

Anexo 1 Procedimiento realización prueba Consumo Térmico Específico y Capacidad Efectiva Neta de las plantas térmicas del SIN.	Subcomité de Plantas	
--	-----------------------------	---

Revisión	Fecha	Descripción
1	2025-06-19	Actualización del procedimiento de definición de la capacidad efectiva neta de las plantas térmicas cuando se utiliza como combustible BIOMASA SÓLIDA.

1 GENERALIDADES

La prueba para determinar el Consumo Térmico Específico Neto y Capacidad Efectiva Neta de las plantas térmicas del Sistema Interconectado Nacional – SIN, se debe realizar de acuerdo con los procedimientos establecidos en este documento.

Alcance de la prueba

Como resultado de esta prueba se obtendrán los valores del Consumo Térmico Específico Neto y Capacidad Efectiva Neta de las unidades de generación térmica del Sistema Interconectado Nacional.

Definiciones

- **Eficiencia:** Es la relación en porcentaje que existe entre la energía eléctrica producida y la energía térmica del combustible que se utiliza para producirla.

$$(\%) = \text{kWhe}/\text{Kwht}) \times 100$$

Donde:

(%) Eficiencia

Kwhe Cantidad de energía eléctrica - KWh

Kwht Cantidad de energía térmica del combustible utilizado KWh

Para la conversión de la energía térmica del combustible a KWh se usarán los siguientes factores:

$$1 \text{ KWht} = 3600 \text{ J} = 3412.14 \text{ Btu} = 859.86 \text{ Kcal}$$

- **Eficiencia neta:** Es la eficiencia que se calcula aplicando la fórmula anterior, midiendo la energía eléctrica generada en la frontera comercial del generador. Cuando se cuenta con más de una frontera comercial, la cantidad de energía eléctrica generada será la suma de la energía eléctrica registrada en las diferentes fronteras comerciales.
- **Consumo Térmico Específico:** Es otra forma de expresar la eficiencia de una unidad de generación térmica, en términos de la cantidad de calor del combustible requerido para generar un kilovatio-hora.

$$\text{HR} = \text{Qa}/\text{Kwh.}$$

Donde:

HR Consumo Térmico Específico (Heat Rate)

Qa Calor agregado al ciclo térmico en forma de combustible, Btu

Kwh Energía eléctrica generada

- **Consumo Térmico Específico Neto:** Es el calculado aplicando la fórmula anterior (HR), midiendo la energía eléctrica generada en la frontera comercial del generador, y la energía calórica del combustible utilizado; y obtenido según el procedimiento descrito en el presente Anexo. Cuando se cuenta con más de una frontera comercial, la cantidad de energía eléctrica neta generada será la suma de la energía registrada en las diferentes fronteras comerciales.
- **Poder Calórico del Combustible.** Es el contenido energético de un combustible, es decir, la cantidad de energía calórica en un volumen o masa de combustible dado. Se expresa usualmente en Btu/Pc, Kcal/Kg o Btu/Lb.
- **Poder Calórico Superior o Bruto (High Heating Value, HHV) y Poder Calórico Inferior o Neto (Low Heating Value, LHV)**
- **El poder Calórico Superior o Bruto (High Heating Value, HHV),** es la cantidad de energía transferida como calor en la reacción de combustión donde todos los productos de combustión son enfriados a 60°F y el agua producto de la reacción ha sido condensada.
- **El Poder Calórico Inferior o neto (Low Heating Value, LHV),** es la cantidad de energía transferida como calor en la reacción de combustión, pero el agua que se forma en la combustión permanece en la fase de vapor. Para calcular el consumo térmico específico neto se considerará el Poder Calórico Inferior Ideal (LHV) del combustible.

La diferencia entre los dos valores anteriores es esencialmente el calor latente de evaporación del vapor de agua que se encuentra en los gases de escape, que incluye el agua presente en el combustible y la que se produce por la combustión del hidrógeno.

