3. Definiciones y Terminología

- 3.1. En el apéndice 1 se detalla la nomenclatura complementaria, las unidades comúnmente usadas y un listado de la documentación y Normas Internacionales que respaldan los procedimientos de ensayos de consumo de calor y la obtención de los polinomios que representan el consumo específico de calor y consumo específico de combustible. Estas definiciones se aplican también a la determinación de los consumos de combustible en el arranque y la detención de cada unidad térmica.

4. Metodologías y criterios aplicables para la determinación de las curvas de consumo específico de calor y consumo específico de combustible

- 4.1. La metodología para la realización de los ensayos de consumo de calor de una unidad de generación térmica, responde a indicaciones de Normas Internacionales.
- 4.2. La metodología consiste en la determinación de las variables de entrada y de salida de energía de las unidades de generación térmica bajo condiciones operativas específicas, las que podrán ser llevadas a condiciones ambientales de referencia del ensayo.
- 4.3. De los resultados se obtienen los puntos necesarios para trazar el polinomio de consumo específico de calor que identifica a cada unidad, y

su equivalente en consumo específico de combustible.

- 4.4. El procedimiento de los ensayos de consumo de calor se describe en el apéndice 1, según el detalle siguiente:
 - a) Metodología y Criterios de aplicación
 - b) Instrumentación
 - c) Procedimiento de ensayo
 - d) Correcciones
 - e) Cálculo de la incertidumbre en las mediciones
 - f) Logística del ensayo y responsabilidades
 - g) Informe técnico
- 4.5. En el apéndice 4 se detallan los ensayos requeridos para la determinación del consumo de combustible en el proceso de arranque y detención de las unidades de generación.

5. Registro de auditores aprobados y su actualización

5.1. Aspectos generales

- 5.1.1. Estas auditorías serán llevadas a cabo por auditores aprobados por la UT, que podrán ser profesionales independientes o firmas de auditoría, con amplia experiencia comprobable en el área de la generación térmica de energía eléctrica. Los auditores deberán cumplir con lo establecido en este anexo, respecto a su perfil técnico y normas éticas

básicas de auditoría, tales como independencia, idoneidad y confidencialidad.

5.1.2. El registro de auditores aprobados por la UT será conformado y actualizado según lo detallado en esta sección.

5.1.3. La conducción de las auditorías y ensayos, a los que se refiere este anexo, deberá ser efectivamente ejecutada por el mismo auditor director, cuya experiencia ha sido sometida a aprobación.

5.2. Perfil técnico del auditor.

5.2.1. Los conocimientos requeridos se orientan principalmente a los siguientes aspectos:

- a) Experiencia acumulada mayor a 10 años en puestos o funciones estrechamente relacionadas con el área de generación térmica.
- b) Participación, a nivel de dirección, en ensayos de consumo de calor y ensayos de aceptación de unidades de generación térmica.
- c) Experiencia en evaluación del estado operativo y eficiencia de calderas convencionales, calderas de recuperación (HRSG), grupos turbogás, grupos turbovapor, ciclos combinados y motogeneradores de combustión interna
- d) Experiencia en la evaluación técnica del desempeño de cada equipo principal y los correspondientes sistemas auxiliares que forman parte de una unidad generadora.
- e) Experiencia en el desarrollo e implementación de técnicas de control operativo de procesos de transformación y transferencia de energía, destinadas a evaluar el comportamiento de la eficiencia térmica de equipos de generación y sus componentes principales.
- f) Experiencia en planificación, conducción y supervisión de ensayos de recepción de centrales térmicas de generación de energía eléctrica

equipadas con unidades convencionales a vapor, turbogás, ciclos combinados y motores de combustión interna.

5.3. Calificación del auditor

5.3.1. La UT calificará a los auditores teniendo en cuenta la experiencia asociada al objeto del presente anexo, respaldada por trabajos anteriores y debidamente acreditada mediante cartas certificadas de empresas que hayan contratado sus servicios, en las que se listen los informes recibidos sobre ensayos realizados. Adicionalmente, se tomará en cuenta el equipamiento disponible del auditor y trabajos vinculados con el tema.

5.3.2. La UT le asignará a cada uno de esos ítems, como resultado de su revisión, un porcentaje de puntos variable entre un mínimo y un máximo, de acuerdo con la tabla siguiente:

TABLA I: CALIFICACIÓN DEL AUDITOR

AUDITOR	EXPERIENCIA %	ENSAYOS %	EQUIPAMIENTO %	TOTAL %
A
B
C
.....
.....
N	XX	YY	ZZ	XYZ

5.3.3. Serán incorporados a la lista de auditores habilitados aquellos que reúnan un porcentaje mínimo de 60 %.

5.3.4. Valoración de cada Ítem

5.3.4.1. La experiencia del auditor que fungirá como director de los

ensayos, se refiere a trabajos vinculados con la generación de energía eléctrica, ya sea en las áreas operativas, de mantenimiento o de ingeniería y tendrá un porcentaje máximo de 40% en la valoración total. Para la ponderación se tendrá en cuenta la experiencia acumulada en los últimos 20 años calendario, según se detalla:

- a) Hasta 10 años: 20%
- b) Hasta 15 años: 30%
- c) Más de 15 años: 40%

5.3.4.2. La participación en ensayos de Consumo de Calor y/o en Ensayos de recepción de unidades de generación térmica tendrá un porcentaje de participación de 30%, pudiéndose incrementar hasta en un 10%, si la dirección y/o conducción de alguno de esos ensayos fue ejercida por el auditor designado como director en los trabajos asociados a este anexo.

- a) Participación en más de 5 ensayos: 15%
- b) Participación en más de 10 ensayos: 20%
- c) Participación en más de 15 ensayos: 30%
- d) Participación en ensayos y/o ensayos de aceptación por parte el director designado:
 - Más de 5 ensayos: se incrementa en 5%
 - Más de 10 ensayos: se incrementa en 10%

5.3.4.3. Se ponderará la cantidad y calidad del equipo para medición de energía eléctrica y combustibles:

- a) Cantidad de equipos medidores de energía y/o potencia eléctrica y/o transductores de parámetros eléctricos de clase 0.2 o mejor:
 - Mínimo de 2 medidores: 5%

- Más de 2 medidores: 7%
 - Más de 4 medidores: 10%
- b) Equipo de medición de volumen de tanques de combustible: cinta y pilón y termocupla o termorresistencia: 5%
- c) Equipo de medición de parámetros ambientales: 5%

5.4. Recalificación del auditor

5.4.1. La UT podrá realizar actualizaciones de la calificación inicial del auditor, con el fin de validar si siguen vigentes los porcentajes asignados a cada uno de los ítems referidos en el numeral 5.3.4. Estas actualizaciones podrán ser realizadas, entre otras causas, por el cambio del auditor director, la renovación del personal técnico que participa en los ensayos y de los equipos de medición de la firma auditora. Asimismo, podrá recalificarse a aquellos auditores que tengan más de cinco años de no participar en la ejecución de los ensayos establecidos en este anexo.

5.4.2. Para la recalificación a la que se refiere el numeral anterior, la UT podrá solicitar al auditor documentación actualizada, que pruebe la idoneidad de su perfil técnico de acuerdo con los criterios del numeral 5.3.4.

5.4.3. Si la UT determina que el auditor ya no cumple con el porcentaje mínimo establecido en el numeral 5.3.3, deberá inhabilitarlo y notificarle

debidamente sobre su inhabilitación y la actualización de su calificación por ítem.

5.4.4. Ante la existencia de nuevos elementos a evaluar, que mejoren su perfil técnico, el auditor inhabilitado podrá iniciar nuevamente el proceso de habilitación detallado en la sección 5.3.

5.5. Inhabilitación del auditor

5.5.1. Ante el incumplimiento reiterado de los plazos establecidos en este anexo por causas atribuibles al auditor, la UT podrá inhabilitarlo y retirarlo del registro publicado en su sitio Web.

5.5.2. El auditor podrá solicitar a la UT su inhabilitación voluntaria en cualquier momento. La inhabilitación del auditor será efectiva en un plazo de tres días hábiles.

5.5.3. En cualquiera de los casos anteriores, la UT notificará a los PMs sobre la actualización del registro de auditores aprobados.

6. Procedimiento de Auditoría

6.1. Objeto de la auditoría

6.1.1. Realizar ensayos de consumo de calor para establecer la relación entre la entrada de calor y la salida de potencia eléctrica con base en Normas Internacionales, para determinar:

- a) El consumo de calor y su equivalente en consumo volumétrico o másico de combustible, para cinco o más puntos de carga de la unidad generadora, de donde posteriormente se calcule la curva

de consumo específico de calor y la curva de consumo específico de combustible.

- b) El consumo de combustible en el proceso de arranque-detención y sus tiempos asociados.
- c) El estado operativo de las instalaciones (eficiencia y confiabilidad).

6.2. El auditor expresará, además de los resultados de los ensayos, una opinión sobre el estado de los aspectos indicados mediante la elaboración y entrega de un informe.

6.3. Contratación del auditor

6.3.1. El auditor externo será elegido por el PM propietario de la(s) unidad(es) generadora(s) y su idoneidad deberá ser reconocida por la UT.

6.3.2. Los auditores serán seleccionados de un registro que al efecto dispondrá la UT y que será integrado por las empresas auditoras y/o auditores independientes que cumplan los requisitos mínimos indicados en este anexo. Dicho registro será publicado por la UT en su sitio web.

6.3.3. El PM generador deberá contratar al auditor con la suficiente anticipación para que se cumplan todos los plazos establecidos en este anexo.

6.3.4. En caso de que la coordinación de los ensayos de consumo de calor, su ejecución o la elaboración del informe sufra atrasos atribuibles al PM generador, este será penalizado según lo indicado en el anexo 02 "Infracciones y Conflictos", y dicha situación será notificada a la SIGET.

6.3.5. Los costos de las auditorías estarán a cargo del PM propietario de la(s) unidad(es) generadora(s) y deberá ser pactado y cancelado de manera bilateral y privada entre el PM y el auditor externo sin ninguna intervención de la UT.

6.4. Requerimiento de equipamiento e instrumental necesario

6.4.1. Para la realización de las pruebas de consumo de calor y ensayo de arranque y detención, el auditor deberá disponer para el ensayo con un equipamiento propio, el que deberá ser compatible con los descritos en el numeral 6 “Mediciones e Instrumental Requerido” del apéndice 1. Igualmente se podrá hacer uso del equipamiento de medición instalado en la unidad, siempre y cuando el mismo cumpla con lo requerido en el numeral 6 del apéndice 1.

6.5. Información técnica a entregar al auditor

6.5.1. Una vez seleccionado el auditor por parte del PM generador, éste deberá proveerle la información técnica correspondiente de cada unidad a ensayar dentro de un plazo no mayor a los 10 días hábiles contados a partir de su contratación.

6.5.2. Los formatos de presentación de datos requeridos por el auditor, se detallan en el apéndice 2. Los mismos deberán ser completados por el PM generador, sin perjuicio que el auditor pueda solicitar información complementaria vinculada con el trabajo a realizar.

6.6. Información previa, ensayos e informe del auditor

6.6.1. Previo a la realización de las pruebas, el auditor, en coordinación con el PM generador, deberá remitir a la UT la información necesaria para el correcto desarrollo de estas, la cual consta como mínimo de:

- a) Listado de mediciones a realizar (principales y complementarias).
- b) Certificados de calibración de los instrumentos de medición principales a utilizar durante los ensayos, en donde se constate que estos cumplen con la clase o precisión y vigencia de calibración establecidas en la sección 6 del apéndice 1 de este anexo.
- c) Diagrama de distribución en planta, donde se indique la ubicación espacial de todos los equipos de medición a utilizar.

- d) Diagramas del sistema eléctrico (unifilar) y de combustible, que indiquen los puntos de medición de potencia y flujo de combustible respectivamente. Para el caso de plantas conformadas por turbinas de vapor, se incluirá el diagrama de enfriamiento en el que se indique el punto de medición de temperatura de fuente fría.
 - e) Diagrama de carga a seguir durante el desarrollo de las pruebas de cada unidad generadora, especificando tiempos, potencias, entre otros.
 - f) Plan de trabajo y modelo de hoja de toma de datos, a ser utilizado durante las pruebas.
 - g) Procedimiento alternativo para la documentación de las mediciones, únicamente cuando alguno de los equipos de medición no permita la descarga digital de registros.
 - h) Cualquier otra información que la UT considere pertinente, de acuerdo con las características de cada grupo generador a ensayar.
- 6.6.2. Las pruebas de consumo de calor deberán ajustarse estrictamente a lo establecido en el apéndice 1 "Norma de Procedimiento para la determinación del Consumo de Calor".
- 6.6.3. Durante las 48 horas posteriores a la finalización de cada ensayo de consumo de calor, el auditor deberá remitir a la UT la siguiente información:

- a) Fotografías de todos los puntos de medición de parámetros principales, en las que se pueda verificar el número de serie del medidor utilizado.
- b) Hojas de toma de datos debidamente completadas, debiendo constar en ellas las firmas del operador que realizó las anotaciones, el encargado de la planta y el auditor.
- c) Acta de asistencia, según el formato que se presenta en el apéndice 2 de este anexo.
- d) Descargas digitales de datos registrados durante el ensayo por los equipos de medición correspondientes, según lo requerido en el numeral 6.3 del apéndice 1 de este anexo.

6.6.4. Durante las 48 horas posteriores a la finalización de cada ensayo de consumo de calor, el PM generador deberá enviar la muestra de combustible, tomada durante la prueba según los lineamientos indicados en el numeral 6.8 del apéndice 1 de este anexo, a un laboratorio homologado, para su análisis. Una copia del certificado de análisis resultante deberá ser remitido a la UT, en cuanto se encuentre disponible.

6.6.5. Informes de auditoría

- 6.6.5.1. Una vez finalizados los ensayos de consumo de calor, el auditor, junto con toda la información, la obtenida durante el ensayo y la proporcionada por el PM generador, elaborará un Informe técnico.
- 6.6.5.2. El informe deberá incluir las funciones matemáticas de los polinomios de consumo específico de calor y consumo específico de combustible, y su representación gráfica, determinadas a partir de los registros de las mediciones efectuadas durante los ensayos y posteriores procesos de validación y cálculos de corrección necesarios.
- 6.6.5.3. En el resumen de cálculo del informe deberán consignarse todos los datos operativos obtenidos y de cálculo del consumo de calor y consumo específico de calor en al menos cinco puntos de carga

de las unidades ensayadas.

6.6.5.4. Como parte del Informe Técnico, el auditor entregará los resultados de la determinación del consumo de combustible en el arranque y la detención de la unidad.

