

# ***ANEXO TÉCNICO:***

## ***Determinación de Consumos Específicos de Unidades Generadoras***

## TÍTULO I. ASPECTOS GENERALES

### **Artículo 1    Objetivo**

El presente Anexo Técnico establece las metodologías y procesos para informar y efectuar las pruebas que permiten establecer y actualizar el Consumo Específico Neto (CEN) de una unidad generadora.

### **Artículo 2    Alcance**

Las exigencias del presente Anexo serán aplicables a las Empresas Generadoras que se encuentren en operación y las Empresas Generadoras que se incorporen al SI.

Para efectos del presente Anexo, se entenderá por Empresa Generadora a cualquier empresa propietaria, arrendataria, usufructuaria o quien explote, a cualquier título, centrales generadoras que se interconecten al SI.

### **Artículo 3    Información de Consumo Específico Neto**

Las Empresas Generadoras cuyas unidades generadoras se encuentren en operación deberán informar y actualizar el CEN de sus respectivas unidades al Coordinador, conforme a los términos y condiciones que se establecen en el presente Anexo.

La Empresa Generadora propietaria, arrendataria, usufructuaria o que explote, a cualquier título unidades generadoras que hayan sido construidas bajo el mismo diseño y características técnicas nominales, podrá informar consumos específicos iguales para dichas unidades generadoras, siempre que los valores de las mediciones registradas en las pruebas de las unidades, según las respectivas pruebas de eficiencia, se encuentre dentro un rango de 2%, donde el margen máximo de desviación pueda ser explicado por errores aceptables de los instrumentos de medida, diferencias en las condiciones atmosféricas o diferencias en la composición del combustible utilizado, lo que deberá ser justificado técnicamente por la Empresa Generadora ante el Coordinador. En este caso, se considerará el valor más representativo de las condiciones de diseño.

### **Artículo 4    Aplicación del Consumo Específico Neto**

Los Consumos Específicos determinados según el presente Anexo serán utilizados en todos los procesos que el Coordinador requiera en el cumplimiento de sus funciones y obligaciones.

## TÍTULO II. PROGRAMACIÓN DE LA PRUEBA DE CONSUMO ESPECÍFICO NETO

### **Artículo 5 Programación e instancias de realización de la prueba de Consumo Específico Neto**

El Coordinador elaborará anualmente, durante el mes de diciembre, el programa de pruebas de CEN que se realizará durante el siguiente año.

El programa incluirá las unidades generadoras que al 1 de diciembre del año respectivo, se encuentren en cualquiera de las siguientes situaciones:

- a) Unidades generadoras que hayan cumplido 24.000 horas de operación u horas equivalentes de operación, según corresponda, o 5 años desde la última prueba de CEN.
- b) Unidades generadoras que realicen un mantenimiento preventivo mayor o reparación, que involucre detención de la unidad para destape de la turbina del turbogenerador y reemplazo de partes críticas.
- c) A solicitud de la Empresa Generadora que requiera de una prueba de CEN para alguna de sus unidades generadoras.
- d) Incorporación de un combustible adicional para la generación de electricidad de una unidad generadora.
- e) A solicitud del Coordinador en aquellos casos donde se observen desviaciones continuas o recurrentes del consumo de combustible teórico calculado por dicho organismo respecto del consumo real, de acuerdo al control de combustibles. El cálculo teórico se basará en el CEN informado para la unidad y la energía generada en el período de análisis.

El programa anual de pruebas de los siguientes 12 meses deberá ser enviado por el Coordinador a las Empresas Generadoras antes del 15 de diciembre.

Las Empresas Generadoras podrán realizar observaciones al programa anual de pruebas, las que deberán ser enviadas al Coordinador, en un plazo de 5 días.

El Coordinador evaluará las observaciones recibidas, y emitirá una nueva versión del programa a más tardar el último día de diciembre.

No obstante lo señalado, el Coordinador podrá disponer actualizaciones periódicas del programa de pruebas, de acuerdo a las nuevas solicitudes de medición de CEN o las actualizaciones del Programa de Mantenimiento Preventivo Mayor.

### **Artículo 6 Horas Equivalentes de Operación de Turbinas de Gas**

Las horas equivalentes de operación corresponden al valor que resulta de incrementar las horas efectivas de operación de una turbina de gas, a través de factores que permiten reconocer el deterioro que se produce en la turbina, por efectos de las partidas y salidas intempestivas.

Para efectos de calcular las horas equivalentes de operación, las Empresas Generadoras podrán utilizar la metodología recomendada por el fabricante, debiendo entregar los antecedentes que certifiquen dicha recomendación. En el caso de no contar con una recomendación del fabricante, las horas equivalentes de operación deberán ser calculadas según lo siguiente:

$$HEO = \sum H_{or} + \sum N_a \times K_a + \sum N_d \times K_d$$

Donde,

$H_{or}$  : Horas de operación real.

$N_a$  : N° de arranques.

$K_a$  : Factor de ponderación de arranque.

$N_d$  : N° de salidas intempestivas.