- **Capacidad Efectiva Neta de las plantas y/o unidades del SIN:**

De acuerdo con la Resolución CREG 074 de 2002, es la máxima capacidad de potencia neta que puede suministrar una planta y/o unidad de generación en condiciones normales de operación, medida en la frontera comercial. La capacidad efectiva neta será determinada durante las pruebas de consumo térmico específico.

Cuando 2 o más plantas de generación compartan activos de conexión, la capacidad efectiva neta se medirá para la planta o unidad de generación en la frontera comercial individual como lo establece la Resolución CREG 200 de 2019.

- **Pruebas de recepción.** Son las pruebas efectuadas a una unidad o planta de generación, previas a la declaración de entrada en operación comercial.

2 INSTRUMENTOS

Mediciones Eléctricas

La medición de la energía eléctrica neta en la frontera comercial de la central se hará con instrumentos que cumplan con lo dispuesto en el código de medida o aquellas normas que lo sustituyan o complementen.

La medición de la energía eléctrica bruta, en los bornes del generador y, de ser necesario, la del consumo de auxiliares, se hará utilizando los vatímetros propios de la unidad en prueba.

La medición del factor de potencia se hará utilizando el instrumento propio de la unidad. Si el Auditor considera que la lectura no tiene la precisión adecuada, se leerá la energía activa y reactiva del respectivo generador y se calculará el factor de potencia.

Medición de combustible

Gas natural

Los medidores de flujo de gas natural utilizados para las pruebas deberán cumplir con el máximo error establecido en el Reglamento Único de Transporte (RUT) de gas natural por redes. La fecha de verificación de los instrumentos de medición de flujo de gas no podrá ser superior a 1 año, con relación a la fecha de la prueba. El acta o certificado de verificación deberá ser expedido por el transportador de gas natural, su delegado, o una entidad con capacidad para prestar este tipo de servicios.

Combustibles líquidos

Las plantas y/o unidades que operan con combustible líquido deberán tener medidores con un error de máximo 0.5%. La fecha de verificación de los contadores de combustible líquido no podrá ser superior a 1 año, con relación a la fecha de la prueba. El acta o certificado de verificación deberá ser expedido por una entidad con capacidad para prestar este tipo de servicios, fabricante o su representante.

Carbón

La medición de la cantidad de carbón consumida por la unidad durante la prueba se hará utilizando los alimentadores gravimétricos propios de la unidad. Si la unidad cuenta con alimentadores volumétricos que puedan medir el volumen de carbón consumido, se podrá hacer la medición del volumen de carbón consumido durante la prueba, siempre y cuando un laboratorio competente certifique la densidad del carbón en las condiciones en que este cae de las tolvas a los alimentadores, con el fin de poder calcular la masa del carbón consumido. Las centrales de carbón que no cuenten con estos equipos harán la medición en la báscula instalada en la banda transportadora que alimenta las tolvas de carbón, siguiendo el procedimiento descrito en este Anexo.

La fecha de expedición del Acta o Certificado de Calibración de verificación la báscula no podrá ser mayor a 1 año, con relación a la fecha de la prueba, y deberá ser expedido por una entidad con capacidad para expedir este tipo de certificados.

Biomasa

La medición de la cantidad de biomasa consumida por la unidad durante la prueba se hará utilizando los alimentadores gravimétricos propios de la unidad. Si la unidad cuenta con alimentadores volumétricos que puedan medir el volumen de biomasa consumida, se podrá hacer la medición del volumen de biomasa consumida durante la prueba, siempre y cuando un laboratorio competente certifique la densidad de la biomasa en las condiciones en que este cae de las tolvas a los alimentadores, con el fin de poder calcular la masa de la biomasa consumida. Las centrales de biomasa que no cuenten con estos equipos harán la medición en la báscula instalada en la banda transportadora que alimenta las tolvas de BIOMASA, siguiendo el procedimiento descrito en este Anexo.

La fecha de expedición del Acta o Certificado de Calibración de verificación de la báscula no podrá ser mayor a 1 año, con relación a la fecha de la prueba, y deberá ser expedido por una entidad con capacidad para expedir este tipo de certificados.