6.6.5.5. El Informe técnico seguirá el procedimiento de revisión establecido en el numeral 6.6.8 del presente anexo.

6.6.5.6. El contenido del informe técnico deberá contemplar, al menos los siguientes aspectos:

1. Objeto de los ensayos
2. Características técnicas de los equipos
3. Descripción de los ensayos
 - 3.1 Normas y recomendaciones
 - 3.2 Metodología
 - 3.3 Parámetros a medir e instrumental de medición
 - 3.4 Puntos de ensayo
 - 3.5 Cálculo de la incertidumbre
4. Desarrollo de los ensayos

- 4.1 Ensayo del punto N° XX
 - 4.1.1 Condiciones del ensayo
 - 4.1.2 Mediciones de entrada
 - 4.1.3 Mediciones de salida
 - 4.1.4 Cálculo del consumo específico de calor
- 4.2 Cuadros resumen de cálculo de los puntos de ensayo
- 5. Polinomios de consumo específico de calor y combustible
 - 5.1 Cálculo por el método de mínimos cuadrados de los coeficientes del polinomio de consumo específico de calor.
 - 5.2 Cálculo por el método de mínimos cuadrados de los coeficientes del polinomio de consumo específico de combustible.
- 6. Anexos
 - 6.1 Protocolo de contraste del medidor de flujo de gas oil, fuel oil o gas natural
 - 6.2 Certificado de análisis del combustible
 - 6.3 Protocolo de contraste de los medidores de energía
 - 6.4 Pantallas del monitor de control de la unidad generadora o reportes de datos medidos.
 - 6.5 Curvas o factores de corrección por temperatura de aire de aspiración, por presión barométrica y por humedad ambiente y temperatura de fuente fría, en caso de que estas hayan sido utilizadas para los cálculos.
 - 6.6 Protocolo de parámetros ambientales

6.7 Gráficos de “Consumo específico de calor - Potencia Neta de salida” y su equivalente en “consumo específico de combustible de entrada (másico o volumétrico) – Potencia Neta de salida”, incluyendo hoja de cálculo de los polinomios de ambas curvas.

6.8 Planos de ubicación y conexionado unifilar, si correspondiera

6.9 Información adicional, de acuerdo con los requerimientos puntuales del auditor o de la UT.

6.6.6. En el apéndice 4 de este anexo, se presentan los procedimientos a seguir para la determinación e información de los consumos de arranque y detención, incluido la toma y bajada de carga.

6.6.7. Construcción de las curvas de Consumo Específico de Calor y Consumo Específico de Combustible.

6.6.7.1. En el apéndice 3 se detalla el proceso de la construcción gráfica y matemática de las curvas de consumo específico de calor y de consumo específico de combustible.

6.6.7.2. Como anexo al Informe Técnico, se deberán presentar los gráficos en coordenadas cartesianas de las curvas de *Consumo Específico de Calor – Potencia Neta de la Unidad Generadora* y de *Consumo Específico de Combustible – Potencia Neta de la Unidad Generadora*.

6.6.8. Procedimiento de revisión del Informe

6.6.8.1. Para la elaboración del Informe Preliminar, el auditor dispondrá de 28 días hábiles a partir de la finalización de los ensayos de consumo de calor.

6.6.8.2. El Informe Preliminar, (incluyendo las hojas de cálculo en formato editable, fórmulas, macros o programas para su validación) será entregado en formato digital a la UT, a través de los medios que

ésta establezca, y simultáneamente, una copia será entregada al PM generador contratante.

- 6.6.8.3. El PM generador, dispondrá de 5 días hábiles para analizar el Informe Preliminar y hacer las observaciones al auditor que considere pertinentes. Una copia de estas observaciones deberá remitirse a la UT.
- 6.6.8.4. Cumplido el plazo de revisión por parte del PM generador, éste dará su conformidad o expresará sus observaciones.
- 6.6.8.5. Si el PM generador no comunicara observación alguna en el plazo establecido, se dará por aceptado el Informe Preliminar por parte del PM generador y dará inicio el plazo al que se refiere el siguiente numeral.
- 6.6.8.6. La UT dispondrá de 5 días hábiles adicionales para analizar el Informe Preliminar y las observaciones del PM generador, si las hubiere, y podrá realizar observaciones, requerir aclaraciones o información complementaria al auditor para su aprobación definitiva.
- 6.6.8.7. El auditor dispondrá de 5 días hábiles para realizar las adecuaciones pertinentes conforme a lo observado. La UT dará su visto bueno cuando las observaciones sean subsanadas a su entera satisfacción en cuanto al procedimiento ejecutado conforme al presente anexo.
- 6.6.8.8. Si para obtener el visto bueno al que se refiere el numeral anterior, se requiere que el auditor realice adecuaciones adicionales, podrán extenderse los plazos establecidos en los numerales

- 6.6.8.6 y 6.6.8.7 a criterio de la UT y según las particularidades de cada informe.
- 6.6.8.9. Luego de obtener el visto bueno correspondiente, el auditor remitirá a la UT el informe final en formato digital, a través de los medios que ésta establezca.
- 6.6.8.10. Cuando la UT reciba el informe final, se encargará de remitir a la SIGET, una copia del mismo en formato digital.
- 6.6.8.11. En caso de existir objeciones por parte del PM generador al Informe Final, prevalecerá la opinión del auditor. No obstante, el PM generador podrá solicitar una nueva auditoría, quedando como válidos y en forma transitoria los valores obtenidos en la primera.
- 6.6.8.12. Las curvas de consumo específico de calor y de consumo específico de combustible consignadas, serán válidas cuando la UT apruebe el Informe Final. Posteriormente, la UT calculará el consumo específico a utilizar en la programación de la operación, y lo validará en coordinación con el PM generador. Una vez validado, entrará en vigor en la siguiente ejecución de la programación semanal..
- 6.6.9. Modelo de acta de certificación de ensayos de consumo de calor
- 6.6.9.1. En el apéndice 2 se presenta el modelo de acta que será elaborada por el auditor, firmada por un representante designado del PM generador y uno de la UT.
- 6.6.9.2. El acta original será parte del Informe Final de la auditoría a ser remitido a la UT.
- 6.6.10. Información complementaria a consignar en el acta
- 6.6.10.1. El auditor deberá verificar e informar a la UT los siguientes parámetros técnicos indicando el soporte técnico respectivo, en el formato de acta, cuyo modelo se presenta en el apéndice 4:
- a) Rampa de arranque y toma de carga
 - b) Rampa de descenso de carga

7. Apéndices y Normas de Referencia

7.1. Los apéndices que respaldan este anexo son los siguientes:

- Apéndice 1. Norma de procedimiento para la determinación del consumo de calor
- Apéndice 2. Modelos de actas y formatos de auditorías
- Apéndice 3. Determinación de los polinomios de consumo específico de calor y consumo específico de combustible
- Apéndice 4. Procedimiento para la determinación del consumo de combustible en el arranque y detención

7.2. Las metodologías indicadas en los apéndices están basadas en las siguientes normas técnicas internacionales:

- Norma API “ Manual of Petroleum Measurement Standards”
- Norma ASME PTC 4.4 “Gas Turbine Heat Recovery Steam Generators”
- Norma ASME PTC 6 “Performance Test Code 6 on Steam Turbines”
- Norma ASME PTC 6.1 “Interim Test Code for an Alternative Procedure for Testing Steam Turbines”
- Norma ASME PTC 6-R “Guidance for Evaluation of Measurement Uncertainty in Performance Test of Steam Turbines”
- Norma ASME PTC 17 “Reciprocating Internal-Combustion Engines”
- Norma ASME PTC 19.1 “Test Uncertainty”
- Norma ASME PTC 22 “Performance Test Code on Gas Turbines”
- Norma ASME PTC 46 “Performance Test Code on Overall Plant Performance”

- Norma IRAM IAP A 6902 Petróleo y productos del petróleo. Métodos manuales de determinación del contenido de tanques.
- Norma ISO 2314 “Gas Turbines - Acceptance Test”
- Normas API - ASTM para la determinación de PCI, PCS, densidad y componentes de Productos de Petróleo.
- Normas ISO para ensayos de motores de combustión interna
- Norma ISO 13443:1996 “Natural gas – Standard reference conditions”
- Normas AGA 3, AGA 7, AGA NX 19, para la medición de gas natural.
- “Guía para la expresión de las incertidumbres de medida” del Comité Internacional de Pesos y medidas (CIPM) y el Bureau Internacional de Pesos y Medidas (BIPM).

APÉNDICE 1- NORMA DE PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONSUMO DE CALOR

1. Objeto

- 1.1. Este procedimiento establece las bases para la realización del ensayo de desempeño en unidades de generación térmicas, con el objeto de determinar su consumo de calor correspondiente a cinco o más puntos de carga, incluidos el mínimo técnico y la potencia máxima.
- 1.2. Los valores obtenidos podrán ser llevados a las condiciones ambientales de referencia del ensayo, definidas en el numeral 3.1 de este apéndice, en lo que respecta a la potencia y al consumo específico de calor.

2. Alcance

- 2.1. Los tipos de unidades generadoras comprendidas en los presentes procedimientos son: grupos Turbovapor (TV), Turbogás (TG), Ciclos Combinados (CC) de cualquier potencia y grupos generadores impulsados por motores de combustión interna (MCI) de una potencia superior a 0.5 MW que participan en el Mercado Mayorista de Electricidad.
- 2.2. El alcance de estos procedimientos abarca la totalidad de las unidades que operan con combustibles no renovables en uso, así como también futuros combustibles a usar en las centrales.
- 2.3. Ensayo de consumo de calor
 - 2.3.1. El ensayo de desempeño de la potencia y el consumo de calor comprende la realización de una serie de ensayos constituidos por al menos cinco pruebas, las que incluyen la máxima carga alcanzada por la unidad en las condiciones operativas en que se encuentra, una prueba al mínimo técnico, una prueba a la potencia con aporte a la regulación primaria o secundaria de frecuencia,

según corresponda y dos o más pruebas a potencias intermedias. Todos los puntos del ensayo se realizarán sin aporte de la RPF y la RSF.

2.3.2. El mínimo técnico corresponderá al aprobado como parte de los datos técnicos declarados a la UT por el PM generador, de acuerdo con lo establecido en el anexo 3 “Información Técnica del Sistema” de este Reglamento.

3. Terminología, Unidades y Normas

3.1. Se adoptará como terminología complementaria, las denominaciones que a continuación se enuncian:

- Condiciones ambientales de referencia del ensayo: condiciones ambientales promedio en lo que respecta a presión barométrica, temperatura ambiente, humedad relativa y temperatura de fuente fría, registradas durante el ensayo por equipo de medición calibrado, con la precisión requerida en el numeral 6.10 de este apéndice.
- Consumo de calor: Es la cantidad total de calor necesaria para alcanzar una potencia determinada, expresada como producto del flujo másico de combustible y del poder calorífico inferior. Se expresa en $\text{kJ} \cdot 10^6 / \text{h}$ o Gcal/h .
- Consumo de combustible: Es la cantidad total de combustible necesaria para alcanzar una potencia determinada, expresada como la totalidad del flujo másico o volumétrico de combustible de entrada. Se expresa en tn /h , m^3/h o gal/h .
- Consumo específico de calor: Es la cantidad de energía térmica de entrada o calor de entrada, por cada unidad de energía eléctrica de salida. Se expresa en kJ/kWh , kcal/kWh , BTU/kWh , Gcal/MWh o sus múltiplos.
- Consumo específico de combustible: Es la cantidad volumétrica o másica de combustible de entrada, requerida por cada unidad de energía eléctrica de salida. Se expresa en tn/MWh , Sm^3/MWh o gal/MWh .

- Consumo específico de calor corregido: Es el consumo específico de calor obtenido a las condiciones operativas del ensayo, que se lleva a las condiciones ambientales de referencia del ensayo, definidas en esta sección.
- Factores de corrección: Son los coeficientes de ajuste de la potencia y del consumo específico de calor en función de parámetros ambientales, en comparación con los medidos durante el ensayo, que se obtienen de los gráficos o de las expresiones matemáticas suministrados por el constructor o de acuerdo con lo establecido por las Normas ISO en lo que se refiere a condiciones normales de medioambiente. Los factores de corrección pueden ser adimensionales o bien expresados en % del valor a corregir. Este procedimiento no contempla correcciones por parámetros operativos, a excepción de aquellos impuestos por el sistema en el momento de realizar los ensayos, como velocidad de giro y factor de potencia.
- Humedad relativa del ambiente: Es la relación entre la presión parcial del vapor de agua contenido en el aire a una temperatura determinada, dividida por la presión parcial del vapor contenido en el aire, si este estuviera saturado a la misma temperatura, expresado en %. Puede también ser definida como la cantidad de agua, en forma de vapor contenida en una determinada masa de aire, medida en unidades relativas. Se expresa en %. La humedad relativa puede obtenerse indirectamente con la medición de las temperaturas de aire ambiente de bulbo seco y bulbo húmedo o bien directamente con psicrómetro.
- Incertidumbre: Es el valor más probable del error en las mediciones computadas para el cálculo de los valores de potencia y consumo de calor medidos. Su determinación se hace de acuerdo con la aplicación de la norma ASME PTC 6R “Guidance for Evaluation of Measurement Uncertainty in Performance Test of Steam Turbines” y de la Norma ASME

PTC 19.1 “Test Uncertainty”. El valor numérico de la incertidumbre se expresa en $\pm\%$

- Potencia con aporte a la reserva rodante: Es la potencia alcanzada por la unidad cuando ésta aporta potencia activa al mantenimiento de las regulaciones primaria y secundaria de frecuencia de la red, según los valores establecidos en el capítulo 12 Servicios Auxiliares.
- Potencia corregida: Es la potencia medida en las condiciones operativas del ensayo, llevada a las condiciones ambientales de referencia del ensayo, definidas en esta sección. Se expresa en kW o MW.
- Potencia máxima de base: Es la potencia máxima alcanzada por la unidad en las condiciones especificadas por el constructor. Se expresa en kW o MW.
- Presión barométrica: Es la presión atmosférica del medio ambiente, medida en las inmediaciones de la unidad. Se expresa en mbar, hPa o mmHg.
- Temperatura de fuente fría: Es la temperatura del río, mar, lago para sistemas de enfriamiento de ciclo abierto; corresponde a la temperatura ambiente para sistemas de enfriamiento de circuito cerrado con torres secas o aerocondensadores y es la temperatura de bulbo húmedo del aire ambiente, para torres húmedas o denominadas simplemente torres de enfriamiento.
- Temperatura de gases de salida: Para el caso de las TG es la temperatura medida en la brida de escape del turbogrupo, tomada como promedio de las mediciones individuales correspondientes a cada termocupla o sensor instalados en el plenum de escape. Para el caso de los grupos TV es la temperatura de los gases de combustión tomada a la salida de la chimenea del generador de vapor, o inmediatamente después del sistema de precalentamiento regenerativo de aire. La unidad se expresa en °C.
- Temperatura del aire de entrada: Es la temperatura del aire ambiente

aspirada, medida en la entrada al compresor, antes del filtro de aire para el caso de las TG y de los motogeneradores de combustión interna, o de la aspirada por el ventilador de tiro forzado (VTF) de la caldera en el caso de los grupos TV. En este caso se trata de la temperatura de bulbo seco. La temperatura de bulbo húmedo (t_{bh}) se toma en el mismo emplazamiento de la temperatura de bulbo seco (t_{bs}), pero con el elemento sensor (bulbo del termómetro de Hg o extremo de la termocupla) dentro de una tela de algodón embebida en agua y expuesta a una corriente de aire. Todas las temperaturas se expresan en °C.

- Unidad, grupo, turbogruppo: Se refiere a la turbina a gas o a vapor, objeto de las pruebas, cuya marca y modelo se indicarán en los informes respectivos.
- Configuración operativa: Hace referencia a cada arreglo o grupo de arreglos con que se disponen las unidades de generación que conforman un CC para su operación.