$K_d$  : Factor de ponderación de salidas intempestivas.

El valor del parámetro  $N_a$ , se deberá estimar en función de las partidas previstas para la unidad generadora considerando el tipo de combustible utilizado. Para estos efectos, se deberá considerar información histórica de la unidad y estimaciones de operación futura según los antecedentes disponibles emitidos por el Coordinador.

El valor del parámetro  $N_d$ , se deberá estimar considerando información histórica de la unidad generadora, correspondiente a los cinco años anteriores a la fecha de cálculo y según el tipo de combustible utilizado. Para el caso de unidades que no cuentan con ese período en operación, estos valores deberán ser estimados comparándolos con rangos de unidades generadoras de similar tecnología.

El valor de los factores  $K_a$  y  $K_d$  deberá ser establecido dentro del rango de valores recomendados por fabricantes para unidades de similar tecnología.

## **Artículo 7 Unidades generadoras que se incorporen al SI**

Las unidades generadoras, previo al inicio de su entrada en operación, deberán realizar las pruebas para la determinación del CEN de conformidad con el presente Anexo.

## **Artículo 8 Solicitud de Prueba de Consumo Específico Neto de una Empresa Generadora**

Las Empresas Generadoras que deseen solicitar la realización de una prueba de CEN para alguna de sus unidades generadoras, fuera de la programación que establezca el Coordinador, deberá enviar a éste una solicitud de prueba de CEN con una anticipación de al

menos 90 días corridos a la fecha prevista de realización de la prueba, indicando los motivos para realizar la misma.

Para el caso de unidades generadoras que se incorporen al parque generador del SI, la solicitud respectiva debe ser enviada al Coordinador con una anticipación de al menos 60 días corridos a la fecha prevista de realización de la prueba.

La solicitud deberá incluir los datos del responsable que la Empresa Generadora designe para tales efectos.

El Coordinador tendrá un plazo de 10 días para analizar la solicitud y, de estimarlo necesario solicitar antecedentes adicionales. Si la solicitud es aprobada, el Coordinador programará la prueba en la fecha más cercana posible a la fecha propuesta por la Empresa Generadora, de acuerdo a la programación vigente y de manera de minimizar el efecto de la prueba en la operación normal del SI. En caso que la solicitud no sea aprobada, el Coordinador informará a la Empresa Generadora los motivos que lo justifiquen.

#### **Artículo 9 Incorporación extraordinaria de Prueba de Consumo Específico Neto de unidades generadoras**

En caso que el Coordinador identifique la necesidad de revisar el valor del CEN de unidades generadoras fuera de la programación establecida en el Artículo 5 del presente Anexo, deberá informar a la Empresa Generadora la realización de una prueba de CEN, con una anticipación de al menos 90 días corridos a la fecha prevista de realización de la prueba, indicando los motivos para realizar dicha prueba.

La Empresa Generadora titular de la respectiva unidad generadora podrá realizar observaciones a la prueba de CEN notificada por el Coordinador, las que deberán ser enviadas a éste, en un plazo de 5 días contados desde la notificación.

Revisadas las observaciones enviadas por la Empresa Generadora y confirmada la necesidad de la realización de la prueba, el Coordinador la programará teniendo presente las referidas observaciones.

#### **Artículo 10 Consideraciones en la determinación del Consumo Específico Neto**

El CEN de las unidades generadoras señalado en el presente Anexo deberá ser representativo de las características técnicas propias de dichas unidades. Aquellas restricciones operativas tales como restricciones del sistema de transmisión, medioambientales, convenios de riego, entre otras, no deberán ser consideradas en la determinación de este valor.

#### **Artículo 11 Experto Técnico para la Prueba de Consumo Específico Neto**

La prueba de CEN será supervisada por un experto técnico, que será elegido de común acuerdo entre la Empresa Generadora y el Coordinador.

La Empresa Generadora deberá proponer al Coordinador, el experto técnico que realizará las pruebas de CEN. La propuesta deberá ser acompañada con los datos del mismo, antecedentes de trabajos similares y experiencias que avalen la capacidad para la realización de las pruebas.

El experto técnico deberá contar con amplia experiencia comprobable en el área de centrales de energía eléctrica, de la tecnología de la unidad correspondiente.

El experto técnico no podrá presentar conflicto de interés- tales como vínculos societarios- con el propietario de la unidad generadora, para lo cual deberán presentar una declaración jurada a la SEC dando cuenta al respecto.

Los conocimientos requeridos del experto técnico se deberán orientar principalmente a los siguientes aspectos:

- a) Experiencia en el área de generación mayor a 10 años.
- b) Participación en ensayos de unidades de generación.
- c) Experiencia en evaluación del estado operativo y eficiencia de calderas convencionales, calderas de recuperación (HRSG), turbinas de gas, turbinas de vapor, Ciclos Combinados y motores 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 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.

El Coordinador deberá aprobar y contratar al experto técnico propuesto por la Empresa Generadora, considerando las competencias técnicas que posea para la realización de las pruebas de CEN y eventuales conflictos de interés que podría presentar el candidato.