Temperatura y Humedad Relativa

La temperatura ambiente se medirá con un termómetro que tenga una precisión dentro del rango de ± 0.5 °C. Esta medición se efectúa solamente en el caso de las turbinas de combustión.

La humedad relativa se medirá con un psicrómetro que tenga una precisión dentro del rango de ± 0.5 °C. Esta medición se efectúa en las turbinas de combustión que cuentan con enfriador evaporativo u otro sistema de enfriamiento de aire de entrada.

El termómetro o psicrómetro correspondiente deberá estar situado durante el período de la prueba, en un sitio a la sombra y en cercanías de la admisión de aire al compresor de la turbina de gas respectiva. Para aquellas plantas que tengan instalado el sistema de medición que cumplan con los requerimientos de precisión podrán ser utilizados sus registros para las pruebas.

Los termómetros y psicrómetros, a cargo del auditor, deberán tener un certificado de verificación expedido por el fabricante de estos, o por una entidad con capacidad para prestar este tipo de servicios.

3 Procedimiento

La prueba se realizará a plena carga y se iniciará una vez el operador considere que los parámetros de operación de la unidad se encuentran estables.

Durante las pruebas deberán estar en funcionamiento todos los equipos auxiliares propios de la unidad que sean necesarios para su operación, incluyendo aquellos servicios auxiliares tales como iluminación de las áreas de operación y aire acondicionado de la sala de control.

En las centrales que tengan más de una unidad, la prueba debe realizarse estando los auxiliares alimentados del sistema propio de esa unidad, teniendo siempre abierto el interruptor de acople entre barrajes de auxiliares de diferentes unidades. En caso de no ser posible, por no contar con dicho interruptor, se distribuirán las cargas proporcionalmente a las capacidades efectivas netas de las unidades. El auditor verificará detalladamente la posición de todos los interruptores de acople entre las barras auxiliares.

En caso de que la medición de la energía se efectúe en la frontera comercial, pero los auxiliares estén alimentados por una fuente externa (otra unidad de la central o sistema interconectado), a la energía medida en la frontera comercial se deducirá la energía consumida por los auxiliares de la planta durante la prueba.

3.1 Unidades a gas natural o combustible líquido

La prueba de las unidades operando con gas natural o combustible líquido tendrá una duración de una hora.

Durante la prueba se tomarán lecturas acumuladas, que serán base de los cálculos de consumo térmico específico neto y capacidad efectiva neta, y lecturas instantáneas que servirán primordialmente para verificar que las condiciones de operación de la unidad permanezcan estables durante la prueba.

3.1.1 Lecturas acumuladas

- Se medirá la energía eléctrica neta entregada al Sistema Interconectado Nacional en la frontera comercial, utilizando los instrumentos propios de la planta. Esta energía se medirá tomando las lecturas inicial y final del contador de la unidad y haciendo la diferencia.
- Si el contador está instalado en la salida de alta tensión del transformador principal, estas lecturas se anotarán en la columna del contador No 1 del Anexo 2 de este acuerdo, y el resultado es la energía neta.
- Si el contador está instalado para medir la energía en bornes del generador, se tomarán también las lecturas del contador de auxiliares y se anotarán en la columna Contador No 2 del Anexo 2; y, si fuese necesario, en la columna Contador No 3 del Anexo 2. La energía neta será en ese caso la diferencia entre las columnas Contador No 1 (generación bruta) y la suma de las columnas Contador No 2 y Contador No 3 (consumos auxiliares); En estos casos se

deberán tener en cuenta las pérdidas del transformador elevador del generador.

- Cuando la alimentación de los servicios auxiliares y/o consumo propio de la planta de generación se abastezca en su totalidad y de manera permanente por una fuente externa (diferente a la planta y al SIN), no se descontarán dichos consumos de la lectura en frontera comercial en la planta.
- El consumo de combustible registrado durante la prueba se medirá tomando las lecturas acumuladas inicial y final en el medidor correspondiente, según el combustible utilizado. Esta medición (en pies cúbicos para el gas y galones, kilogramos, metros cúbicos o libras para combustibles líquidos) del combustible consumido en el período será la utilizada para los cálculos.