3.2. El listado de las unidades eléctricas, mecánicas y térmicas, y la terminología de uso corriente en esta Norma de Procedimiento se presenta a continuación:

TABLA I: Magnitudes, unidades y símbolos usados

Denominación	Unidad	Símbolo
Potencia Activa	MW, kW	P_{ACT}
Potencia Reactiva	MVA _r	P_{REAC}
Factor de Potencia	Adimensional	$\text{Cos } \varphi$
Tensión	V	U
Corriente	A	I
Energía eléctrica	MWh, kWh	E
Frecuencia	Hz	F_r
Potencia de Auxiliares	MW, kW	P_{AUX}
Regulación Primaria de Frecuencia	%	RPF
Regulación Secundaria de Frecuencia	%	RSF
Potencia de pérdida	kW	P_{PERD}
Pérdida en el hierro	kW	P_{FE}

Denominación	Unidad	Símbolo
Pérdida en el cobre	kW	P_{CU}
Pérdida en el cable de salida	kW	P_{CABLE}
Resistencia	Ω	R
Tiempo	h, min, s	T_i
Número de vueltas por minuto	v^{-1}	rpm
Presión absoluta	bara	p_{ABS}
Presión relativa	barr	p_{REL}
Temperatura	$^{\circ}\text{C}$	t
Temperatura absoluta	$^{\circ}\text{K}$	T
Flujo de combustible líquido (GO, FO)	litro, m ³ , Gal	F_{GO}, F_{FO}
Masa de combustible líquido (GO, FO)	Kg, t	M_{GO}, M_{FO}
Flujo de combustible gaseoso (Normal)	Nm ³	V_{GN}
Flujo de combustible gaseoso (Standard)	Sm ³	V_{GN}
Masa de combustible gaseoso (GN)	kg	M_{GN}
Masa de combustible sólido (CM)	kg, t	M_{CM}
Poder Calorífico Superior (líquido/sólido)	kcal/kg, kJ/kg	PCS
Poder Calorífico Inferior (líquido/sólido)	kcal/kg, kJ/kg	PCI
Poder Calorífico Superior (gas)	kcal/m ³ , kJ/m ³	PCS
Poder Calorífico Inferior (gas)	kcal/m ³ , kJ/m ³	PCI
Densidad	kg/m ³	δ
Densidad relativa (Gravedad específica)	adimensional	G_{ESP}
Calor de Entrada	Gcal, GJ, MMBTU	Q_{ENTR}
Consumo específico de calor	kcal/kWh, kJ/kWh, BTU/kWh	C_{ESP CALOR}
Consumo específico de combustible	kg/kWh, m ³ /kWh, Gal/kWh	C_{ESP COMB}
Consumo de calor horario	Gcal/h, GJ/h	Q_h
Presión barométrica	Bar, mbar	p_{bar}
Temperatura ambiente	$^{\circ}\text{C}$	t_{amb}
Humedad relativa	%	Hu
Factor de corrección	adimensional	F_{CORR}
Exceso de aire	%	ϵ_{AIRE}
Coeficiente de exceso de aire	adimensional	λ
Incertidumbre de la medición	%	ζ, I
Eficiencia térmica	%	ϵ

3.3. Las abreviaturas siguientes serán empleadas:

- AP: Alta Presión
- BP: Baja Presión
- CC: Ciclo Combinado
- CI: Combustión Interna
- GO: Gas Oil
- MCI: Motogenerador de Combustión Interna
- MP: Media Presión
- RPF: Reserva Primaria de Frecuencia
- RSF: Reserva Secundaria de Frecuencia
- TG: Turbogás
- TV: Turbovapor

4. Normas y Documentación de Referencia

4.1. A efectos de unificar los procedimientos de certificación del consumo de calor en diferentes estados de carga, los ensayos deberán referirse, en el aspecto que corresponda, a las normas internacionales indicadas en el numeral 7.2 del presente anexo y podrán apoyarse en la siguiente documentación:

- Manual de Operación y Mantenimiento de las unidades.
- Informes producidos por las empresas de mantenimiento vinculados con la operación y el estado de las unidades.
- Pruebas y ensayos anteriores realizados sobre la unidad.
- Publicaciones de los diferentes constructores, vinculadas con la verificación del estado operativo de unidades de generación y recuperación de la potencia y de los niveles de eficiencia. Curvas de envejecimiento, pérdida

de potencia y eficiencia y su recuperación parcial mediante los mantenimientos programados.

- 4.2. Podrán seguirse las recomendaciones de otras Normas (ISO, DIN, NF), siempre que sean compatibles con las mencionadas en el numeral 7.2 del presente anexo.

5. Metodología y Criterios de Aplicación

5.1. Condiciones del ensayo

- 5.1.1. Las condiciones necesarias para proceder al inicio de los ensayos, destinados a la determinación del consumo de calor en diferentes regímenes de carga de una unidad de generación térmica, responden a recomendaciones de las Normas Internacionales aplicables a ensayos de recepción de máquinas térmicas.

5.2. Unidades Turbogás

- 5.2.1. Las pruebas deben realizarse en condiciones operativas aceptables, por lo que, si existe un mantenimiento mayor próximo a la fecha de la realización de la auditoría, el ensayo se pospondrá hasta la finalización del mantenimiento y la auditoría será realizada inmediatamente después de la puesta en servicio de la unidad.
- 5.2.2. Los sistemas de enfriamiento de aire de aspiración, para las unidades TG que los posean, deberán estar fuera de servicio durante las pruebas, dado que pueden introducir distorsiones importantes en la determinación de la temperatura de aspiración del compresor, según ASME PTC 46 o su equivalente.
- 5.2.3. En el caso de unidades TG que operen con diferentes tipos de combustibles, los ensayos deberán repetirse con cada uno de ellos.

5.3. Unidades Turbovapor

- 5.3.1. Las pruebas deben realizarse en condiciones operativas aceptables, por lo que, si existe un mantenimiento mayor en la caldera, turbina o en cualquier componente principal del ciclo térmico próximo a la fecha de la realización de la auditoría, el ensayo se pospondrá hasta la finalización del mantenimiento y la auditoría será realizada inmediatamente después de la puesta en servicio de la unidad.
- 5.3.2. Las válvulas de purgas y drenajes de la caldera y de los componentes principales del ciclo térmico, permanecerán cerradas durante el ensayo.
- 5.3.3. Los ensayos realizados a potencias intermedias entre la potencia máxima y el mínimo técnico, incluido éste, deberán ubicarse de tal forma que dichas cargas no coincidan con puntos de apertura de válvulas parcializadoras (caso de turbinas con admisión multiválvulas).
- 5.3.4. En el caso de calderas que operen con diferentes tipos de combustibles, los ensayos deberán repetirse con cada uno de ellos.
- 5.3.5. La regulación del conjunto caldera-turbina deberá permanecer en automático durante el ensayo, permitiéndose solamente ajustar la potencia manualmente a fin de mantener la carga de la unidad en el valor de consigna. En el caso que el sistema de regulación no esté operable al momento del ensayo, la regulación podrá realizarse en forma manual manteniendo constantes los parámetros de potencia, flujo y calidad de vapor, de acuerdo con el numeral 7.3.1.5 del apéndice 1.
- 5.3.6. Durante el ensayo se mantendrán lo más constante posible los niveles del pozo caliente del condensador y del tanque de agua de alimentación del condensado.

5.4. Motogeneradores de Combustión Interna

5.4.1. Condiciones generales

- 5.4.1.1. Con anterioridad al ensayo, deberá realizarse un control de instrumentos y del sistema de alimentación y filtrado de combustible, inyectores y sistema de filtrado de aire.

5.4.1.2. Las condiciones operativas durante el ensayo, deberán situarse, en lo posible, dentro del entorno de lo recomendado por el constructor.

5.4.2. Condiciones particulares

5.4.2.1. Para plantas o grupos generadores conformados por varios motogeneradores de iguales características técnicas, deberá seleccionarse una muestra de unidades a ensayar. Las mediciones obtenidas para los motogeneradores seleccionados, luego de ser corregidas a criterio del auditor y según lo detallado en el numeral 8 de este apéndice, serán promediadas en cada punto de ensayo.

5.4.2.2. A partir de los valores promedio, se construirá una sola curva de consumo específico de calor, que será representativa para la totalidad de motogeneradores de la planta o grupo generador.

5.4.2.3. Los ensayos de los motogeneradores pertenecientes a un mismo grupo, deberán realizarse secuencialmente, en días consecutivos no interrumpidos, preferentemente en el mismo período de tiempo horario, con el objetivo de disminuir la posible afectación de condiciones externas sobre la dispersión de resultados.

5.4.2.4. Ante la ocurrencia de imprevistos que obliguen a suspender una de las pruebas, el auditor deberá presentar a la UT la debida justificación. Además, el PM generador deberá coordinar con la UT la nueva fecha de ejecución de la prueba pendiente, en un lapso no mayor a un día hábil luego de ocurrida la suspensión. El plazo máximo para la ejecución de la nueva prueba será de dos semanas contadas a partir del día de su suspensión. En caso de no cumplirse el plazo antes indicado, deberá reiniciarse el proceso de auditoría detallado en este anexo.

5.4.3. Selección de unidades a ensayar para centrales de hasta 10 unidades de características similares

5.4.3.1. Se seleccionarán dos (2) motogeneradores al azar y se ensayarán

primeramente sólo estos dos.

- 5.4.3.2. Para cada punto de carga, se determinará la desviación entre la potencia neta y consumo específico de calor de cada motogenerador ensayado y el promedio del conjunto. Si esta diferencia resultare inferior o igual al 3% en todos los puntos de carga , se darán por concluidos los ensayos.
 - 5.4.3.3. Los valores medios de potencia y consumo específico de calor así determinados serán válidos para la totalidad de motogeneradores del emplazamiento correspondiente.
 - 5.4.3.4. Si la diferencia de los valores obtenidos de alguno o de los dos parámetros de referencia (potencia neta y/o consumo específico de calor) en cualquiera de los puntos de carga, resulta superior al 3% del promedio de las unidades ensayadas, se procederá a ensayar un tercer motogenerador elegido al azar.
 - 5.4.3.5. Si para todos los puntos de carga, la diferencia de potencia neta y/o de consumo específico de calor entre los tres motogeneradores ensayados resultare inferior o igual al 3% del promedio, se darán por concluidos los ensayos.
 - 5.4.3.6. De obtenerse una diferencia superior al 3% entre los valores de potencia neta y/o consumo específico de calor entre las tres unidades ensayadas, se procederá a ensayar la totalidad de las unidades. En este caso se adoptarán como válidos para cada unidad el promedio de potencia y consumo específico de calor de la totalidad de las unidades. Por otra parte, de despacharse cada unidad generadora individualmente, se adoptarán para cada una de ellas sus propios valores.
 - 5.4.3.7. En todos los casos, tanto la potencia como el consumo específico de calor no serán corregidas, salvo lo especificado en el numeral 8 de este apéndice.
- 5.4.4. Selección de unidades a ensayar para centrales de más de 10 unidades y

hasta 20 unidades de características similares

- 5.4.4.1. Se seleccionarán cuatro (4) motogeneradores al azar y se ensayarán primeramente sólo estos cuatro.
 - 5.4.4.2. Para cada punto de carga, se determinará la desviación entre la potencia neta y consumo específico de calor de cada motogenerador ensayado y el promedio del conjunto. Si para todos los puntos de carga, esta diferencia resultare inferior o igual al 3% del promedio de valores obtenidos, se darán por concluidos los ensayos.
 - 5.4.4.3. Los valores medios de potencia y consumo específico de calor así determinados serán válidos para la totalidad de motogeneradores del emplazamiento correspondiente.
 - 5.4.4.4. Si la diferencia de los valores obtenidos de alguno o de los dos parámetros de referencia (potencia neta y/o consumo específico de calor) en cualquiera de los puntos de carga, resulta superior al 3%, se procederá a ensayar dos motogeneradores más, elegidos al azar.
 - 5.4.4.5. Si la diferencia de potencia neta y/o de consumo específico de calor entre los seis motogeneradores ensayados, en todos los puntos de carga, resultare inferior o igual al 3% del promedio, se darán por concluidos los ensayos.
 - 5.4.4.6. De obtenerse una diferencia superior al 3% entre los valores de potencia neta y/o consumo específico de calor, se procederá a ensayar cuatro unidades más, seleccionadas al azar y se promediarán los valores así obtenidos entre los diez motogeneradores seleccionados.
 - 5.4.4.7. Si la diferencia en cualquiera de los puntos de carga ensayados supera el 5%, se ensayará la totalidad de las unidades. En este caso se adoptarán como válidos para cada unidad el promedio de potencia y consumo específico de calor de la totalidad de las unidades. Por otra parte, de despacharse cada unidad generadora individualmente, se adoptarán para cada una de ellas sus propios valores.
- 5.4.5. Selección de unidades a ensayar para centrales de más de 20 unidades de

características similares

- 5.4.5.1. Se seleccionarán cinco (5) motogeneradores al azar y se ensayarán primeramente sólo estos cinco.
- 5.4.5.2. Para cada punto de carga, se determinará la desviación entre la potencia neta y consumo específico de calor de cada motogenerador ensayado y el promedio del conjunto. Si para todos los puntos de carga, esta diferencia resultare inferior o igual al 3% del promedio de valores obtenidos, se darán por concluidos los ensayos.
- 5.4.5.3. Los valores medios de potencia y consumo específico de calor así determinados serán válidos para la totalidad de los motogeneradores del emplazamiento correspondiente.
- 5.4.5.4. Si la diferencia de los valores obtenidos, de alguno o de los dos parámetros de referencia (potencia neta y/o consumo específico de calor) en cualquiera de los puntos de carga, resulta superior al 3%, se procederá a ensayar dos motogeneradores más, elegidos al azar
- 5.4.5.5. En el caso que la diferencia de potencia neta medida y/o de consumo específico de calor entre los siete motogeneradores ensayados, en todos los puntos de carga, resulte inferior o igual al 3% del promedio, se darán por concluidos los ensayos.
- 5.4.5.6. De obtenerse una diferencia superior al 3% entre los valores de potencia neta y consumo específico de calor, se procederá a ensayar cuatro unidades más, seleccionadas al azar y se promediarán los valores de los once motogeneradores así obtenidos.
- 5.4.5.7. Si la diferencia en cualquiera de los puntos de carga ensayados supera el 5%, se ensayará la totalidad de las unidades. En este caso se adoptarán como válidos para cada unidad el promedio de potencia y consumo específico de calor de la totalidad de las unidades. Por otra parte, de despacharse cada unidad generadora individualmente, se adoptarán para cada una de ellas sus propios valores.
- 5.4.5.8. En todos los casos, tanto la potencia como el consumo específico de calor

no serán corregidas, salvo lo especificado en el numeral 8 de este apéndice.

5.4.6. Centrales con unidades de potencia y características diferentes

5.4.6.1. Se ensayará la totalidad de las unidades.

5.4.6.2. Los valores individuales de potencia y consumo específico de calor así determinados serán válidos para cada uno de los motogeneradores del emplazamiento correspondiente. Dichos motogeneradores serán despachados de manera individual.

5.4.6.3. En todos los casos, tanto la potencia como el consumo específico de calor no serán corregidas, salvo lo especificado en el numeral 8 de este apéndice.

5.5. Plantas Operando en Ciclo Combinado

5.5.1. En esta sección se detallan consideraciones particulares para las pruebas de las configuraciones operativas de plantas operando en Ciclo Combinado. El consumo de calor de las unidades del ciclo térmico principal operando en Ciclo Simple, se determinará de acuerdo con lo establecido para la tecnología correspondiente, en las secciones anteriores de este apéndice.

5.5.2. Condiciones particulares

5.5.2.1. Para las centrales operando en Ciclo Combinado se realizarán tantos ensayos de consumo de calor como configuraciones operativas tenga la planta.

5.5.2.2. A las plantas de ciclo combinado cuyo ciclo térmico principal esté constituido por varios motogeneradores de iguales características, les corresponderá una única configuración operativa de ciclo combinado.