En los casos que el Coordinador no apruebe el experto técnico propuesto por la Empresa Generadora por no cumplir con los requisitos establecidos en el presente artículo, ésta deberá proponer un nuevo candidato.

## **Artículo 12 Participantes de la Prueba.**

Durante la ejecución de la prueba de CEN, además del experto técnico, podrán participar un representante de la Empresa Generadora y representantes del Coordinador.

En caso que un Coordinado desee participar en calidad de observador en la realización de la prueba, deberá solicitarlo al Coordinador con al menos 5 días de anticipación a la fecha prevista para la realización de la prueba. Los costos de dicha participación serán de cargo del solicitante.

Con todo, la nómina definitiva de participantes de la prueba será definida por el Coordinador.

**Artículo 13 Responsabilidades de los Participantes de la Prueba.**

La Empresa Generadora será responsable de coordinar el personal a su mando en la operación de la unidad generadora para la correcta realización de la prueba.

El experto técnico será responsable de desarrollar el protocolo de pruebas, de acuerdo a lo indicado en el TITULO V del presente Anexo y de revisar y supervisar la ejecución de todas las actividades descritas en dicho protocolo.

El Coordinador será responsable de coordinar la prueba de CEN de acuerdo a la programación de la operación y las condiciones del SI, considerando para esto el protocolo de pruebas.

**Artículo 14 Entrega de Información.**

La Empresa Generadora cuyas unidades generadoras realicen la prueba de CEN, deberá proporcionar toda la información técnica que el Coordinador y el experto técnico soliciten, y que tenga relación directa con dicha prueba, durante las instancias previas de desarrollo y hasta la entrega del resultado de la misma.

**Artículo 15 Costos de la Prueba.**

Los costos que resulten de la realización de las pruebas de CEN, serán de cargo del propietario o titular de la unidad generadora correspondiente, incluyendo el costo de los honorarios del experto técnico.

### TÍTULO III. REALIZACIÓN DE LA PRUEBA Y VERIFICACIÓN DE SUS RESULTADOS.

#### **Artículo 16 Período de medición de la Prueba de Consumo Específico Neto.**

El valor de CEN de las unidades generadoras deberá obtenerse en función de mediciones que se realicen por un período mínimo de tiempo.

Las mediciones se realizarán por el período de tiempo suficiente para garantizar que la medida, en cada carga considerada en el protocolo de pruebas, sea representativa de una condición de operación estable, continua y sin interrupción del valor de potencia activa bruta, asegurando la validez de los datos conforme a las normas aplicables para cada tecnología.

En el protocolo de pruebas el experto técnico definirá los períodos de tiempo requeridos en función del tipo de unidad y las recomendaciones de la norma aplicable.

#### **Artículo 17 Suspensión de la Prueba de Consumo Específico Neto.**

En caso que se produzca una falla de la unidad o componente respectiva, o de existir perturbaciones en el SI que lo lleven al Estado de Emergencia, el Coordinador suspenderá la prueba.

Asimismo el Coordinador podrá suspender la prueba en la operación en tiempo real en caso que lo considere necesario dadas las condiciones del sistema.

Una vez superada la condición antes indicada, el Coordinador podrá autorizar la realización de la prueba si las condiciones del SI lo permiten. En caso contrario, el Coordinador programará la realización de la prueba para una nueva fecha.

#### **Artículo 18 Resultado de la Prueba de Consumo Específico Neto.**

Los valores de CEN para cada una de las unidades generadoras serán los que resulten de las pruebas de rendimiento, realizadas según lo establecido en el TÍTULO V del presente Anexo.

Para cada carga considerada; se determinará el consumo de combustible y la energía producida y; aplicando las siguientes fórmulas se determinará el CEN correspondiente:

$$CEN = \frac{CC * PC}{P_{neto}}$$

Donde,

*CEN*: Consumo específico neto medido en [Kcal/kWh].

*CC*: Consumo de combustibles expresado en unidades de volumen o masa por hora [u/h]. Es el consumo total de combustible de la unidad generadora para producir la energía bruta de salida medida en bornes de la unidad generadora.

*PC*: Poder Calorífico medido en [Kcal/u]. Corresponde a la cantidad total de calor desprendido en el proceso de combustión completo de una unidad de combustible, considerando el poder calorífico base establecido por el Coordinador.

*P<sub>net</sub>*: Potencia neta de salida medida en [kW]. Es la potencia medida en el lado de Alta Tensión del Transformador elevador asociado y corresponde a la diferencia entre la potencia bruta, medida en bornes de la unidad generadora, y la potencia consumida para el funcionamiento de la misma unidad generadora, expresado en kW. Este último consumo, refleja el suministro de energía a los Servicios Auxiliares.

Los cálculos antes indicados deberán considerar las mediciones obtenidas a través del equipamiento de medición, en conformidad con el Protocolo de Prueba.

El resultado de la prueba de CEN será válido hasta que se desarrolle una nueva prueba de CEN, de acuerdo a lo establecido en el presente Anexo.