Cuando los contadores de energía eléctrica o los medidores de combustible posean un software que permita el registro automático de las mediciones, serán estos los valores oficiales de la prueba, ya que son más exactos que los registrados visualmente por el Auditor.

3.1.2 Lecturas instantáneas

Se tomarán lecturas instantáneas, cada diez minutos, del flujo de combustible, generación bruta (en bornes de generador), factor de potencia y, en el caso de las turbinas de combustión, la temperatura ambiente. Si la turbina de combustión cuenta con enfriador evaporativo u otro sistema de enfriamiento de aire, se tomará adicionalmente la humedad relativa.

Los datos instantáneos de flujo de gas sirven solamente para comprobar la carga estable de la unidad. Los promedios de las lecturas de la generación bruta, factor de potencia, temperatura ambiente y humedad relativa se utilizan para el cálculo de los factores de corrección.

3.1.3 Muestreo de combustible

Se tomarán dos muestras de gas o del combustible líquido utilizado, una al inicio y la otra al final de la prueba. La toma de muestras será supervisada por un representante de la Auditoría.

Los análisis de las muestras deberán ser enviadas por el operador de la planta a un laboratorio diferente al de la planta y reconocido.

El auditor vigilará la toma de las muestras, pero es responsabilidad del agente remitirlas al laboratorio para su análisis, cuyos resultados deberán ser de igual forma enviados por el agente al Auditor.

Los análisis de laboratorio deberán especificar lo siguiente:

- Poder calorífico volumétrico ideal y real, bruto y neto (HHV y LHV), para el caso del gas natural.
- Poder calorífico Bruto (HHV) del combustible líquido
- Poder calorífico Neto (LHV) calculado a partir del bruto y del contenido de hidrógeno, del combustible líquido.

- Densidad y gravedad específica del combustible líquido.

3.2 Unidades a carbón

Las pruebas de las unidades operando con carbón tendrán una duración de una hora, cuando la medición del combustible se haga por medio de alimentadores gravimétricos, o cuando la medición del volumen se haga por medio de alimentadores volumétricos, siempre y cuando un laboratorio competente certifique la densidad del carbón.

Si la central no cuenta con estos equipos, pero puede suspender la alimentación de carbón a la caldera en forma instantánea al finalizar la prueba, la duración de ésta será de dos (2) horas.

Si el suministro de carbón a la caldera debe sostenerse aún después de finalizar la prueba, la duración de la misma será de al menos cuatro (4) horas.

Durante la prueba se tomarán lecturas acumuladas, que serán la base de los cálculos de Consumo Térmico Específico Neto y Capacidad Efectiva Neta, y lecturas instantáneas que servirán primordialmente para verificar que las condiciones de operación de la unidad permanezcan estables durante la prueba.

3.2.1 Lecturas acumuladas

Se tomarán lecturas acumuladas de la energía neta entregada al Sistema, al comienzo y al final de la prueba, en la misma forma descrita para las unidades a gas o combustibles líquidos en el numeral 3.1 de este Anexo.

En las centrales que cuentan con alimentadores gravimétricos de Carbón o alimentadores volumétricos que permitan medir el volumen consumido, se tomarán las lecturas acumuladas inicial y final de estos equipos.

Las centrales a Carbón que no cuenten con alimentadores gravimétricos o volumétricos que permitan la medición, podrán utilizar el método de tolvas llenas para medir la cantidad de carbón consumido durante la prueba. Este método consiste en determinar al inicio de la prueba un nivel de referencia en las tolvas, en el cual se rasa el material homogéneamente. Se suspende la alimentación a las tolvas y se inicia la prueba.

En las centrales que tengan la posibilidad de suspender el suministro de Carbón a la caldera en forma instantánea, sustituyéndolo por otro combustible sin afectar la operación de la unidad, al término de la prueba se suspende la alimentación al pulverizador de carbón y se repone la cantidad de combustible faltante hasta el nivel inicial de referencia de las tolvas, haciendo simultáneamente el pesaje, mediante la báscula instalada en la banda transportadora. La medida resultante en la báscula será equivalente al carbón o Biomasa consumido durante la prueba.