5.5.2.3. Para cada configuración operativa se ensayarán al menos seis puntos de carga, que deberán incluir la potencia máxima alcanzada, el mínimo técnico, una prueba a la potencia con aporte a la regulación primaria o secundaria de frecuencia, y al menos tres o más puntos de carga entre esta última y la carga media de la configuración operativa ensayada.

- 5.5.2.4. Para cada configuración operativa, el auditor deberá incluir en el cronograma de cargas a que se refiere el numeral 10.1.5 de este apéndice, el detalle de las unidades que se encontrarán en servicio en cada punto a ensayar.
 - 5.5.2.5. Para plantas operando en Ciclo Combinado, será de interés la relación de potencia del ciclo térmico principal y el ciclo de recuperación de calor en cada punto ensayado, por lo que ambas potencias deberán medirse con instrumental calibrado según lo requerido en el numeral 6.6 de este apéndice, y consignarse en el acta correspondiente a la configuración operativa.
- 5.5.3. Condiciones operativas durante la prueba
- 5.5.3.1. Para los ensayos de plantas operando en Ciclo Combinado, se incluyen todas las consideraciones operativas hechas en las secciones anteriores para la tecnología de las unidades que conforman el ciclo térmico principal y el ciclo de recuperación de calor.
 - 5.5.3.2. Debe buscarse que la planta opere lo más cercana posible a las condiciones nominales cuando se trate de ajustar los parámetros operativos controlables (por ej. presiones, temperaturas, flujos, parámetros eléctricos). En lo que respecta a las condiciones ambientales, el auditor podrá aplicar lo dispuesto en el numeral 8 de este apéndice.
 - 5.5.3.3. Las calderas de recuperación de calor (HRSG, por sus siglas en inglés) operarán, en el caso del ensayo a la potencia máxima de Ciclo Combinado, a su capacidad de evaporación nominal, estando todas sus purgas y aportes de agua de reposición cerrada.
 - 5.5.3.4. Para los sistemas de vapor con domos, los niveles de AP, MP y BP (los que aplique al tipo de tecnología), se mantendrán durante los ensayos lo más cercano posible a sus valores nominales.

6. Mediciones e Instrumental Requerido

- 6.1. Las mediciones principales requeridas para la verificación de los valores de potencia, consumo de calor a declarar y sus correspondientes correcciones, serán realizadas con instrumental de precisión calibrado, el que podrá ser parte del equipamiento a ensayar o ser montado especialmente para la auditoría:
- a) Potencia activa, bruta y neta
 - b) Flujo de combustible (volumen o masa)
 - c) Parámetros atmosféricos
 - d) Temperatura de fuente fría.
- 6.2. Además de las mediciones principales, se realizarán mediciones complementarias con el instrumental de operación permanente del grupo o unidad a auditar, el que será contrastado y eventualmente calibrado, con anterioridad a los ensayos. El auditor elaborará un listado de mediciones complementarias.
- 6.3. Todos los datos de las variables o parámetros medidos durante el ensayo, que se utilicen como insumo para la elaboración del informe técnico, deberán provenir de descargas digitales de los medidores correspondientes. Únicamente cuando las características de alguno de los equipos de medición no permitan la descarga digital de registros, el auditor deberá proponer a la UT una metodología complementaria para la toma de mediciones, que asegure la integridad de los datos a ser considerados para los cálculos.
- 6.4. Las mediciones de temperaturas serán realizadas con las termocuplas o termo-resistencias instaladas en la unidad a auditar, de acuerdo con la norma ASME PTC 19.3. Los valores de temperaturas durante el ensayo, se tomarán cada 5 minutos, pudiéndose hacer uso del sistema de adquisición de datos de

la unidad.

6.5. Las mediciones de presión serán obtenidas mediante los transductores existentes, utilizados para la operación rutinaria de la unidad. Su lectura se realizará cada 5 minutos.

6.6. Energía eléctrica y/o potencia eléctrica

6.6.1. La medición de energía eléctrica y/o potencia activa será realizada con medidor integrador de energía eléctrica de estado sólido o transductor de parámetros eléctricos de precisión clase 0.2 o mejor. El medidor de energía eléctrica deberá ser verificado y calibrado, como mínimo cada 24 meses.

6.6.2. Los transformadores de tensión y de corriente deberán ser precisión clase 0.5 o mejor.

6.6.3. Los transformadores de corriente y de tensión a ser utilizados deberán haber sido calibrados en fábrica, antes de su montaje en su emplazamiento definitivo y presentar protocolo de calibración, en caso de estar disponible.

6.6.4. En todos los ensayos la medición de energía y/o potencia eléctrica se refiere a las mediciones después del transformador de potencia (neta).

6.7. Flujo de gas natural

6.7.1. El flujo de gas natural será medido y totalizado con el equipo instalado en la unidad, previa calibración de los sensores primarios de temperatura, presión y presión diferencial, la que deberá efectuarse cada 24 meses por el fabricante del equipo o por un Laboratorio de medición.

6.7.2. En el caso de medidores de flujo de gas natural con placa orificio o tobera de caudal, previo a cada ensayo se realizará un control dimensional de los mismos, verificándose además el estado de los bordes del orificio.

6.7.3. En caso de que el equipo de medición de gas natural sea del tipo a turbina, vortex, coriolis o ultrasónico, el conjunto deberá ser calibrado al menos cada 5 años.

6.7.4. El procedimiento de medición y el cálculo se realizará de acuerdo con la Norma AGA en la versión que corresponda al tipo de medidor empleado.

6.7.5. Las condiciones estándar a utilizar para la medición y cálculos del gas natural deberán apearse a lo indicado en la Norma ISO 13443, en su versión más reciente.

6.7.6. Análisis del gas natural

6.7.6.1. Extracción de muestras en el lugar

6.7.6.1.1. Se extraerán dos (2) muestras del fluido durante las pruebas. Una de ellas será enviada para su análisis a un Laboratorio, la segunda muestra quedará en poder del PM generador como respaldo.

6.7.6.2. Como alternativa, si la entrega del GN, por parte del proveedor de combustible al PM generador, se realiza directamente mediante gaseoductos, podrá solicitarse a la Compañía proveedora de gas natural el análisis cromatográfico de calidad de gas correspondiente a la fecha del ensayo, donde constarán el PCS (Poder Calorífico Superior), PCI (Poder Calorífico Inferior), gravedad específica y composición molar. En este caso no es necesaria la toma de las muestras de gas natural. Lo anterior no es aplicable si el proveedor suministra al PM partidas de Gas Natural Licuado (GNL).

6.7.6.3. Asimismo, para el análisis del gas natural se podrá utilizar el cromatógrafo de operación permanente de la planta, instalado en la red de gas que alimenta a la unidad generadora, siempre que, a la fecha de realización de la prueba, se cuente con un certificado de calibración vigente y emitido por una empresa especializada.

6.8. Flujo de combustible líquido

6.8.1. En todo caso, la validación del método para calcular el flujo de combustible líquido será responsabilidad del auditor y dicho método quedará reflejado en el informe técnico.

6.8.2. Fuel-Oil

6.8.2.1. La medición del flujo de Fuel Oil podrá realizarse por tanque calibrado o por caudalímetro volumétrico o másico.

6.8.2.1.1. Medición por tanque calibrado

6.8.2.1.1.1. Para la medición por tanque es recomendable que la misma se realice sobre el tanque de uso diario, el que será calibrado de acuerdo con lo establecido por la Norma IRAM- IAP a 6902 o bien por la publicación API: "Manual of Petroleum Management Standard", respecto a la medición y calibración de tanques cilíndricos verticales.

6.8.2.1.1.2. En todos los casos se exigirá la presentación del certificado de calibración, la que deberá ser realizada por un Organismo homologado o por el fabricante del tanque.

6.8.2.1.1.3. La antigüedad máxima admisible del certificado de calibración de los tanques es de 10 años, salvo que el auditor observe deformaciones o asentamientos asimétricos en el tanque.

6.8.2.1.2. Medición por caudalímetro

6.8.2.1.2.1. Para la medición de flujo de Fuel Oil con caudalímetro integrador podrá realizarse con equipo volumétrico, del tipo a turbina, de ruedas dentadas ovals o similares o bien con equipo de medición másico, del tipo "Coriolis", ultrasónico o similar. La precisión deberá ser clase 0.5 o mejor.

6.8.2.1.2.2. El contraste y calibración de los equipos de medición es responsabilidad del PM generador, en el caso que el medidor forme parte de la instalación, y aprobada por el auditor.

6.8.2.1.2.3. Si el medidor de flujo, del tipo portátil, es aportado por el auditor, el mismo deberá cumplir con la clase exigida para el medidor

fijo. En este caso la calibración del instrumento es responsabilidad del auditor

6.8.3. Gas-Oil

- 6.8.3.1. La medición del consumo puede realizarse por tanque calibrado, o bien con caudalímetro del tipo de desplazamiento positivo (ruedas dentadas ovaladas), o másico del tipo Coriolis, ambos de clase 0.5 o mejor, midiéndose también el flujo de combustible de retorno.
 - 6.8.3.2. El contraste y calibración de los equipos de medición fijos deberá ser responsabilidad del PM generador y aprobada por el auditor. Si el equipo de medición portátil es suministrado por el auditor, la calibración es responsabilidad de éste.
 - 6.8.3.3. Para el caso de motogeneradores de una potencia inferior a 5 MW, se puede medir el flujo másico de combustible mediante un recipiente de alrededor de 1500 litros de capacidad suspendido de una balanza electrónica de capacidad acorde a la masa a medir. Este tipo de balanzas tiene una resolución de 0.2 kg y una linealidad de 0.2 %. La provisión y calibración de este instrumento es responsabilidad del auditor.
- 6.8.4. Para el análisis de FO y GO, se extraerán 2 muestras de un litro, cada una durante la prueba, recomendándose el muestreo por goteo, para el caso del Fuel Oil, durante el tiempo que demanden las pruebas. El combustible deberá provenir de un solo tanque o ser de una sola partida. Se tomará una muestra para analizar en un Laboratorio homologado y otra de respaldo, que quedará en poder del PM generador.
- 6.8.4.1. Las muestras de combustible tomadas deben ser homogéneas y representativas. La toma de estas debe realizarse apropiadamente en el punto que se requiere, y su manejo y traslado debe seguir el procedimiento específico estandarizado para tal fin, para evitar su alteración.
 - 6.8.4.2. El recipiente a utilizar para la recolección de la muestra deberá estar limpio y sin contaminantes para garantizar la integridad de la muestra. Los tipos de

recipientes, rotulación y protección contra contaminación en el traslado hacia el laboratorio, debe cumplir con los estándares críticos para preservar las propiedades del producto.

6.8.4.3. Ante resultados anómalos o no representativos en el análisis de la muestra de combustible, deberán repetirse en su totalidad los ensayos de consumo de calor de la máquina correspondiente.

6.9. Masa de carbón mineral

6.9.1. El consumo de carbón se mide por medio de un Sistema de pesaje continuo integrado por balanzas de cinta que alimentan a cada uno de los molinos.

6.9.2. El carbón pasa por la cinta y su peso es captado por una celda de carga, la que juntamente con un emisor de pulsos de velocidad envían las señales a un computador analógico-digital que procesa la información traduciendo los pulsos en valores de toneladas acumuladas.

6.9.3. Para proceder a la calibración de la balanza, previo al ensayo, se realizan las verificaciones de todas las variables y se calculan los nuevos factores de calibración, los que deberán ser cargados al computador de cada balanza. La calibración de la balanza de carbón es responsabilidad del PM generador.

6.9.4. Análisis del carbón mineral

6.9.4.1. La toma de muestra se realizará por “cuarteo”, es decir extrayendo varias muestras durante el ensayo (de cuatro a seis muestras de 8 a 10 kg cada una). Se las mezcla, a fin de obtener un producto lo más homogéneo posible y se la divide en cuatro cantidades iguales en peso. De esas cuatro muestras se extrae una y se la divide nuevamente en cuatro y así sucesivamente hasta que queden dos muestras de aproximadamente 1 kg de peso cada una. Una de ellas se envía a un Laboratorio para su análisis, la otra queda en poder del PM generador como respaldo.

6.9.4.2. Características físico-químicas del carbón a determinar

Valores de la muestra “Tal cual” o “Como recibido”:

Poder Calorífico Neto :kcal/kg
 Agua : %
 Cenizas : %
 Volátiles : %
 Azufre : %

6.10. Para aplicar las correcciones a que se refiere el numeral 8 de este apéndice, los parámetros atmosféricos deberán ser medidos con equipo calibrado, que cumpla con lo requerido para parámetros principales, por la norma ASME PTC-46:

Parámetro	Incertidumbre
Presión atmosférica	±0.1%
Temperatura ambiente	±0.28°C (0.5°F)
Humedad relativa	±2%
Temperatura de bulbo húmedo	±0.39°C (0.7°F) ±2%

6.11. El tiempo en cada ensayo se medirá con cronómetro, analógico o digital, con precisión de al menos 1/10 segundos.

6.12. Para el ensayo podrá utilizarse el Sistema de Adquisición de Datos complementarios para variables térmicas, mecánicas y eléctricas instalado en las unidades, registrando las magnitudes que interesen a intervalos de 1 a 5 minutos.

7. Procedimiento de Ensayo

7.1. Consideraciones generales

7.1.1. El procedimiento consiste en establecer la relación entre la energía de entrada aportada por la masa de combustible multiplicada por su poder calorífico y la energía eléctrica de salida, tanto en bornes del alternador (energía bruta) como en barras de la central (energía neta).

7.1.2. A partir de esta relación puede calcularse el consumo específico de calor y el consumo específico de combustible, y obtenerse el polinomio que representa el Modelo Matemático de la unidad en todo el rango de potencia.

7.2. Elección de las cargas

7.2.1. El ensayo de Consumo de Calor comprende al menos cinco estados de carga:

- a) Potencia máxima.
- b) Potencia correspondiente a la carga de mínimo técnico.
- c) Potencia máxima, descontando los aportes a RPF y RSF
- d) Dos o más cargas intermedias.

En caso de ensayos a plantas operando en Ciclo Combinado, aplicará lo indicado en el numeral 5.5.2.3 de este apéndice.

7.2.2. Las pruebas pueden realizarse siguiendo una rampa ascendente de carga o a la inversa. Específicamente, para las pruebas de motogeneradores pertenecientes al mismo grupo generador, la elección de las rampas de carga debe ser tal que minimice la diferencia de la temperatura ambiente en cada punto de carga, para los diferentes motogeneradores ensayados.