### **Artículo 19 Consideraciones de los Servicios Auxiliares.**

En caso que no sea posible la medición de la potencia en el lado de Alta Tensión del transformador, para determinar la potencia neta de salida, se deberá descontar el consumo de energía por servicios auxiliares de la unidad generadora a la potencia bruta medida en bornes.

Se entenderá como servicios auxiliares, todo aquel consumo de energía y potencia asociado al funcionamiento propio de la unidad generadora.

No se considerarán como servicios auxiliares, los siguientes:

- a) Plantas auxiliares de agua, tales como: agua desalada, desmineralizada, potable, servidas.
- b) Sistema de manejo y transporte de carbón, desde muelle hasta silos.
- c) Edificios administrativos.

Los servicios auxiliares que son compartidos por 2 o más unidades deberán ser considerados a prorrata de la energía generada en ambas unidades durante el período de medición.

### **Artículo 20 Poder calorífico.**

Para cada unidad generadora y de acuerdo al tipo de combustible utilizado, tanto en la realización de las pruebas como en la determinación del CEN, se deberá utilizar el poder calorífico superior del combustible.

Se entenderá por poder calorífico superior, a la cantidad total de calor desprendido en el proceso de combustión completo de una unidad de combustible, el cual incluye el calor latente del vapor de agua generado en la combustión.

Para el cálculo del CEN, el poder calorífico superior del combustible a utilizar deberá ser obtenido de acuerdo a lo indicado en el Artículo 32 del presente Anexo.

### **Artículo 21 Acta de la Prueba.**

Al finalizar la prueba de CEN, el experto técnico levantará un acta en la cual se consignarán los resultados obtenidos y todos los aspectos relevantes que considere a efectos de cumplir con lo establecido en el presente Anexo. Esta acta será firmada por cada uno de los participantes, dejando constancia de sus observaciones si las hubiese.

### **Artículo 22 Entrega de Resultados de la Prueba de Consumo Específico Neto.**

En el plazo de 15 días contados desde la realización de la prueba de CEN, el experto técnico enviará al Coordinador y a la Empresa Generadora el acta de la prueba y un informe técnico que contendrá la memoria de cálculo, análisis, registros de las mediciones consignadas en el acta de la prueba y las conclusiones obtenidas. Dentro del plazo de 5 días posterior a la entrega por parte del experto técnico, el informe y el acta serán publicados en el sitio web del Coordinador.

El informe técnico deberá contener, como mínimo, los siguientes puntos y datos:

- a) Responsable o responsables 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) Descripción del ensayo
- e) Normas aplicadas
- f) Memoria técnica del procedimiento: condiciones del ensayo, metodología e instrumental empleado.
- g) Desarrollo matemático del cálculo del punto de ensayo correspondiente al Consumo Específico Neto.
- h) Hojas de cálculo completas del ensayo.
- i) Tabla de resumen de valores de potencias y consumos específicos.
- j) Anexos: Curvas de corrección, certificados de contraste de instrumentos, protocolos de análisis de combustible, protocolos de mediciones, esquemas de mediciones principales, protocolo de parámetros ambientales, esquemas de balances térmicos y toda información adicional que se considere de utilidad para una mejor interpretación del informe.
- k) El informe deberá especificar el grado de incertidumbre en el valor del CEN informado, teniendo en cuenta los porcentajes de error de cada una de las mediciones consideradas.

Además deberán consignarse por separado los valores resultantes:

- a) Consumo Específico Neto medido

b) Consumo Específico Neto corregido

El valor de CEN deberá ser consistente con el último valor informado por la Empresa Generadora. Cuando el nuevo valor difiera en más de 4% al anterior, deberá presentarse un informe detallado de sus causas y del estado actual de la unidad, indicando los trabajos realizados en el último mantenimiento preventivo mayor.

## **TÍTULO IV. OBSERVACIONES A LA PRUEBA DE CONSUMO ESPECÍFICO NETO.**

### **Artículo 23 Observaciones al Acta de la Prueba y el Informe Técnico.**

El Coordinador o cualquier Coordinado podrá hacer observaciones fundamentadas al acta de prueba e informe técnico emitido por el experto técnico dentro de un plazo de 10 días contados desde la fecha de publicación del informe técnico.

### **Artículo 24 Respuestas a las Observaciones.**

A partir del término del plazo para realizar observaciones, el experto técnico tendrá un plazo de 10 días para entregar al Coordinador las respuestas fundadas a las observaciones recibidas, las cuales serán publicadas en el sitio web del Coordinador.

### **Artículo 25 Establecimiento del Valor de Consumo Específico Neto.**

En caso que no existan observaciones de los Coordinados o el Coordinador, y una vez finalizado el plazo de observaciones, el Coordinador tendrá un plazo máximo de 10 días para establecer el valor de CEN de la unidad, para cada una de las modalidades de operación informadas al Coordinador.

En caso que existan observaciones de los Coordinados o el Coordinador, en el plazo de 10 días a contar de la fecha en que el experto técnico dé respuesta a las observaciones del acta de prueba y al informe técnico, el Coordinador establecerá el valor de CEN de la unidad. En caso de existir observaciones adicionales por parte del Coordinador, éste podrá efectuar consultas u observaciones adicionales a la información entregada por el experto técnico, las que deberán ser respondidas por en un plazo de 3 días.