Cuando se utiliza el método de tolvas llenas se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Garantizar que el nivel inicial de referencia sea suficiente para el suministro de carbón o biomasa durante toda la prueba.
- Garantizar que no exista alimentación a las tolvas mientras se realiza la prueba.
- Verificar durante el llenado de reposición que el carbón o Biomasa tenga la misma característica física que el consumido durante la prueba.
- Comprobar que la báscula instalada en el sistema de transporte de carbón posea un certificado de calibración proveniente de una entidad competente.
- Confirmar que el nivel de referencia en las tolvas sea el mismo al inicio y al final de la prueba.
- Verificar que los alimentadores de carbón que suministran combustible para la prueba sean detenidos al finalizar la prueba.
- Cotejar para efectos de cálculo, los datos iniciales y finales de pesado en la báscula.

En las centrales térmicas a carbón en las que no sea posible técnicamente factible suspender instantáneamente la alimentación al pulverizador, se podrá usar el siguiente procedimiento, previo acuerdo con la Auditoría:

- Al inicio de la prueba se determinará el nivel de referencia de las tolvas.
- Durante el transcurso de la prueba se alimentan periódicamente las tolvas, regresando cada vez el nivel original que tenían al comenzar la prueba.
- Cuando se supere el tiempo mínimo establecido de cuatro horas para la prueba y el nivel de las tolvas se encuentre en situación original, se toman simultáneamente las lecturas del carbón que ha sido pesado en la báscula, del contador de energía eléctrica y de la hora exacta.

3.2.2 Lecturas instantáneas

Se tomarán lecturas instantáneas, cada diez minutos para las unidades que cuentan con alimentadores gravimétricos o con alimentadores volumétricos que permitan la medición y cada treinta minutos en las que efectúan la medición por el método de tolva llena, del flujo de combustible, generación en bornes del generador y factor de potencia.

Los datos instantáneos de flujo de combustible sirven solamente para comprobar la carga estable de la unidad. Los promedios de las lecturas de la generación bruta y factor de potencia se utilizan para el cálculo de los factores de corrección.

3.2.3 Muestreo de combustible (Carbón)

En las centrales a carbón en las que existan facilidades para tomar muestras del carbón que está entrando a la caldera, en la parte inferior de las tolvas o en los alimentadores, se tomarán muestras cada veinte minutos.

En las centrales que no cuenten con esta facilidad y sea necesario tomar las muestras a la llegada de la banda transportadora a las tolvas, se tomarán muestras del carbón que se estima será consumido en la caldera a la hora de la prueba, con una periodicidad que será acordada con el Auditor.

Las muestras recolectadas serán homogeneizadas y cuarteadas de manera que se obtenga una muestra promedio del carbón utilizado durante la prueba, que será dividida en dos partes: una de ellas será enviada a un laboratorio competente para su análisis y la otra será reservada como testigo en la respectiva central, por lo menos durante tres meses.

Los análisis de laboratorio deberán especificar lo siguiente:

- Análisis próximo.
- Análisis último.
- Poder calorífico bruto y neto (HHV y LHV).

3.3 Unidades a BIOMASA

Las pruebas de las unidades operando con biomasa tendrán una duración de una hora, cuando la medición del combustible se haga por medio de alimentadores gravimétricos, o cuando la medición del volumen se haga por medio de alimentadores volumétricos, siempre y cuando un laboratorio competente certifique la densidad de la biomasa bien sea:

- A partir de los resultados de los análisis de laboratorio a la muestra de combustible tomada durante la prueba, o
- A partir de las mediciones de humedad del sistema de medición integrado con la báscula dinámica de pesaje ubicada en la banda transportadora, si se cuenta con esta facilidad.

Si la central no cuenta con estos equipos, alimentadores gravimétricos o volumétricos, pero puede suspender la alimentación de biomasa a la caldera en forma instantánea al finalizar la prueba, la duración de ésta será de dos (2) horas.