7.3. Estabilidad de parámetros

7.3.1. Unidades Turbovapor y Ciclos Combinados

- 7.3.1.1. Son de aplicación las recomendaciones de la norma ASME PTC 6, para unidades TV.
- 7.3.1.2. Deberán verificarse las condiciones de estabilidad térmica en los equipos principales (caldera, turbina y ciclo térmico), y en los equipos auxiliares. En estas unidades, el tiempo de estabilización depende también del tiempo en que la unidad haya permanecido fuera de servicio, es decir si el conjunto caldera-turbina a vapor está en la condición de: “caliente”, “semi-caliente” o “frío”. En estos casos deberá respetarse, en cuanto a tiempos de arranque y estabilización térmica, lo recomendado por el constructor de la unidad.
- 7.3.1.3. Para ciclos Combinados es de aplicación la norma ASME PTC 46.
- 7.3.1.4. Durante las pruebas deberán permanecer cerradas todas las purgas y drenajes y controlarse las pérdidas de calor al medio.
- 7.3.1.5. La diferencia admisible entre el valor medio de las pruebas y el valor medido será acorde a la tabla siguiente:

TABLA II: Diferencia admisible entre el valor medio de las pruebas y el valor medido

Magnitud Considerada	Unidad	Diferencia admisible
Potencia Eléctrica	MW	± 3 %
Tensión de generación	kV	± 2 %
Factor de Potencia	adimensional	± 5 %
Presión de vapor vivo	Bar	± 3 %
Temperatura de vapor vivo	° C	± 5 °C
Temperatura de vapor recalentado	° C	± 5 °C
Presión de escape	mmHg	± 2 mmHg
Temperatura de agua de alimentación	° C	± 10 °C
Temperatura de entrada de agua de circulación	° C	± 3 °C
Flujo de agua de circulación	m ³ /h	± 5%

- 7.3.2. Si durante el ensayo algún parámetro de los listados en la Tabla II, presentara diferencias superiores a las admitidas, deberá comenzarse la

prueba nuevamente, verificándose la causa del desvío, salvo que el auditor, a su criterio, estime que el desvío observado no influirá en el resultado final.

7.3.3. Para las Unidades Turbogas operando en ciclo abierto es de aplicación la norma ASME PTC 22

7.3.4. Para las Unidades Turbogas operando con calderas de recuperación es de aplicación la norma ASME PTC 4.4

7.4. Tiempos de ensayo

7.4.1. En todas las unidades de generación térmica, previo a cada ensayo de potencia y consumo de calor, cada unidad deberá estar estabilizada térmicamente.

7.4.2. Tanto el tiempo de estabilización como el del ensayo propiamente dicho estarán de acuerdo con la Norma específica para cada tipo de unidad. Asimismo, se recomiendan como referencia, los tiempos que se detallan en la Tabla siguiente:

TABLA III: Tiempos de estabilización y de ensayo

Tipo de Unidad	Tiempo de estabilización (*)	Duración del ensayo (**)
Turbogas	40 min.	Máximo 30 min.
Caldera –Turbovapor	Mínimo 60 min.	Mínimo 120 min.
Ciclo Combinado(***)	Mínimo 60 min.	Mínimo 120 min.
Motogenerador de Combustión Interna	15 min.	30 min.

(*) Tiempos referenciales, que pueden ser modificados a criterio del auditor. Con respecto al tiempo de estabilización, este generalmente se logra cuando las temperaturas permanecen constantes durante tres lecturas consecutivas a intervalos de 5 minutos.

(**) La duración de los ensayos podrá alargarse a criterio del auditor salvo en caso

de las TG, en beneficio de lograr una menor incertidumbre en la medición volumétrica del combustible.

(***) Específicamente para ciclos combinados cuyo ciclo térmico principal está compuesto por MCI, la duración del ensayo listada es referencial y podrá ser modificada a criterio del auditor, debiendo siempre asegurar que los resultados sean representativos.

8. Correcciones a la Potencia y al Consumo Específico de Calor

8.1. La potencia bruta y consumo específico de calor determinados en la prueba correspondiente, pueden ser corregidos a fin de llevar todos los puntos medidos a las condiciones ambientales de referencia del ensayo, definidas en el numeral 3.1 de este apéndice. Para ello se hace uso de las curvas o ecuaciones de corrección provistas por el constructor. En caso de no disponerse las curvas originales de la unidad, el auditor podrá utilizar curvas de unidades similares (misma marca, potencia y tipo de máquina).

8.1.1. Los factores de corrección a la potencia y consumo específico de calor deberán aplicarse sobre cada dato medido, y no sobre promedios de mediciones del mismo punto de carga.

8.1.2. El proceso de corrección de las mediciones de potencia y consumo específico de calor involucra dos etapas. La primera es llevar los datos medidos a las condiciones base contempladas en las curvas de corrección aplicables. La segunda consiste en llevar los datos resultantes de dichas condiciones base, a las condiciones ambientales de referencia del ensayo definidas en el numeral 3.1 de este apéndice.

8.1.3. El auditor, atendiendo a su criterio técnico, podrá prescindir de la aplicación del proceso de corrección recomendado en los numerales anteriores.

8.2. Si la unidad a ensayar, por alguna condición especial, debe operar en el

momento de la prueba a condiciones ambientales no usuales ni representativas del sitio en que se ubica la planta, el auditor, atendiendo a su criterio técnico, podrá aplicar las correcciones correspondientes a la potencia y consumo específico de calor. Ante esta situación, el auditor deberá presentar la debida justificación de la corrección realizada y respaldar las condiciones ambientales a las cuales se llevarán los datos medidos, mediante memoria de cálculo que incluya registro de mediciones con instrumental calibrado.

8.3. Todas las curvas de corrección que se utilicen en el cálculo y los factores de corrección obtenidos, deberán ser debidamente sustentados en el informe. Si fuere necesario utilizar curvas de corrección de unidades similares, a las que se refiere el numeral 8.1 de este apéndice, el auditor deberá justificar en el informe la aplicabilidad de estas a la unidad ensayada.

8.4. A continuación, se brinda listado referencial de las curvas de corrección requeridas, quedando a criterio del auditor el uso de éstas.

8.4.1. Correcciones a la potencia y consumo específico de una unidad TV:

a) Corrección por temperatura de agua de circulación. En algunas unidades se corrige por presión en el condensador o por temperatura de la fuente fría. Ambas correcciones son válidas.

8.4.2. Correcciones a la potencia de una unidad TG:

a) Corrección por presión barométrica.

b) Corrección por temperatura de aire de aspiración.

c) Corrección por humedad relativa.

8.4.3. Correcciones al consumo específico de calor de una unidad TG:

a) Corrección por temperatura de aire de aspiración

b) Corrección por humedad relativa

8.4.4. Correcciones a la potencia y al consumo de calor de un MCI:

8.4.4.1. Las correcciones de los motores de combustión interna, ya sea ciclo

Otto o Diesel, dependerán principalmente de lo indicado por el fabricante. Sin embargo, ante falta de indicación expresa del mismo, podrá utilizarse la metodología plasmada en la norma ISO 3046:2002 para corregir la potencia y consumo de calor por presión barométrica, temperatura ambiente y humedad relativa.

- 8.4.5. Para correcciones a la potencia y al consumo de calor de un Ciclo Combinado se toman las mismas correcciones que para las tecnologías que lo componen, aplicadas a la unidad correspondiente.
- 8.5. Adicionalmente a las correcciones listadas en el numeral 8.4, podrán aplicarse correcciones operativas derivadas de condiciones impuestas a la unidad por el sistema, como velocidad de giro o factor de potencia, debiendo documentar que durante la prueba estas se encontraron fuera del rango permitido en el anexo 12 “Normas de Calidad y Seguridad Operativas” de este Reglamento.
- 8.6. Este procedimiento no contempla correcciones por equipos que no se encuentren en condiciones de funcionamiento adecuadas u otras correcciones operativas adicionales a las mencionadas en el numeral anterior. En general, deberá asegurarse la operación normal de la planta durante el ensayo, para que los resultados sean representativos de la misma.

9. Incertidumbre

9.1. Cálculo de la Incertidumbre

- 9.1.1. La determinación de la incertidumbre en cada medición y en el resultado final se realizará de acuerdo con lo especificado por la Norma ASME PTC-6 Report “Guidance for Evaluation of Measurement Uncertainty in Performance Test of Steam Turbines” y por la Norma ASME PTC 19.1 “ Measurement Uncertainty”.
- 9.1.2. La fórmula general para el cálculo de la incertidumbre es:

$$\mathfrak{S} = \sqrt{\sum [S * (\frac{U}{\sqrt{N}})]^2}$$

Donde:

S: Factor de sensibilidad, pondera la incidencia de la participación del instrumento o aparato en la medición.

U: Incertidumbre propia del instrumento. Viene dada por la Clase.

N: Cantidad de instrumentos o equipos que intervienen en la medición de un mismo parámetro.

9.2. Valores límite de Incertidumbre

9.2.1. Los valores del límite de Incertidumbre para cada ensayo dependerán de la incertidumbre básica del instrumento empleado para cada determinación y de la participación de la magnitud medida en el cálculo de la incertidumbre final.

9.2.2. Para el cálculo de la incertidumbre final serán de aplicación la norma ASME PTC 6-R y aquellas que establecen la incertidumbre para las mediciones de combustibles en cada caso: Normas AGA, ISO, ASTM-API. Los valores calculados deberán guardar relación con las recomendaciones de la Norma referida.

9.2.3. Alternativamente a lo expresado en el numeral 9.2.2 y a modo de referencia, pueden adoptarse los siguientes valores máximos para los ensayos de potencia y consumo de calor considerados en este anexo:

9.2.3.1. Incertidumbre en la medición de la potencia activa bruta o neta: $\mathfrak{S} < 1.0$ %

9.2.3.2. Incertidumbre en la medición volumétrica del flujo de gas natural: $\mathfrak{S} < 2$ %, de acuerdo con las Normas AGA. Si la medición del flujo de gas natural se realiza con instrumentos del tipo másico la incertidumbre

puede bajar a valores $< 1.0 \%$

9.2.3.3. Incertidumbre en la determinación del Poder Calorífico Inferior (PCI) del combustible: $\delta < 0.3 \%$

9.2.3.4. Incertidumbre en la determinación de la densidad relativa de los productos de petróleo: $\delta < 0.2 \%$

9.2.3.5. Incertidumbre en la determinación de la temperatura del combustible (líquidos): $\delta = 1,7 \text{ }^\circ\text{C}$, para termocupla calibrada con patrón secundario de acuerdo con la norma ASME PTC 6-R. Se debe tener en cuenta que el factor de participación de la temperatura en la determinación de la densidad es de 0.0007 por cada grado Celsius de variación de temperatura.

9.2.3.6. Incertidumbre en la medición del volumen de F.O o G.O:

a) Si la medición es por tanque calibrado, la incertidumbre depende del diámetro de tanque y de la diferencia de alturas registradas en cada ensayo.

b) En el caso de medirse con caudalímetro volumétrico, la incertidumbre estará dada por la clase del instrumento, recomendándose el uso de medidores de clase $\leq 0.5\%$. Para unidades de potencia menor a 30 MW, pueden adoptarse valores de incertidumbre más elevados (1.5 a 2 veces mayor).

c) Si la medición del flujo de combustible líquido se realiza con medidores del tipo másico, la incertidumbre estará dada por la calidad y clase del instrumento empleado, generalmente $\leq 0.5 \%$.

9.2.3.7. Para la medición de cantidad de carbón por balanza electrónica de pesada continua, la incertidumbre máxima admitida es $\delta \leq 1.5 \%$.

9.2.4. Alternativamente a los pasos anteriormente descritos, los cálculos de incertidumbre se pueden basar en la "Guía para la expresión de las incertidumbres de medida" del Comité Internacional de Pesos y medidas (CIPM) y el Bureau Internacional de Pesos y Medidas (BIPM).

10. Aspectos Generales y Conducción del Ensayo

10.1. Aspectos generales y logística

- 10.1.1. El ensayo de consumo de calor a diferentes cargas, debe ser realizado bajo condiciones operativas normales de la planta, para asegurar que los resultados sean representativos.
- 10.1.2. Una vez fijada la potencia de ensayo, la unidad debe alcanzar la estabilidad térmica, la que se verifica observando la constancia en el tiempo de las temperaturas del metal en los diferentes puntos de medida con que cuenta el grupo. Ese tiempo se alcanza en aproximadamente 15 a 20 minutos para las TG y de 40 a 60 minutos para las TV, dependiendo del estado térmico de la unidad con anterioridad al ensayo.
- 10.1.3. La duración de cada ensayo en una unidad, incluyendo la totalidad de cargas y el correspondiente tiempo de estabilización en cada carga, lo determinará el auditor, tomando como guía los tiempos establecidos en las normas ASME que correspondan a cada tipo de unidad: TG, TV, MCI y CC.
- 10.1.4. La realización de los ensayos en cada unidad o grupo de unidades deberá ser coordinada entre el auditor, el PM generador y la UT, de acuerdo con la disponibilidad de las unidades a ensayar, debiendo asegurarse el cumplimiento de lo indicado en el numeral 2.2 de este anexo, salvo contingencia mayor que determine la indisponibilidad de la unidad por un período de tiempo con dificultad para estimar o por una condición de emergencia en el sistema.
- 10.1.5. Al menos 10 días hábiles antes de la fecha propuesta para la realización de los ensayos, el PM generador, en coordinación con el auditor, deberá remitir a la UT la solicitud de su programación, acompañada de un cronograma tentativo de cargas de cada una de las pruebas y su duración, (incluyendo el tiempo de estabilización estimado para cada carga), además de todo lo

solicitado en el numeral 6.6.1. de este anexo.

- 10.1.6. A pesar de lo indicado en el numeral 2.2 de este anexo, cuando la UT determine que no existen condiciones en el Sistema Eléctrico de Potencia para ejecutar los ensayos de plantas operando en ciclo combinado, por ejemplo, en condiciones de baja demanda y exceso de generación base, los pospondrá hasta que su realización sea factible. Lo anterior no retrasará la ejecución de las pruebas de las unidades que conforman el ciclo térmico principal, operando en ciclo simple.
- 10.1.7. En caso de que ocurra lo descrito en el numeral anterior, junto con el informe de auditoría de las unidades que conforman el ciclo térmico principal, y tomando en cuenta los resultados vertidos en el mismo, el auditor deberá remitir un cálculo teórico de la curva de consumo de calor del Ciclo Combinado, para el que además deberá utilizar los datos vigentes de la relación de potencias definida en el numeral 5.5.2.5 de este apéndice. La curva de consumo de calor así determinada será utilizada transitoriamente hasta que se realicen los ensayos pospuestos y entren en vigor las curvas obtenidas a partir de estos. Sin perjuicio de lo anterior, los resultados preliminares podrán ser utilizados como insumo para la ejecución de los procedimientos de auditoría para determinar los costos variables de operación y mantenimiento no combustibles y costos de arranque y detención.
- 10.1.8. Cuando las fechas y horarios de realización de las pruebas sean aprobados, la UT tomará las consideraciones procedentes, según la potencia y duración del ensayo, para su modelación en las programaciones de la operación de corto plazo. Adicionalmente, durante el período estimado de la duración de los ensayos, considerará indisponibles a aquellas unidades generadoras, cuya inyección al sistema altere la medición comercial de potencia neta de la unidad ensayada.
- 10.1.9. El PM generador propietario de las unidades o centrales a ensayar deberá tener disponible al momento del ensayo lo siguiente:

- a) Características técnicas de todas las unidades a ensayar: marca, modelo, potencia nominal del grupo, presiones y temperaturas de vapor, curvas de corrección (según lo establecido en este apéndice), características de los transformadores de potencia, esquema de medición de la potencia activa y de servicios auxiliares.
- b) Tanque de medición de combustible líquido calibrado o tanque apto para pesaje mediante balanza electrónica o medidor integrador másico o volumétrico de desplazamiento positivo contrastados.
- c) Medidor másico o volumétrico integrador de gas natural contrastado.
- d) Transformadores de medición (TP y TC) de al menos clase 0.5.
- e) Libre disponibilidad de las unidades a ensayar.
- f) Facilidad para la toma de muestra de combustible.
- g) Personal de Operación de apoyo.