Las respuestas a las observaciones adicionales serán analizadas por el Coordinador en un plazo de 3 días a contar de la entrega de las respuestas por parte del experto técnico, luego de lo cual el Coordinador establecerá el valor de CEN de la unidad.

Los valores de CEN resultantes de las pruebas realizadas entrarán en vigencia a partir del día siguiente de la fecha de la comunicación que aprueba dichos valores, y será utilizado para todos los procesos del Coordinador que correspondan.

## TÍTULO V. ASPECTOS TÉCNICOS DE LA PRUEBA DE CONSUMO ESPECÍFICO NETO.

### **Artículo 26 Protocolo de Pruebas.**

El experto técnico deberá proponer un protocolo de pruebas con una antelación no menor a 45 días corridos antes de la fecha de realización programada de la prueba, para observaciones de la Empresa Generadora que realizará la prueba y del Coordinador. Para el caso de unidades generadoras que se incorporen al parque generador del SI, el experto técnico deberá proponer el protocolo de pruebas a más tardar 45 días corridos antes de la fecha de realización programada para la prueba. Las bases en que deberá fundamentar su proposición deben considerar al menos los antecedentes que se describen en los artículos siguientes.

Al preparar su protocolo de pruebas, el experto técnico tendrá en cuenta las particularidades de cada central y de cada unidad generadora.

La Empresa Generadora deberá hacer llegar al Coordinador sus observaciones al protocolo propuesto, a más tardar 30 días corridos antes de la fecha de realización de la prueba.

El Coordinador revisará el protocolo propuesto por el experto técnico y las observaciones de la Empresa Generadora a dicho protocolo, y en un plazo de 15 días corridos enviará sus observaciones al experto técnico para que las incorpore en el protocolo de pruebas.

El experto técnico, en un plazo máximo de 3 días, enviará al Coordinador el protocolo incluyendo las observaciones realizadas. El Coordinador deberá presentar su conformidad al protocolo a más tardar 5 días antes de la realización de la prueba de CEN.

### **Artículo 27 Consideraciones Generales del Protocolo.**

Para elaborar el protocolo de pruebas se deberá considerar, al menos, lo siguiente:

- a) Niveles de generación para realizar las pruebas de CEN:

El test de verificación comprende la realización de mediciones en varios niveles de generación, que deben comprender al menos 7 estados de carga determinados por el Coordinador, debiendo considerar entre ellos al estado de potencia máxima y la potencia correspondiente a la carga de mínimo técnico.

Las pruebas pueden comenzarse siguiendo una rampa ascendente de carga o a la inversa.

- b) Períodos de tiempo requeridos para la estabilización y la medición.
- c) Pliego Técnico de las unidades, que incluye las especificaciones técnicas, procedimientos de operación; otras pruebas de desempeño y curvas de comportamiento que se hayan realizado durante el tiempo de operación de la central.
- d) Esquemas de las instalaciones y de sus servicios auxiliares;
- e) Esquemas de disposición de planta;

- f) Diagrama unilineal eléctrico de la central y unidades.
- g) Las normas internacionales ISO, ANSI, IEC o ASME aplicables dependiendo de la tecnología de la unidad generadora.
- h) Curvas de comportamiento de la potencia y el consumo de calor de la unidad térmica en función de los siguientes parámetros: altitud, temperatura ambiente y otros que se convenga entre partes.
- i) La clase de los instrumentos de medición a utilizar en las pruebas y la metodología de verificación de la precisión de dichos instrumentos como parte del protocolo.
- j) Diagrama unilineal del sistema de combustible
- k) Características técnicas de los medidores de combustible con sus respectivos certificados de calibración.
- l) Registro de las condiciones operacionales requeridas para dar el inicio a la prueba, entre otras:
- m) Temperatura, presión y variables de interés, de acuerdo a la tecnología de la unidad.
- n) Factor de potencia.
- o) Ajustes realizados para lograr condiciones iniciales para la realización de la prueba.
- p) Revisión del certificado de las características del combustible a utilizar en la prueba.
- q) Condiciones para el reinicio de la prueba o la validez de los antecedentes registrados en caso de eventuales interrupciones durante la realización de la misma, a requerimiento del Coordinador.