Si el suministro de biomasa a la caldera debe sostenerse aún después de finalizar la prueba, la duración de esta será de al menos cuatro (4) horas.

Durante la prueba se tomarán lecturas acumuladas, que serán la base de los cálculos de Consumo Térmico Específico Neto y Capacidad Efectiva Neta, y lecturas instantáneas que servirán primordialmente para verificar que las condiciones de operación de la unidad permanezcan estables durante la prueba.

3.3.1 Lecturas acumuladas

Se tomarán lecturas acumuladas de la energía neta entregada al Sistema, al comienzo y al final de la prueba, en la misma forma descrita para las unidades a gas o combustibles líquidos en el numeral 3.1 de este Anexo.

En las centrales que cuentan con alimentadores gravimétricos de biomasa o alimentadores volumétricos que permitan medir el volumen consumido, se tomarán las lecturas acumuladas inicial y final de estos equipos.

Las centrales a biomasa que no cuenten con alimentadores gravimétricos o volumétricos que permitan la medición, pero cuenten con una báscula dinámica en la banda de transporte de biomasa hacia las tolvas, podrán utilizar el método de tolvas llenas para medir la cantidad de biomasa consumida durante la prueba. Este método consiste en determinar al inicio de la prueba un nivel de referencia en las tolvas, en el cual se rasa el material homogéneamente. Se suspende la alimentación a las tolvas y se inicia la prueba. Al final de la prueba se repone biomasa a la tolva hasta recuperar el nivel de referencia, este material se pesa en el cargue y corresponde a la biomasa consumida durante la prueba.

En las centrales que tengan la posibilidad de suspender el suministro de biomasa a la caldera en forma instantánea, sustituyéndolo por otro combustible sin afectar la operación de la unidad, al término de la prueba se suspende la alimentación a la caldera y se repone la cantidad de combustible faltante hasta el nivel inicial de referencia de las tolvas, haciendo simultáneamente el pesaje, mediante la báscula instalada en la banda transportadora. La medida resultante en la báscula será equivalente a la biomasa consumida durante la prueba.

Cuando se utiliza el método de tolvas llenas se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Garantizar que el nivel inicial de referencia sea suficiente para el suministro de biomasa durante toda la prueba.
- Garantizar que no exista alimentación a las tolvas mientras se realiza la prueba.
- Verificar durante el llenado de reposición que la biomasa tenga la misma característica física que la consumida durante la prueba.
- Comprobar que la báscula instalada en el sistema de transporte de biomasa posea un certificado de calibración proveniente de una entidad competente.
- Confirmar que el nivel de referencia en las tolvas sea el mismo al inicio y al final de la prueba.
- Verificar que los alimentadores de biomasa que suministran combustible para la prueba sean detenidos al finalizar la prueba.
- Cotejar para efectos de cálculo, los datos iniciales y finales de pesado en la báscula.

- En las centrales térmicas a biomasa en las que no sea posible técnicamente factible suspender instantáneamente la alimentación a la caldera, se podrá usar el siguiente procedimiento, previo acuerdo con la Auditoría:
- Al inicio de la prueba se determinará el nivel de referencia de las tolvas.
- Durante el transcurso de la prueba se alimentan periódicamente las tolvas, regresando cada vez el nivel original que tenían al comenzar la prueba.
- Cuando se supere el tiempo mínimo establecido de cuatro horas para la prueba y el nivel de las tolvas se encuentre en situación original, se toman simultáneamente las lecturas de la biomasa que ha sido pesado en la báscula dinámica instalada en el sistema de transporte, del contador de energía eléctrica y de la hora exacta.

3.3.2 Lecturas instantáneas

Se tomarán lecturas instantáneas, cada diez minutos para las unidades que cuentan con alimentadores gravimétricos o con alimentadores volumétricos que permitan la medición y cada treinta minutos en las que efectúan la medición por el método de tolva llena, del flujo de combustible, generación en bornes del generador y factor de potencia.

Los datos instantáneos de flujo de combustible sirven solamente para comprobar la carga estable de la unidad. Los promedios de las lecturas de la generación bruta y factor de potencia se utilizan para el cálculo de los factores de corrección.