10.2. Conducción del ensayo y responsabilidades

10.2.1. Responsabilidad del auditor

10.2.1.1. Una vez seleccionado y contratado, el auditor acordará con el PM generador los detalles finales para la realización de las pruebas de consumo de calor, y sus responsabilidades serán las siguientes:

- a) Fijar la fecha definitiva y horarios de trabajo, los cuales serán informados y coordinados previamente con la UT.
- b) Elegir la modalidad de cargas: ascendente o descendente.
- c) Preparar el listado de puntos de medición y fijar los puestos de medición, verificación de los puestos de medición y del instrumental de planta
- d) Revisar los protocolos de contraste o de calibración
- e) Explicar al personal de la central el desarrollo de la prueba y de la

metodología de cálculo, y detalles sobre la toma y recolección de datos.

- f) Suministrar los equipos de medición de energía y/o potencia activa e instalarlos. Esto en caso en que la o las unidades no posean medición individual de potencia activa de al menos clase 0.2, previamente contrastados.
- g) Suministrar los elementos para la medición volumétrica o másica de combustibles líquidos en tanques: cinta y pilón y termocupla o termorresistencia o balanza electrónica para el caso de medición de combustibles líquidos hasta 1500 kg o medidor volumétrico o másico de fluidos en caso que lo disponga.
- h) Coordinar todos los aspectos previos al ensayo y durante el mismo.
- i) Conducir el ensayo.
- j) Recopilar la información obtenida durante el ensayo y remitirla a la UT según lo requerido en el numeral 6.6.3 de este anexo.
- k) Elaborar el informe preliminar, el cual se entregará en formato digital, tanto a la UT como al PM generador, y deberá incluir las hojas de cálculo editables, fórmulas, macros o programas para su validación.
- l) Recibir y atender las observaciones realizadas por el PM generador y la UT.
- m) Elaborar el informe final, el cual será entregado tanto a la UT como al PM generador. La entrega debe de realizarse en formato digital por los medios que la UT establezca, incluirá todo el soporte magnético (hojas de cálculos editables, fórmulas, macros o programas para su validación).

10.2.2. Responsabilidad del PM generador

10.2.2.1. El PM generador será responsable de lo siguiente:

- a) Proveer el personal necesario para la realización de las pruebas incluyendo la designación de un responsable destinado en forma exclusiva a atender los aspectos logísticos y operativos de las pruebas.
- b) Operar la unidad a ensayar.
- c) Extraer las muestras de combustible
- d) Contrastar o verificar el instrumental de medición en aquellos casos en que se considere necesario, tal es el caso de medidores de flujo de combustibles líquidos o gaseosos o de sistemas de pesaje continuo de carbón.
- e) Gestionar ante la UT la disponibilidad de la unidad a ensayar para la realización de las pruebas.
- f) Poner a disposición del auditor toda la documentación y características de las unidades, necesarias para la elaboración del informe técnico.
- g) Remitir al auditor las observaciones al informe preliminar que considere pertinentes.

10.2.3. Responsabilidad de la UT

10.2.3.1. La UT será responsable de las siguientes actividades:

- a) Elaborar un listado de unidades a ensayar y coordinar con los respectivos PM generadores la fecha estimada más conveniente para la realización de los ensayos de potencia y consumo de calor, que minimicen los riesgos de confiabilidad y seguridad operativa del Sistema.
- b) Informar a los PM generadores oportunamente de la necesidad de realizar los ensayos.
- c) Realizar las observaciones pertinentes al informe preliminar del auditor.
- d) Aprobar el informe final de la auditoría, siempre que el auditor haya

acatado las observaciones realizadas por la UT.

- e) Participar, en caso que así lo considere, como observador de las pruebas a realizar por el auditor.

11. Informe Técnico

11.1. Finalizados los ensayos, con los valores medidos, el auditor responsable de la realización de los ensayos procederá a la elaboración del Informe Técnico para todas las unidades ensayadas.

11.2. El Informe Técnico deberá contener, como mínimo, los siguientes puntos:

- a) Responsable del ensayo, cuya firma y aclaración deberá constar al final del mismo y en las hojas de cálculo.
- b) Objeto del ensayo.
- c) Descripción técnica de los equipos principales.
- d) Memoria técnica del procedimiento: metodología, instrumental empleado, cálculo de la incertidumbre.
- e) Desarrollo matemático del cálculo del punto de ensayo correspondiente a la potencia máxima.
- f) Hojas de cálculo completas de todos los puntos de ensayo.
- g) Determinación del polinomio de consumo específico de calor y polinomio de consumo específico de combustible.
- h) Anexos: Curvas de corrección utilizadas, certificados de contraste de instrumentos, protocolos de análisis de combustible, protocolos de mediciones, esquemas de mediciones principales, y toda información adicional que se considere de utilidad para una mejor interpretación del informe.

11.3. Además, como anexo al informe técnico, deberá consignarse por separado a

la UT:

- a) Acta de consumo de calor para cada tipo de combustible con que opera la unidad o GGP (y para cada configuración operativa en el caso de Ciclos Combinados).
- b) Acta de consumo en arranque y detención, según el formato presentado en el numeral 9.2 del apéndice 4.
- c) Para cada configuración operativa de ciclo combinado: Relación de potencia entregada por el ciclo térmico principal y ciclo de recuperación de calor, en todos los puntos de carga ensayados.

11.4. La UT se reserva el derecho de proceder a realizar una auditoría técnica “in situ” para verificar los aspectos del informe que considere necesarios, así como también de aprobar los nuevos valores declarados.

APÉNDICE 2 - MODELOS DE ACTAS Y FORMATOS DE AUDITORÍAS

1. Modelo de Acta Ensayo de Consumo de Calor

ACTA

Fecha _____
 Empresa _____
 Central _____
 Configuración Operativa* _____

En la fecha arriba indicada se ha procedido a la realización de los ensayos de consumo de calor y de potencia máxima de las unidades que se detallan:

Unidad N° _____ Potencia Nominal _____ MW
 Unidad N° _____ Potencia Nominal _____ MW

Se han certificado los siguientes valores de potencias y consumos específicos

CÓDIGO UNIDAD Y TIPO	POTENCIA MW	C ESP. COMBUSTIBLE [Unidades **]	C ESP. CALOR [Unidades***]	COMBUSTIBLE
XX				OPERA CON (Tipo de Combustible)

Polinomio de consumo específico de combustible **.

$$E = a+b*P+c*P^2$$

Polinomio de consumo específico de calor ***.

$$E = a+b*P+c*P^2$$

Firma del Auditor _____
 Firma del Representante del PM _____
 Firma del Representante de la UT _____

Observaciones

Nota:

*Para las centrales de Ciclo Combinado o unidades que operan con más de un combustible, deben presentarse tantas actas como configuraciones operativas y/o tipos de combustible tenga la planta. Además, para configuraciones operativas de ciclo combinado deberá declararse, como parte de esta acta, la potencia inyectada por el ciclo térmico principal y el ciclo de recuperación de calor, en cada punto ensayado.

** En el acta debe consignarse el consumo específico másico o volumétrico del combustible, en las unidades de medida comúnmente utilizadas según el tipo de combustible. Por ejemplo, gal/MWh para combustibles líquidos y Sm³/MWh para el gas natural.

*** En el acta debe consignarse el consumo específico de calor, en las unidades de medida comúnmente utilizadas según el tipo de combustible. Por ejemplo, Gcal/MWh para LFO y HFO y MMBTU/MWh para el gas natural.

- 1.1. Los valores a consignar en el acta, corresponden a potencias y consumos específicos de calor corregidos y calculados una vez realizados y comunicados al auditor los resultados del análisis del combustible utilizado durante las pruebas. Esta acta será consignada en el informe final de la auditoría.
- 1.2. Además de lo dispuesto en el numeral anterior, para aquellas plantas que entregan sus excedentes al sistema, se consignará en el informe un acta adicional que contemple los valores resultantes a potencias y consumos específicos equivalentes de la planta en el punto de entrega al sistema. Esta acta contendrá únicamente los resultados para potencia con aporte a la regulación primaria de frecuencia, y adicionalmente, se incluirán los resultados para potencias con aporte a regulación secundaria siempre y cuando las unidades estén habilitadas para dar dicho servicio.

2. Modelo de Acta de Asistencia

ACTA DE ASISTENCIA – ENSAYO DE CONSUMO DE CALOR

Fecha
Empresa
Central
Configuración Operativa*
Fecha y hora de inicio
Fecha y hora de finalización

1. Representantes de las partes durante los ensayos

Representante	Cargo/Empresa	Firma

2. Cronograma de eventos relevantes ocurridos durante los ensayos

Fecha y hora	Descripción del evento y acciones tomadas

3. Programa de ensayos y curva de carga real

Punto de carga	Hora inicio / hora fin	Etapa de la prueba
P1	Hh24:mm:ss – hh24:mm:ss	Estabilización
	Hh24:mm:ss – hh24:mm:ss	Toma de mediciones
P2	Hh24:mm:ss – hh24:mm:ss	Estabilización
	Hh24:mm:ss – hh24:mm:ss	Toma de mediciones
...		
Prueba de arranque	Hh24:mm:ss – hh24:mm:ss	

Nota: Se deberá anexar a este formato de acta la curva de carga real seguida por la unidad ensayada durante las pruebas. Los firmantes deberán rubricar cada página adicional a este formato

*De aplicar.

3. Modelo de Formatos a Entregar al Auditor por el PM Generador

3.1. MODELO DE FORMATO PARA GRUPOS CALDERA-TV

DATOS TÉCNICOS DE GRUPOS CALDERA-TURBINA A VAPOR			
CENTRAL:	GRUPO:	Fecha:	
CALDERA			
DENOMINACIÓN	UNIDAD	VALOR	OBSRV.
MARCA, MODELO			
AÑO DE INSTALACIÓN			
PRODUCCIÓN MÁXIMA CONTINUA	t/h		
PRESIÓN DE VAPOR SOBRECALENTADO	bar		
TEMPERATURA DE VAPOR SOBRECALENTADO	°C		
PRESIÓN DE VAPOR RECALENTADO	bar		
TEMPERATURA DE VAPOR RECALENTADO	°C		
TEMPERATURA DE AGUA DE ALIMENTACIÓN	°C		
COMBUSTIBLE PRINCIPAL			
COMBUSTIBLE ALTERNATIVO			
Nº DE QUEMADORES	Nº		
TURBINA A VAPOR			
MARCA, MODELO			
AÑO DE INSTALACIÓN			
POTENCIA NOMINAL	MW		
FLUJO DE VAPOR SOBRECALENTADO NOMINAL	tn/h		
PRESIÓN DE VAPOR SOBRECALENTADO	bar		
TEMPERATURA DE VAPOR SOBRECALENTADO	°C		
PRESIÓN DE VAPOR RECALENTADO	bar		
TEMPERATURA DE VAPOR RECALENTADO	°C		
CANTIDAD DE PRECALENTADORES AP	Nº		
CANTIDAD DE PRECALENTADORES BP	Nº		
PRESIÓN EN CONDENSADOR	mmHg		

DATOS TÉCNICOS DE GRUPOS CALDERA-TURBINA A VAPOR

TEMPERATURA DE AGUA DE CIRCULACIÓN DE ENTRADA	°C		
FLUJO DE AGUA DE CIRCULACIÓN	m3/h		
ALTERNADOR, TRANSFORMADOR Y AUXILIARES			
POTENCIA DEL GENERADOR	MVA		
FACTOR DE POTENCIA	Nº		
TENSIÓN DE GENERACIÓN	kV		
MEDIDOR DE E. ELÉCTRICA: MARCA, TIPO			
MEDIDOR DE E. ELÉCTRICA: CLASE	%		
MEDIDOR DE E. ELÉCTRICA: FECHA DE CONTRASTE			
TRANSFORMADOR DE POTENCIA: MARCA, TIPO			
TRANSFORMADOR DE POTENCIA: CAPACIDAD	MVA		
TRANSFORMADOR DE POTENCIA: RELACIÓN TRANF.	kV/kV		
TRANSFORMADOR DE POTENCIA: PÉRDIDAS EN VACÍO	kW		
TRANSFORMADOR DE POTENCIA: PÉRDIDAS DE CC	kW		
TRANSFORMADOR DE MEDICIÓN TC, CLASE, RELACIÓN	A/A		
TRANSFORMADOR DE MEDICIÓN TP, CLASE, RELACIÓN	kV/kV		
BORNERA DE CONTRASTE, TIPO, ESQUEMA DE			
TRANSFORMADOR DE AUXILIARES, CAPACIDAD	kVA		
TRANSFORMADOR DE AUXILIARES, RELACIÓN TRANF	kV/kV		
MEDICIÓN DE COMBUSTIBLE			
MEDIDOR DE FLUJO, MARCA, TIPO (VOLUMÉTRICO/MÁSICO)			
MEDIDOR DE FLUJO, CLASE	%		
FECHA DE CALIBRACIÓN			
BALANZA DE CARBÓN, MARCA, CLASE			
BALANZA, FECHA DE CALIBRACIÓN			
TANQUE DIARIO, DIMENSIONES: ALTURA, DIAM. CAPACIDAD	m, m3		
TANQUE DIARIO, FECHA DE CALIBRACIÓN			

3.2. MODELO DE FORMATO PARA GRUPOS TG

DATOS TÉCNICOS DE GRUPOS TURBOGAS			
CENTRAL:	GRUPO:	Fecha:	
TURBINA A GAS Y COMPRESOR			
DENOMINACIÓN	UNIDAD	VALOR	OBSRV.
MARCA, MODELO			
AÑO DE INSTALACIÓN			
POTENCIA NOMINAL	MW		
TEMPERATURA GASES DE ENTRADA A TURBINA	°C		
TEMPERATURA DE GASES DE ESCAPE	°C		
TEMPERATURA DE ENTRADA DE AIRE DE REFERENCIA	°C		
HUMEDAD RELATIVA DE REFERENCIA	%		
PRESIÓN BAROMÉTRICA DE REFERENCIA	mbar		
COMBUSTIBLE PRINCIPAL			
COMBUSTIBLE ALTERNATIVO			
Nº DE CÁMARAS DE COMBUSTIÓN	Nº		
Nº DE ETAPAS DE TURBINA	Nº		
Nº DE ETAPAS DEL COMPRESOR	Nº		
ALTERNADOR, TRANSFORMADOR Y AUXILIARES			
POTENCIA DEL GENERADOR	MVA		
FACTOR DE POTENCIA	Nº		
TENSIÓN DE GENERACIÓN	kV		
MEDIDOR DE E. ELÉCTRICA: MARCA, TIPO			
MEDIDOR DE E. ELÉCTRICA: CLASE	%		
MEDIDOR DE E. ELÉCTRICA: FECHA DE CONTRASTE			
TRANSFORMADOR DE POTENCIA: MARCA, TIPO			
TRANSFORMADOR DE POTENCIA: CAPACIDAD	MVA		
TRANSFORMADOR DE POTENCIA: RELACIÓN TRANF.	kV/kV		
TRANSFORMADOR DE POTENCIA: PÉRDIDAS EN VACÍO	kW		
TRANSFORMADOR DE POTENCIA: PÉRDIDAS DE CC	kW		

DATOS TÉCNICOS DE GRUPOS TURBOGAS			
TRANSFORMADOR DE MEDICIÓN TC, CLASE, RELACIÓN	%		
TRANSFORMADOR DE MEDICIÓN TP, CLASE, RELACIÓN	%		
BORNERA DE CONTRASTE, TIPO, ESQUEMA DE CONEXIÓN			
TRANSFORMADOR DE AUXILIARES, CAPACIDAD	kVA		
TRANSFORMADOR DE AUXILIARES, RELACIÓN TRANF	kV/kV		
MEDICIÓN DE COMBUSTIBLE			
MEDIDOR DE FLUJO, MARCA, TIPO (VOLUMÉTRICO/MÁSICO)			
MEDIDOR DE FLUJO, CLASE	%		
FECHA DE CONTRASTE			
TANQUE DIARIO, DIMENSIONES: ALTURA, DIAM. CAPACIDAD	m, m3		
TANQUE DIARIO, FECHA DE CALIBRACIÓN			