#### **Artículo 28 Normas y documentación de referencia**

A efectos de unificar los procedimientos de certificación del CEN, los ensayos deberán referirse, en el aspecto que corresponda, a las siguientes Normas, recomendaciones y documentos:

- a) Norma ASME PTC 46 "Performance Test Code on Overall Plant Performance"
- b) Norma ASME PTC 4 "Fired Steam Generators"
- c) Norma ASME PTC 6 "Performance Test Code 6 on Steam Turbines"
- d) Norma ASME PTC 22 "Performance Test Code on Gas Turbines"
- e) Norma ASME PTC 4.4 "Gas Turbine Heat Recovery Steam Generators"

- f) Norma ASME PTC 6.1 “Interim Test Code for an Alternative Procedure for Testing Steam Turbines”
- g) Norma ISO 2314 “Gas Turbines - Acceptance Test”
- h) Norma ASME PTC 6-R “Guidance for Evaluation of Measurement Uncertainty in Performance Test of Steam Turbines”
- i) Norma ASME PTC 6-S “Procedures for Routine Performance Test of Steam Turbines”
- j) Norma DIN 1943 Thermal acceptance tests of steam turbines
- k) Norma ASME PTC 17 “Reciprocating Internal-Combustion Engines”
- l) Norma ASME PTC 19.1 “Test Uncertainty”
- m) Norma ISO 3046 “Ensayos de Performance de Unidades de Generación Eléctrica Equipadas con Motores de Combustión Interna”
- n) Norma ISO 15550 “Requerimientos Generales para la Determinación de la Potencia en Motores de Combustión Interna”
- o) Normas AGA 3, AGA 7, AGA NX 19, para la medición de gas natural.
- p) Normas API - ASTM para la determinación de PCI, PCS, densidad y componentes de Productos de Petróleo.
- q) Manual de Operación y Mantenimiento de las unidades.
- r) Informes producidos por las Empresas de Mantenimiento vinculados con la operación y el estado de las unidades.
- s) Pruebas y ensayos anteriores realizados sobre la unidad.

Podrán seguirse las recomendaciones de otras Normas (ISO, DIN, ANSI, IEC), siempre que sean compatibles con las mencionadas en el presente Anexo.

#### **Artículo 29 Inicio del período de medición de la Prueba.**

El período de medición de la prueba se iniciará una vez lograda la operación estable de las unidades generadoras sometidas a prueba, bajo las exigencias normativas vigentes al momento de la prueba.

La unidad debe alcanzar la estabilidad térmica, la que se verificará observando la constancia en el tiempo de las temperaturas del metal en los diferentes puntos de medida con que cuenta el grupo.

La hora de inicio será consignada en el acta de la prueba.

### **Artículo 30 Condiciones de Operación durante la Prueba de Consumo Específico Neto.**

Mientras dura el período de medición de la prueba de CEN:

- a) Los instrumentos de medición de los distintos parámetros relevantes para la prueba deben encontrarse calibrados.
- b) Todos los dispositivos de control y protecciones, incluyendo alarmas, deben estar habilitados y operativos.
- c) Las unidades generadoras en prueba no participarán en el control de frecuencia y deberán operar en modo control de carga. Se entenderá por modo control de carga, al modo en el cual la unidad generadora está consignada, en forma exclusiva y mediante su respectivo lazo de control automático, al seguimiento del nivel de generación de referencia.
- d) En aquellas turbinas de gas que posean diferentes sistemas de enfriamiento de aire de aspiración: "Inlet Chilling", "Fogging o niebla de agua", "Enfriador Evaporativo", "Intercooling Evaporative o Overspray", entre otros, dicho sistema deberá estar fuera de servicio durante las pruebas, dado que pueden introducir distorsiones importantes en la determinación de la temperatura de aspiración del compresor. (ASME PTC 46 "Performance Test Code on Overall Plant Performance", párrafo 5.5.2)
- e) En el caso de las turbinas de vapor, o la parte de vapor de un ciclo combinado, el ciclo en su conjunto, incluida la caldera, operarán con purgas y retornos cerrados y los sistemas de regulación y control en automático. Solo podrá eventualmente regularse manualmente la carga de la unidad a fin de mantener la potencia activa en la carga de consigna.
- f) Las Pruebas de CEN deberán ser realizadas a un Factor de Potencia de 0.95, salvo en aquellos casos en los que se haya alcanzado los niveles de voltaje permisible en la red, en los cuales se realizara la prueba en el factor de potencia alcanzado, corrigiendo los valores de potencia obtenidos, según la curva de capacidad del generador en función del factor de potencia promedio obtenido en la prueba.

### **Artículo 31 Estabilidad de parámetros durante las pruebas**

- a) Turbinas de vapor y Ciclos Combinados: Son de aplicación las recomendaciones de ASME PTC 6, punto 3.8 y Tabla 3.1 para turbinas de vapor y para ciclos Combinados ASME PTC 46, Tabla 3.2.
- b) Turbinas de gas operando en ciclo abierto: Es de aplicación la Norma ASME PTC 22, punto 3.3.2 y Tabla 3.3.3
- c) Turbinas de gas operando con calderas de recuperación: Es de aplicación la Norma ASME PTC 4.4, punto 3.3.3 y Tabla 3.1
- d) Motores de combustión interna: Es de aplicación la Norma ISO 3046.

### **Artículo 32 Medición.**

La medición de potencia y factor de potencia deberá realizarse en bornes del generador, con instrumentos de Clase 0.2 o superior según norma IEC, con lecturas obtenidas directamente del medidor o por adquisición vía software dedicado, realizadas directamente en terreno y con un tiempo de muestreo máximo de 5 segundos. Asimismo, se deberá medir la potencia neta aguas abajo del transformador elevador o en su defecto medir todos los consumos que son propios de la unidad para permitir su funcionamiento, incluyendo las pérdidas del transformador elevador en los casos que corresponda.