3.3.3 Muestreo de combustible

En las centrales a biomasa en las que existan facilidades para tomar muestras de la biomasa que está entrando a la caldera, en la parte inferior de las tolvas o en los alimentadores, se tomarán muestras cada veinte minutos.

En las centrales que no cuenten con esta facilidad y sea necesario tomar las muestras a la llegada de la banda transportadora a las tolvas, se tomarán muestras de la biomasa que se estima será consumida en la caldera a la hora de la prueba, con una periodicidad que será acordada con el Auditor con base en la metodología indicada en la norma ISO 1835:2015.

Las muestras recolectadas serán homogeneizadas y cuarteadas de manera que se obtenga una muestra promedio de la biomasa utilizada durante la prueba, que será dividida en dos partes: una de ellas será enviada a un laboratorio competente para su análisis y la otra será reservada como testigo en la respectiva central, por lo menos durante tres meses.

Los análisis de laboratorio deberán especificar lo siguiente:

- Análisis próximo.
- Análisis último.
- Poder calorífico bruto y neto (HHV y LHV).

Para el proceso de muestreo se recomienda seguir las directrices de la Norma ISO 18135:2015, que es específica para el muestreo de biocombustibles sólidos, en ella se presentan las alternativas de muestreo (Manual o mecánico/automático) que se aplican según las opciones de la planta en estudio.

Un punto importante es la prioridad de que la muestra sea representativa de la biomasa que se está consumiendo en la prueba, para ello se calcula el tamaño de la muestra a partir del cálculo del número y tamaño de los incrementos a tomar y el producto de estos dos factores determina el tamaño de muestra.

Como principio para el muestreo y garantizar su representatividad se plantea que la mejor condición para tomar la muestra es con la biomasa en movimiento (ideal en las bandas de alimentación) ya que allí se tiene acceso a todo el material que se usa en la prueba y todas las partículas de biomasa tienen la misma probabilidad de ser integrantes de la muestra, requisito base para su representatividad. El proceso de Muestreo siempre involucra errores, el estándar se centra en la precisión de los resultados. La ecuación siguiente presenta el cálculo de número de incrementos (n)

$$n_{\min} = \frac{4V_I}{N_{SL} P_t^2 - 4V_{PT}}$$

Donde:

Nst : Numero de sub-lotes.

VI : Varianza de incremento primario.

Vpt: Varianza de preparación y prueba.

PI : Precisión general.

n : número de incrementos.

En este aspecto la dificultad está en la determinación de las varianzas (VI y Vpt), para ello existen tres formas de obtener el valor:

- Determinación experimental.
- Uso de valores de referencia: VI. Anexo D ISO 18135.
- Valores preestablecidos en el estándar: Anexo E ISO 18135.

El tamaño (volumen) mínimo del incremento esta dado por:

- Volincr = 0,5 para d95 < 10 mm.
- Volincr = 0,05 * d95 para d95 > 10mm.

Donde:

- Volincr es el volumen mínimo del incremento, litro.

- o d95 es el tamaño máximo nominal, mm.

Una vez obtenida la muestra de planta, que resulta de un tamaño importante dada la cantidad de biomasa que se muestrea, se tiene el reto de preparar esta muestra reduciendo su tamaño, de tal forma que se obtenga una muestra representativa que sea manejable por el laboratorio certificado responsable de los análisis. En este sentido, como complemento a la ISO 18135 que se centra en el protocolo de muestreo en planta, se cuenta con la ISO 14780:2017, que da las directrices a seguir en la preparación y reducción de tamaño de la muestra, para obtener una muestra representativa de un tamaño manejable por el laboratorio.

De esta manera la ISO 14780 orienta los pasos a seguir en la preparación de la muestra sin que esta pierda su representatividad; como base de reducción de tamaño tiene el cuarteo, para lo cual presenta un número importante de alternativas manuales y mecánicas para este proceso, en el cual se va dividiendo la muestra en porciones más pequeñas, descartando una parte y continuando el proceso de reducción con la otra, hasta que se obtenga un tamaño adecuado.