3.3. MODELO DE FORMATO PARA CICLOS COMBINADOS

DATOS TÉCNICOS DE CICLOS COMBINADOS			
CENTRAL:		Fecha:	
GRUPO:		CONFIGURACIONES OPERATIVAS:	
DESCRIPCION DE CONFIGURACIONES OPERATIVAS			
Nº1			
Nº2			
Nºn			
CALDERA DE RECUPERACIÓN (HRSG)			
CANTIDAD DE HRSG	Nº		
DENOMINACIÓN	UNIDAD	VALOR	OBSRV.
MARCA, MODELO			
AÑO DE INSTALACIÓN			
PRODUCCIÓN MÁXIMA CONTINUA	tn/h		
PRESIÓN DE VAPOR HP	bar		
TEMPERATURA DE VAPOR HP	°C		
PRESIÓN DE VAPOR IP	bar		
TEMPERATURA DE VAPOR IP	°C		
PRESIÓN DE VAPOR LP	bar		
TEMPERATURA DE VAPOR LP	°C		
TEMPERATURA DE AGUA DE ALIMENTACIÓN	°C		
COMBUSTIBLE ADICIONAL: SI/NO			
TURBINA A VAPOR			
MARCA, MODELO			
AÑO DE INSTALACIÓN			
DENOMINACIÓN	UNIDAD	VALOR	OBSRV.
POTENCIA NOMINAL	MW		
FLUJO DE VAPOR HP	t/h		
PRESIÓN DE VAPOR HP	bar		
TEMPERATURA DE VAPOR HP	°C		

DATOS TÉCNICOS DE CICLOS COMBINADOS			
PRESIÓN DE VAPOR IP	bar		
TEMPERATURA DE VAPOR IP	°C		
PRESIÓN EN CONDENSADOR	mmHg		
TEMPERATURA DE AGUA DE CIRCULACIÓN	°C		
FLUJO DE AGUA DE CIRCULACIÓN	M3/h		
TURBINAS A GAS			
MARCA, MODELO			
AÑO DE INSTALACIÓN			
DENOMINACIÓN	UNIDAD	VALOR	OBSRV
CANTIDAD DE UNIDADES QUE INTEGRAN EL CC	Nº		
POTENCIA NOMINAL DE CADA UNIDAD	MW		
TEMPERATURA GASES DE ENTRADA A TURBINA	°C		
TEMPERATURA DE GASES DE ESCAPE	°C		
PRESIÓN BAROMÉTRICA DE REFERENCIA	mbar		
TEMPERATURA DE ENTRADA DE AIRE DE REFERENCIA	°C		
HUMEDAD RELATIVA DE REFERENCIA	%		
COMBUSTIBLE PRINCIPAL			
COMBUSTIBLE ALTERNATIVO			
Nº DE CÁMARAS DE COMBUSTIÓN	Nº		
Nº DE ETAPAS DE TURBINA	Nº		
Nº DE ETAPAS DEL COMPRESOR	Nº		
MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA			
MARCA, MODELO			
AÑO DE INSTALACIÓN			
DENOMINACIÓN	UNIDAD	VALOR	OBSRV.
CANTIDAD DE UNIDADES QUE INTEGRAN EL CC	Nº		
POTENCIA NOMINAL DE CADA UNIDAD	MW		
TEMPERATURA AGUA REFRIGERACIÓN DE REFERENCIA	°C		
TEMPERATURA DE ENTRADA DE AIRE DE REFERENCIA	°C		
TEMPERATURA DE GASES DE ESCAPE	°C		

DATOS TÉCNICOS DE CICLOS COMBINADOS			
HUMEDAD RELATIVA DE REFERENCIA	%		
PRESIÓN BAROMÉTRICA DE REFERENCIA	mbar		
COMBUSTIBLE PRINCIPAL			
COMBUSTIBLE ALTERNATIVO			
Nº DE CILINDROS	Nº		
Nº DE r.p.m.	Nº		
ALTERNADOR, TRANSFORMADOR Y AUXILIARES			
DENOMINACIÓN	UNIDAD	VALOR	OBSRV.
POTENCIA DEL ALTERNADOR TV	kVA		
FACTOR DE POTENCIA	Nº		
TENSIÓN DE GENERACIÓN	kV		
POTENCIA DE LOS ALTERNADORES TG (DE CADA UNO)	kVA		
FACTOR DE POTENCIA	Nº		
TENSIÓN DE GENERACIÓN ALTERNADOR TV	kV		
TENSIÓN DE GENERACIÓN ALTERNADORES TG	kV		
SISTEMA DE MEDICIÓN DE ENERGÍA			
MEDIDOR DE E. ELÉCTRICA TV: MARCA, TIPO, CLASE			
MEDIDORES DE E. ELÉCTRICA TG: MARCA, TIPO, CLASE			
MEDID. DE E. ELÉCTRICA TV Y TG: FECHA DE CONTRASTE			
TRANSFORMADORES DE POTENCIA, MEDICIÓN Y AUXILIARES			
TRANSFORMADOR TV: MARCA, TIPO			
TRANSFORMADOR TV: CAPACIDAD	MVA		
TRANSFORMADOR TV: RELACIÓN TRANF.	kV/kV		
TRANSFORMADOR TV: PÉRDIDAS EN VACÍO	kW		
TRANSFORMADOR TV: PÉRDIDAS DE CC	kW		
TRANSFORMADORES TG: MARCA, TIPO			
TRANSFORMADORES TG: CAPACIDAD	MVA		
TRANSFORMADORES TG: RELACIÓN TRANF.	kV/kV		
TRANSFORMADORES TG: PÉRDIDAS VACÍO	kW		
TRANSFORMADORES TG: PÉRDIDAS DE CC	kW		

DATOS TÉCNICOS DE CICLOS COMBINADOS			
TRANSFORMADOR MCI: MARCA, TIPO.			
TRANSFORMADOR MCI: CAPACIDAD	MVA		
TRANSFORMADOR MCI: RELACIÓN TRANF.	kV/kV		
TRANSFORMADOR MCI: PÉRDIDAS EN VACÍO	kW		
TRANSFORMADOR MCI: PÉRDIDAS DE CC	kW		
TRANSFORMADORES DE TENSIÓN TP, CLASE, REL.			
TRANSFORMADORES DE CORRIENTE TC, CLASE, REL.			
TRANSFORMADORES DE TENSIÓN TG, CLASE, REL.			
TRANSFORMADORES DE CORRIENTE TG, CLASE, REL.			
TRANSFORMADORES DE CORRIENTE TG, CLASE, REL.			
TRANSFORMADORES DE TENSIÓN MCI, CLASE, REL.			
TRANSFORMADORES DE CORRIENTE MCI, CLASE, REL.			
BORNERA DE CONTRASTE, TIPO, ESQUEMA DE CONEXIÓN	Adjuntar esquema		
TRANSFORMADOR DE AUXILIARES, CAPACIDAD	kVA		
TRANSFORMADOR DE AUXILIARES, RELACIÓN TRANF	kV/kV		
MEDICIÓN DE COMBUSTIBLE			
MEDIDOR DE FLUJO, MARCA, TIPO (VOLUMÉTRICO/MÁSICO)			
MEDIDOR DE FLUJO, CLASE	%		
FECHA DE CONTRASTE			

3.4. MODELO DE FORMATO PARA MOTOGENERADORES DE C.I.

DATOS TÉCNICOS DE GRUPOS DE COMBUSTIÓN INTERNA			
CENTRAL:	GRUPO:	Fecha:	
MOTOR DE C.I.			
DENOMINACIÓN	UNIDAD	VALOR	OBSRV.
MARCA, MODELO			
AÑO DE INSTALACIÓN			
POTENCIA NOMINAL	MW		
TEMPERATURA AGUA REFRIGERACIÓN DE REFERENCIA	°C		
TEMPERATURA DE ENTRADA DE AIRE DE REFERENCIA	°C		
HUMEDAD RELATIVA DE REFERENCIA	%		
PRESIÓN BAROMÉTRICA DE REFERENCIA	mbar		
COMBUSTIBLE PRINCIPAL			
COMBUSTIBLE ALTERNATIVO			
Nº DE CILINDROS	Nº		
Nº DE r:p:m:	Nº		
ALTERNADOR, TRANSFORMADOR Y AUXILIARES			
POTENCIA DEL GENERADOR	MVA		
FACTOR DE POTENCIA	Nº		
TENSIÓN DE GENERACIÓN	kV		
MEDIDOR DE E. ELÉCTRICA: MARCA, TIPO			
MEDIDOR DE E. ELÉCTRICA: CLASE	%		
MEDIDOR DE E. ELÉCTRICA: FECHA DE CONTRASTE			
TRANSFORMADOR DE POTENCIA: MARCA, TIPO			
TRANSFORMADOR DE POTENCIA: CAPACIDAD	MVA		
TRANSFORMADOR DE POTENCIA: RELACIÓN TRANF.	kV/kV		
TRANSFORMADOR DE POTENCIA: PÉRDIDAS EN VACÍO	kW		
TRANSFORMADOR DE POTENCIA: PÉRDIDAS DE CC	kW		
TRANSFORMADOR DE MEDICIÓN TC, CLASE, RELACIÓN	%		
TRANSFORMADOR DE MEDICIÓN TP, CLASE, RELACIÓN	%		

DATOS TÉCNICOS DE GRUPOS DE COMBUSTIÓN INTERNA			
BORNERA DE CONTRASTE, TIPO, ESQUEMA DE CONEXIÓN	Adjuntar esquema		
TRANSFORMADOR DE AUXILIARES, CAPACIDAD	kVA		
TRANSFORMADOR DE AUXILIARES, RELACIÓN TRANF	kV/kV		
MEDICIÓN DE COMBUSTIBLE			
MEDIDOR DE FLUJO, MARCA, TIPO (VOLUMÉTRICO/MÁSICO)			
MEDIDOR, CLASE	%		
FECHA DE CONTRASTE			
TANQUE DIARIO, DIMENSIONES: ALTURA, DIAM. CAPACIDAD	m, m3		
TANQUE DIARIO, FECHA DE CALIBRACIÓN			

APÉNDICE 3. DETERMINACIÓN DE LOS POLINOMIOS DE CONSUMO ESPECÍFICO DE CALOR Y CONSUMO ESPECÍFICO DE COMBUSTIBLE

1. Objeto

- 1.1. Este apéndice trata de la determinación de la función matemática del consumo específico de calor de una máquina térmica y su equivalente el consumo específico de combustible, a partir de los datos medidos durante el ensayo.

2. La Función de Consumo Específico de Calor

- 2.1. El consumo específico de calor es la cantidad de energía térmica de entrada o calor de entrada, por cada unidad de energía eléctrica de salida. Es el recíproco de la eficiencia térmica, que varía en todo el rango de potencia de la máquina ensayada. Para efectos de las pruebas normadas en este anexo, el consumo específico de calor se expresa referido a la potencia neta de la unidad generadora.
- 2.2. La función que vincula el calor específico de entrada con la potencia entregada, deberá representarse mediante una adecuación de segundo orden, del tipo:

$$C_{ESP} = a + b \times P + c \times P^2$$

Donde:

C_{ESP} : Consumo específico de calor [Gcal/MWh o GJ/MWh o MMBTU/MWh]

P : Potencia neta de salida [MW]

- 2.3. Obtención de los coeficientes

- 2.3.1. La función matemática que representa el consumo específico de calor en función de la potencia neta, se determina utilizando el método de “Mínimos Cuadrados” y como producto de salida se obtienen los coeficientes “a”, “b” y “c” del polinomio.
- 2.3.2. Con los valores numéricos de los coeficientes se construye el polinomio de consumo específico de calor, cuya forma y unidades se describen en el numeral 2.2 de este apéndice.
- 2.3.3. La curva de consumo específico de calor tiene validez entre el punto de mínima carga ensayado y el de potencia máxima alcanzada durante el ensayo. El punto de mínima carga corresponderá al mínimo técnico aprobado como parte de los datos declarados a la UT por el PM generador, de acuerdo con lo establecido en el anexo 3 “Información Técnica del Sistema” de este Reglamento.
- 2.3.4. Además de la obtención del polinomio de consumo específico de calor, deberá determinarse su equivalente en consumo específico de combustible, expresado en gal/MWh, Sm^3/MWh o en las unidades de consumo volumétrico o másico típicas del combustible utilizado.
- 2.3.5. El polinomio de consumo específico de combustible también deberá ser de segundo grado y determinarse mediante el “Método de mínimos cuadrados”.

3. Trazado de las Curvas de Consumo Específico de Calor y Consumo Específico de Combustible

- 3.1. Las curvas de consumo específico de calor y consumo específico de combustible, en su expresión gráfica, se trazan en un diagrama cartesiano de coordenadas X-Y.
- 3.2. La curva de consumo específico de calor representa en el eje X la Salida de potencia neta expresada en MW; y, en el eje Y, la entrada de calor requerida para producir cada unidad de energía eléctrica neta en GJ/MWh o MMBUT/MWh.

- 3.3. La curva de consumo específico de combustible representa en el eje X la salida de potencia neta expresada en MW; y, en el eje Y, la entrada volumétrica o másica de combustible requerida para producir cada unidad de energía eléctrica neta, en Gal/MWh o Sm³/MWh.
- 3.4. Estas funciones se obtienen a partir de cinco o más pares de puntos (X-Y), los que han sido medidos en el ensayo de consumo de calor, realizado de acuerdo con las normas y procedimientos referidos en el numeral 7.2 y en el apéndice 1 de este anexo.
- 3.5. Las mediciones tomadas en cada punto ensayado deberán ser procesadas según se detalla en el diagrama de flujo, para obtener los pares de puntos (Tabla 1), a partir de los que se construye la gráfica y se ajusta el polinomio correspondiente.