Las mediciones de temperaturas serán realizadas con las termocuplas instaladas en el equipo, de acuerdo con ASME PTC 19.3. Los valores de temperaturas durante el Test, se relevarán cada 5 minutos, pudiéndose hacer uso de un sistema de adquisición de datos.

Para las turbinas de gas, la temperatura del aire de ingreso al compresor se debe medir después de los filtros.

Para motores de combustión interna la temperatura del aire de ingreso se debe medir en la zona de admisión de aire.

Para las turbinas de vapor, la temperatura del agua de enfriamiento se medirá a la entrada del condensador.

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

El flujo de gas natural será medido y totalizado con el equipo instalado en la unidad, previa calibración de los sensores de temperatura, presión y presión diferencial.

Las lecturas del integrador de flujo de gas natural, se tomarán al comienzo y a la finalización de cada prueba, con lecturas complementarias intermedias cada 15 minutos.

Se utilizará el medidor de flujo propio de la unidad, con clase  $\pm 1\%$  o mejor.

La calibración de los sensores primarios deberá tener 2 años de antigüedad como máximo, tomando como referencia la fecha de la prueba.

Las dimensiones y el estado de la placa de orificio, se controlarán con anterioridad al ensayo.

En caso de que el equipo de medición sea del tipo turbina, vortex o ultrasónico, la misma será calibrada al menos cada 5 años.

La medición del consumo de Fuel-Oil podrá realizarse por tanque calibrado o por caudalímetro contrastado de clase 0.5 o superior.

La calibración de los tanques puede realizarse sobre el tanque diario. En todos los casos se exigirá la presentación del certificado de calibración. La antigüedad máxima admisible del certificado de calibración de los tanques será de 10 años.

La antigüedad máxima admisible del certificado de contraste de los caudalímetros será de 5 años.

La medición del consumo de carbón se podrá realizar mediante métodos indirectos como el método "Input-Output" establecido en la Norma ASME PTC 4-2008, o métodos similares para dicho fin.

La calibración del sistema de pesaje deberá realizarse con anterioridad a cada ensayo.

Para la prueba podrá utilizarse el sistema de adquisición de datos instalado en las unidades, registrando las magnitudes que interesen a intervalos de 1 a 5 minutos.

Independientemente de las mediciones principales, se realizarán mediciones complementarias con el instrumental de operación permanente del grupo.

### **Artículo 33 Análisis de combustibles**

Con el objeto de determinar el poder calorífico del combustible utilizado durante los ensayos, se deberán tomar muestras durante los mismos para ser enviadas al laboratorio que se encargará del análisis correspondiente. Este laboratorio deberá estar homologado por las autoridades competentes. No obstante, cuando se disponga de un cromatógrafo en línea se podrán usar los resultados de los análisis de este, cuyas muestras deberán tener una periodicidad de, al menos, 15 minutos.

El informe del laboratorio, deberá contener la siguiente información:

- (i) Análisis cromatográfico en porcentaje volumétrico o molar que incluya el contenido de hidrocarburos (metano, etano, propano, isobutano, n-butano, isopentano, n-pentano, hexano y heptano), oxígeno, nitrógeno, dióxido de carbono y ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S).
- (ii) Peso molecular.
- (iii) Gravedad específica.
- (iv) Poderes caloríficos superior e inferior.

#### a) Gas natural

Se extraerán muestras del fluido antes y después de las pruebas, las que deberán enviarse para su análisis a un laboratorio.

#### b) Fuel Oil y Gas Oil

Se extraerán 2 muestras de 1 litro cada una, recomendándose el muestreo por goteo 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 y otra de respaldo.

#### c) Carbón Mineral

La certificación de la calidad del carbón deberá estar suscrita por un laboratorio a partir del análisis de muestras de carbón tomadas durante la realización de la prueba CEN.

d) Cenizas

Se extraerán muestras tanto de cenizas volantes como de escorias, las que deberán enviarse para su análisis a un laboratorio.

**Artículo 34 Funcionamiento de los Equipos durante el período de medición de la Prueba.**

Mientras dura el período de medición de la prueba, los equipos principales de la unidad generadora tales como caldera, turbina, generador, transformador principal y sus equipos auxiliares asociados, no deben superar sus valores nominales de operación, los cuales deberán ser informados previamente al experto técnico para ser considerados en el protocolo de pruebas.

**Artículo 35 Registro de Variables durante el período de medición de la Prueba.**

Durante el período de medición de la prueba se deberán registrar, al menos, las siguientes variables:

a) Turbinas de gas

- (i) Potencia activa y reactiva en bornes de la unidad.
- (ii) Factor de potencia
- (iii) Velocidad del rotor.
- (iv) Tensión.
- (v) Frecuencia.
- (vi) Consumos propios o auxiliares.
- (vii) Temperatura de gases de escape.
- (viii) Consumo de combustible.
- (ix) Temperatura del combustible.
- (x) Temperatura de aire de ingreso al compresor
- (xi) Presión de descarga del compresor.
- (xii) Presión de ingreso del fluido de trabajo.

b) Turbinas a vapor

- (i) Potencia activa y reactiva en bornes de la unidad.
- (ii) Factor de potencia.