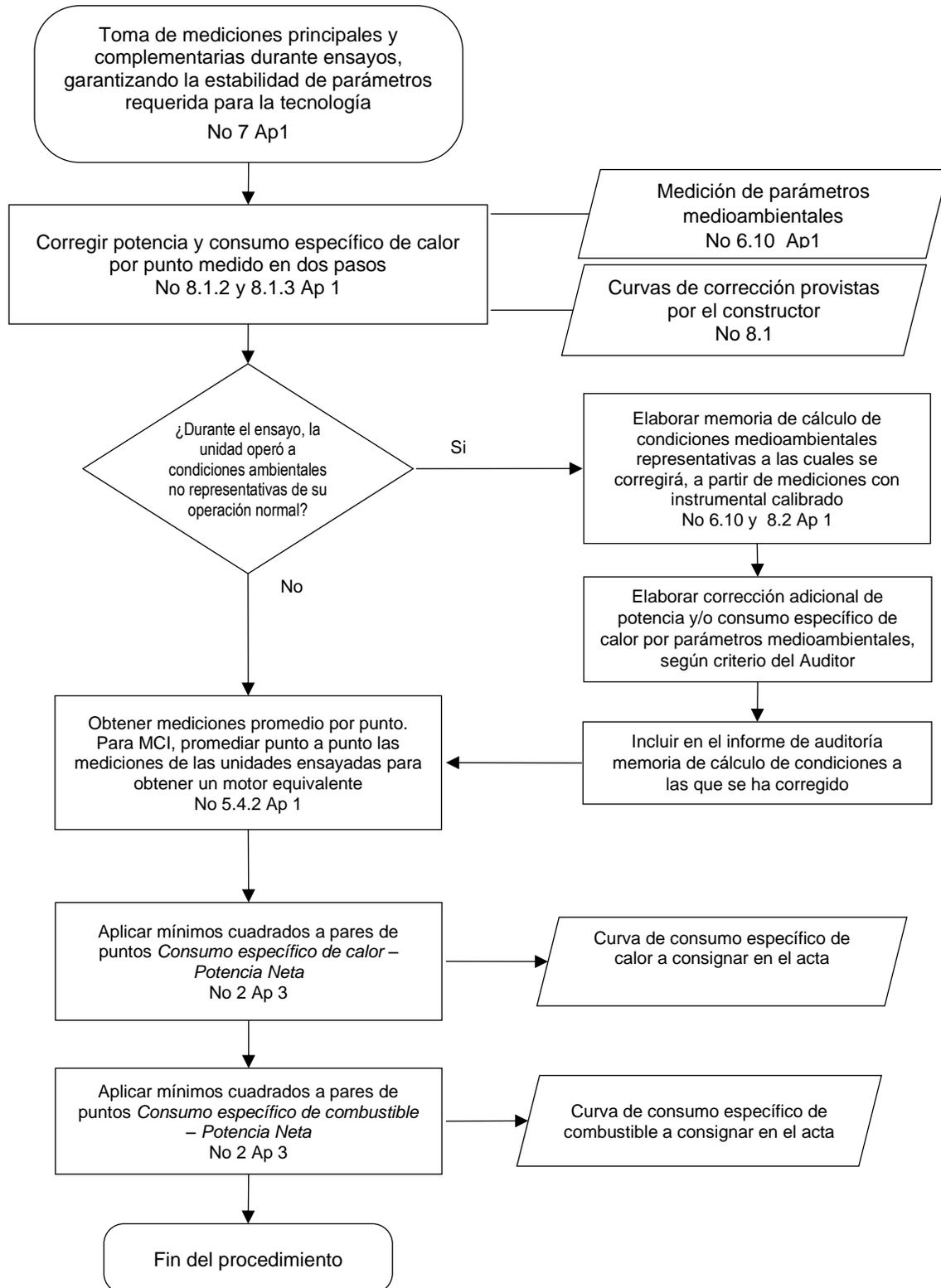
TABLA I: PARES DE PUNTOS DE ENSAYO

PUNTO N°	POTENCIA MW	Consumo específico de calor o consumo específico de combustible equivalente
1		
2		
3		
4		
5		
6*		

Nota: estos pares de puntos se ubican en las coordenadas cartesianas y por ellos se hace pasar una curva que los abarque a todos.

* Para las pruebas de configuraciones operativas de Ciclo Combinado que involucren el ciclo de recuperación de calor, se ensayarán como mínimo 6 puntos.

Diagrama de flujo del procesamiento de las mediciones



APÉNDICE 4 PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN EL ARRANQUE Y DETENCIÓN

1. Objeto

- 1.1. Este procedimiento establece las bases para la realización del ensayo de arranque y detención en unidades de generación térmica, y para la determinación del consumo de combustible en dichos eventos.

2. Alcance

- 2.1. Las unidades a las que se le aplicará este procedimiento son unidades de turbinas a gas, unidades caldera-turbina a vapor, unidades motogeneradoras de combustión interna y ciclos combinados.

3. Condiciones de Ensayo

- 3.1. La determinación del consumo de combustible en el arranque de una unidad de generación térmica se realizará al momento de proceder a la puesta en marcha de la misma.
- 3.2. El proceso de arranque debe realizarse con la unidad en estado frío y caliente en unidades turbovapor, definiendo el tiempo para considerar un arranque en caliente desde la salida de la unidad. En el caso de unidades Turbogas y combustión interna no se requiere esta condición.
- 3.3. Cuando por limitaciones de diseño u otras restricciones particulares de la planta, durante el proceso de arranque se deban hacer consideraciones específicas, no usuales para el tipo de tecnología, el auditor deberá justificar y proponer a la UT el procedimiento a seguir durante el ensayo, y las variables o parámetros a verificar en las diferentes etapas del proceso. Esta justificación y procedimiento deben ser remitidos a la UT para su aprobación, dentro del plazo indicado en el numeral 10.1.5 del

apéndice 1 de este anexo.

4. Normas y Documentación de Referencia

- 4.1. A efectos de unificar los diferentes procedimientos de ensayos, estas pruebas de verificación del consumo de combustible en el arranque, deberán referirse, en el aspecto que corresponda, a las normas internacionales definidas en el numeral 7.2 del presente anexo.

5. Mediciones

- 5.1. La medición de energía eléctrica tiene lugar solo en el período que abarca desde el acople del interruptor hasta alcanzar la potencia mínima técnica en el arranque y desde el desacople de la unidad hasta su parada y alistamiento hasta otro arranque en la detención.
- 5.2. Medición de flujo de gas oil, fuel oil, carbón mineral y gas natural.
 - 5.2.1. El flujo de gas oil, fuel oil y/o gas natural se realizará de acuerdo con el numeral 6 Mediciones e Instrumental Requerido del apéndice 1 del presente anexo.
 - 5.2.2. En el caso de gas oil y/o fuel oil en unidades de más de 2 MW la medición podrá realizarse mediante tanque diario calibrado, de capacidad acorde con el volumen a medir o bien con medidores de flujo volumétricos o máxicos.
 - 5.2.3. Para unidades motogeneradoras de combustión interna de hasta 2 MW, la medición podrá realizarse mediante balanza electrónica calibrada.
 - 5.2.4. Para la cuantificación del consumo de carbón mineral, se usará el sistema de pesaje continuo instalado en la unidad considerada.
 - 5.2.5. En caso que el auditor proponga un método alternativo para calcular el flujo de combustible líquido, su validación será responsabilidad del auditor y el procedimiento a seguir deberá detallarse en el Informe Técnico.

5.3. Temperaturas

5.3.1. Las mediciones de temperaturas de combustibles se realizarán con termocupla o termorresistencia calibradas.

5.3.2. Las temperaturas correspondientes a caldera, turbina a vapor y CC, se registran en el sistema de adquisición de datos (DCS).

5.4. En este ensayo se registran presiones en el procedimiento de arranque de unidades turbovapor y ciclos combinados.

5.5. Se tomarán estas otras mediciones:

- a) Humedad ambiente
- b) Presión barométrica
- c) Temperatura ambiente

6. Logística

6.1. Los puestos de medición simultáneos, cuando sea posible, serán:

- a) Puesto N° 1: Ubicación física de los equipos de medición de combustible: gas natural o fuel oil o gas oil o carbón mineral.
- b) Puesto N° 2: Sala de comando: registra la secuencia y tiempos parciales y total de arranque desde las maniobras iniciales, al sincronismo y hasta alcanzar la potencia mínima técnica de la unidad. Del mismo modo se procede para la detención.
- c) Puesto N° 3: Ubicación física de los equipos de medición de energía eléctrica: registra la energía generada en el tramo de arranque desde sincronismo hasta la potencia mínima técnica de la unidad y la energía generada en el proceso de detención desde esta última hasta la carga cero y salida de sincronismo.

6.2. Registro de datos

- 6.2.1. En el registro de datos del Sistema de Control Distribuido (por sus siglas en inglés, DCS, "*Distributed Control System*") de unidades TG, TV y CC se registran presiones y temperaturas a lo largo de todo el proceso de arranque, al igual que los parámetros ambientales.
- 6.2.2. En unidades equipadas con sistemas de monitoreo y adquisición de datos de tecnología reciente, la totalidad de los parámetros necesarios para contabilizar el consumo de arranque queda registrado en el DCS.

7. Cronograma del Ensayo

7.1. Proceso de arranque

7.1.1. Unidad Turbovapor (TV)

- 7.1.1.1. En este tipo de unidades se debe realizar pruebas para el arranque en frío y en caliente, de acuerdo con los estándares de uso corriente.
- 7.1.1.2. La determinación del consumo de combustible de arranque comienza entonces con el encendido de la caldera, tomándose tiempos parciales en el momento de inicio del giro de la TV, alcance de la velocidad de sincronismo y en el cierre del interruptor para la toma de carga. También se debe contabilizar el tiempo en alcanzar la potencia mínima técnica de la unidad, durante la rampa de toma de carga.

T₀: Encendido de caldera

T₁: Comienzo del giro en turbina

T₂: Alcance de la velocidad de sincronismo

T₃ : Calentamiento, homogenización y estabilización de temperaturas

T₄: Fin de estabilización térmica, lista para la toma de carga

T₅: Alcance de la potencia mínima técnica

7.1.2. Unidad Turbogás (TG)

7.1.2.1. La turbina a gas, en general no distingue entre arranque frío y caliente, ya que por su geometría constructiva es una máquina de calentamiento rápido con poca inercia térmica. Es por ello que el consumo de combustible en el arranque es el tiempo transcurrido entre el encendido y el sincronismo. Previo al inicio del fuego en las cámaras de combustión, hay un tiempo sin consumo de combustible que abarca el período desde la señal de inicio del proceso de arranque hasta el encendido.

T_0 : Comienzo de la secuencia de arranque

T_1 : Encendido

T_2 : Alcance de la velocidad de sincronismo

T_3 : Calentamiento, homogenización y estabilización de temperaturas

T_4 : Fin de estabilización térmica, lista para la toma de carga

T_5 : Alcance de la potencia mínima técnica

7.1.2.2. Durante el tiempo que transcurre entre el comienzo de la secuencia de arranque T_0 y el encendido T_1 , no se registra consumo de combustible. El consumo del motor diesel o del motor eléctrico de arranque no se considera por ser de un valor no significativo respecto del consumo total de arranque.

7.1.3. Motogenerador de Combustión Interna (MCI)

7.1.3.1. El consumo de combustible de arranque de un motor de combustión interna abarca desde el encendido del motogenerador hasta el alcance de la velocidad de sincronismo y comienzo de la toma de carga hasta alcanzar la potencia mínima técnica durante la rampa de toma de carga.

T_0 : Encendido del motogenerador

T₁: Alcance de la velocidad de sincronismo

T₂: Fin de estabilización térmica. Lista para la toma de carga

T₃: Alcance de la potencia mínima técnica

7.1.3.2. En las centrales con unidades similares: igual potencia, marca y modelo, se tomará el consumo de arranque en una sola unidad seleccionada aleatoriamente por el Auditor. En el caso de unidades diferentes se procederá de la misma forma en cada una de estas unidades.

7.1.4. Ciclo Combinado (CC)

7.1.4.1. El consumo de combustible de arranque de un ciclo combinado está dado por el consumo de combustible en el arranque de cada unidad generadora que integra el ciclo térmico principal.

7.1.4.2. En el caso del ciclo combinado cuyo ciclo térmico principal esté compuesto por varios M.C.I. de iguales características, no se hará distinción para el arranque en frío y caliente, y se seguirá el procedimiento de arranque específico establecido para los M.C.I.

7.1.4.3. En el caso de un ciclo convencional compuesto por unidad(es) TG y una o más unidades TV, se sumarán los consumos de combustible de cada TG, tomando los tiempos del numeral 7.1.2 para cada unidad TG.

7.1.5. Proceso de detención

7.1.5.1. Para todas las unidades, el proceso de detención comienza en la potencia mínima técnica, con la rampa de bajada de carga hasta llegar a la potencia cero y a continuación el desacople de la unidad de las barras de la central.

7.1.5.2. Las unidades TG y TV continúan en giro lento durante un tiempo, pero sin consumo de combustible. Los MCI finalizan el proceso de detención unos minutos después de haber bajado totalmente la carga, donde las diferentes temperaturas del motor alcanzan los

valores seguros recomendados por el constructor; en este período hay consumo de combustible.

7.1.5.3. En los CC convencionales, conformados por unidades TG y TV, la determinación del consumo de combustible en la detención es más compleja, ya que puede darse el caso que la TV quede fuera de servicio y una o más unidades TG queden en servicio. En ese caso deberá contabilizarse como consumo de detención el de cada TG en forma individual.

7.1.5.4. En los ciclos combinados cuyo ciclo térmico principal este compuesto por varios MCI de iguales características, el consumo de combustible en la detención se determinará con el procedimiento de ensayo específico y tiempos parciales establecidos para los MCI.

7.1.5.5. Para las unidades Turbovapor (TV) se tiene:

T'_0 : Comienzo de la bajada de carga: Se reduce el fuego a la caldera

T'_1 : Carga cero

T'_2 : Interrupción de suministro de combustible.

T'_3 : Baja de revoluciones por minuto (r.p.m.) hasta velocidad de giro lento (sin consumo de combustible)

7.1.6. Para las unidades Turbogas (TG) y Ciclos Combinados convencionales se tiene:

T'_0 : Comienzo de la bajada de carga: Se reduce aporte de combustible

T'_1 : Carga cero ($P=0$ MW), se mantiene un quemador al mínimo

T'_2 : Interrupción de suministro de combustible.

T₃ : Baja de r.p.m. hasta velocidad de giro lento (sin consumo de combustible).

7.1.7. Para los motogeneradores de Combustión Interna (MCI) se tiene:

T₀ : Comienzo de la bajada de carga: Se reduce aporte de combustible

T₁ : Carga cero, inyección de combustible al mínimo.

T₂ : Fin de estabilización térmica, interrupción de suministro de combustible.

8. Procedimiento de Cálculo

- 8.1. En todos los casos, a los valores medidos de volumen o masa de combustible, se los relaciona con los diferentes tiempos parciales y totales para cada tipo de unidad.
- 8.2. Las pruebas para determinar el consumo de arranque-detención se llevarán a cabo en oportunidad de realizarse las pruebas de consumo de calor.
- 8.3. El consumo total en el arranque es la suma de los consumos parciales hasta el fin de la secuencia de arranque y el alcance de la potencia mínima técnica de la unidad.
- 8.4. El consumo de combustible durante el proceso de detención, es la suma de los tiempos parciales, desde la potencia mínima técnica, hasta alcanzar la potencia cero ($P=0$) y hasta finalizar las operaciones de detención y preparación para un nuevo arranque.

9. Tratamiento de la Información

9.1. Los valores de consumo de arranque y detención de cada unidad, una vez determinados por el Auditor, se registrarán en el acta que será remitida a la UT, con copia al generador. El modelo de acta se presenta en el numeral 9.2 del presente apéndice.

9.2. Modelo de acta de consumo de arranque – detención

LOCALIDAD:					
CENTRAL:				Fecha:	
ARRANQUE/DETENCIÓN:					
CÓDIGO UNIDAD:					
TIPO: Indicar si es TG, TV, Motogenerador o CC (indicando las tecnologías que lo conforman), Marca y Modelo					
COMBUSTIBLE: Gas Oil, Fuel Oil, Gas Natural, Carbón					
VALORES MEDIDOS					
Tiempo h, min, seg	Proceso	Combustible consumido			Energía inyectada MWh
		kg	Galones	Sm ³	
0:00:00	T0				
	T1				
	T2				
	T3				
				
	Tn				
	Consumo total de arranque y/o detención				
OBSERVACIONES: Indicar los tiempos de estabilización térmica para cada estado de la unidad: caliente o frío.					
AUDITOR:					
FIRMA:					
Nota: En la columna Denominación, se deben colocar los tiempos que correspondan a cada tipo de unidad: TG, TV, CC o Motogenerador de CI.					