- (iii) Velocidad del rotor.
- (iv) Tensión.
- (v) Frecuencia.
- (vi) Consumos propios o auxiliares.
- (vii) Temperatura y presión del vapor.
- (viii) Presión de extracciones.
- (ix) Presión del vapor de entrada al condensador.
- (x) Consumo de combustible.
- (xi) Temperatura del combustible.
- (xii) Temperatura del agua de enfriamiento que ingresa al condensador.
- (xiii) Temperatura de recalentamiento.
- (xiv) Flujo de agua de refrigeración.
- (xv) Temperatura de agua de refrigeración.
- (xvi) Temperatura de agua de precalentada.

c) Ciclos combinados

- (i) Potencia activa y reactiva en bornes de la unidad.
- (ii) Consumo de combustible.
- (iii) Consumos propios o auxiliares.
- (iv) Caudal de condensado.
- (v) Caudal de agua de alimentación.
- (vi) Caudal de vapor principal.
- (vii) Presión en el condensador.
- (viii) Temperatura de condensado.
- (ix) Temperatura de agua de alimentación.
- (x) Presión de vapor principal (bar).
- (xi) Temperatura de vapor principal.

- (xii) Temperatura de gases de escape a la entrada de la caldera de recuperación.
- (xiii) Temperatura de gases de escape en chimenea.
- (xiv) Posición de los álabes directores de entrada al (a los) compresor(es) de la(s) turbinas de gas
- (xv) Temperatura del agua de refrigeración en entrada y salida.

d) Motores de combustión interna

- (i) Potencia activa y reactiva en bornes de la unidad.
- (ii) Factor de potencia
- (iii) Temperatura de aire de ingreso al compresor o del múltiple de admisión
- (iv) Presión barométrica
- (v) Velocidad del rotor.
- (vi) Tensión.
- (vii) Frecuencia.
- (viii) Consumos propios o auxiliares.
- (ix) Temperatura de gases de escape.
- (x) Consumo de combustible.
- (xi) Temperatura del combustible.

En todos los casos se deberán registrar las condiciones ambientales que tengan relación con la operación de las unidades, entre otras, temperatura, velocidad del viento, radiación, presión y humedad.

**Artículo 36 Correcciones al Consumo Específico Neto**

El CEN determinado en la prueba correspondiente podrá ser corregido a fin de homologarlo con los valores de referencia para los cuales fue calculada la potencia original de garantía. Para ello se hará uso de las curvas o ecuaciones de corrección provistas por el fabricante.

En caso de no disponerse de las curvas originales de la unidad, pueden usarse otras de unidades similares (misma marca, potencia y tipo de máquina).

De no contarse con ellas, en las Normas ASME mencionadas se encuentran ejemplos de curvas de corrección tipo, las que convenientemente adaptadas, también pueden usarse.

- a) Correcciones al consumo específico de calor de una turbina de vapor (unidad TV)
  - (i) Corrección por temperatura de aire de entrada al VTF de la caldera.
  - (ii) Corrección por temperatura de agua de circulación o por presión en el condensador.
  - (iii) Corrección por factor de potencia.
  - (iv) Corrección por presión y temperatura de vapor sobrecalentado.
- b) Correcciones al consumo específico de calor de una turbina de gas (unidad TG)
  - (i) Corrección por temperatura de aire de aspiración
  - (ii) Corrección por depresión en la aspiración
  - (iii) Corrección por contrapresión de escape
  - (iv) Corrección por humedad relativa
- c) Correcciones al consumo de calor de un Ciclo Combinado
  - (i) Se toman las mismas correcciones que para las unidades TV y TG, aplicadas a la unidad correspondiente.
- d) Correcciones a la potencia de un motor de combustión interna
  - (i) Corrección por temperatura de aire de aspiración
  - (ii) Corrección por factor de potencia
  - (iii) Corrección por humedad relativa

## TÍTULO VI. TRANSITORIO.

### **Artículo 37 Actualización de CEN.**

Los Consumos Específico Netos informados a la fecha en que el presente Anexo entre en vigencia, deberán ser actualizados por las respectivas Empresas Generadoras, conforme al presente Anexo, en un plazo de 36 meses contados a partir de dicha fecha de vigencia. Para dicho fin, el Coordinador deberá establecer un cronograma con la identificación de cada unidad generadora y la fecha en que cada una de éstas deberá actualizar sus respectivos Consumos Específico Netos.

Para el cumplimiento de la exigencia establecida en el inciso precedente, se considerarán actualizados aquellos Consumos Específicos Netos que hayan sido determinados de acuerdo al último procedimiento vigente, aprobado mediante Resolución Exenta CNE N° 363 de fecha 8 de agosto de 2014.