Adicionalmente da pautas de preparación de la muestra como pre-secado, reducción de tamaño de partícula, entre otras. Se enfatiza en los cuidados necesarios para el manejo y empaque de la muestra a fin de evitar deterioro de la misma o contaminación con agentes externos que puedan alterar resultados.

Como referencia rápida en el anexo E de ISO 18135, se presentan tablas (E1 a E9) donde, se establece el número de incrementos a tomar en función del número de Sub – lotes (lotes) a muestrear, los cuales se definen de acuerdo a la cantidad de biomasa que consume la planta durante la prueba, tomando en cuenta que para muestreo manual se permiten lotes hasta de 2500 t y para muestreo mecánico/automático se pueden manejar lotes hasta de 5000 t.

Como se presenta a continuación (tabla E6 Anexo E ISO 18135). Las tablas citadas a partir del número de sub-lotes (lotes) a muestrear da el número de incrementos(muestras) a tomar según el parámetro a analizar: 1) Humedad total, 2) Cenizas, 3) HHV, y en algunos casos tamaño de partículas y resistencia mecánica (para el caso de pellets).

Table E.6 — Number of increments per (sub)-lot for logging residue, from conifer with nominal top size of 64 mm

number of sub-lots (N _{SL})	number of increments (n) per (sub)-lot		
	Total moisture	Ash	Particle size distribution
	P _L =1,5 w-%	P _L =1,0 w-%	P _L =5,0 w-%
1	Too low P _L	Too low P _L	Too low P _L
2	25	10	Too low P _L
3	10	10	Too low P _L
4	10	10	Too low P _L
5	10	10	10

4 Documentos de la prueba

La información básica referente a la prueba, la información general sobre la planta, las mediciones realizadas y los resultados obtenidos, serán consignados en tres documentos básicos:

- Informe pruebas de consumo Térmico Específico Neto y Capacidad Efectiva Neta, cuyo formato se incluye en el anexo 2 de este documento.
- Protocolo de pruebas de Consumo Térmico Específico Neto y Capacidad Efectiva Neta, cuyo formato se incluye en el Anexo 2 de este documento. Se utilizará el formato de protocolo correspondiente al combustible que se use en cada central.
- Anexos.

4.1 Informe de Pruebas

En el informe de pruebas se consignará el nombre de la planta y número de la unidad, propietario u operador, fecha de la prueba y nombre del representante del Agente y de la Auditoría que participaron en la ejecución de la prueba, en las mediciones y en la toma de muestra de combustibles.

Se hará un breve resumen sobre el desarrollo de la prueba en el cual se incluirán aspectos tales como: hora en que se realizó la prueba en cada unidad, carga de la unidad, etc. Se anotará si la prueba se realizó siguiendo este procedimiento o qué desviaciones se presentaron, así como su razón.

Se consignarán las observaciones particulares a que haya lugar.

Se anotarán los resultados de las pruebas en términos de eficiencia (en porcentaje) y consumo térmico específico neto (Btu/KWh), así como capacidad efectiva neta (KW), corregidos a las condiciones de temperatura ambiente media multianual, humedad relativa media multianual (en los casos que se requieran correcciones por estos factores), factor de potencia y presión de referencia (en caso de que la presión base de los medidores de gas difiera de la presión a la que el respectivo laboratorio reporte el poder calorífico).

Cuando aplique, el auditor deberá verificar en campo la alimentación de los servicios auxiliares a partir de una fuente externa, la cual debe ser en su totalidad y de forma permanente.

Además, con el objeto de verificar la alimentación total y permanente de los servicios auxiliares con una fuente externa, deberá realizar una prueba de conmutación de la alimentación principal de los servicios auxiliares a la fuente de respaldo.

4.2 Protocolo de pruebas

Se utilizará un formato para cada unidad de la central y para cada combustible utilizado en las pruebas.

El formato consta de las siguientes secciones:

- A. Información general.
- B. Datos tomados durante las pruebas.
- C. Resultados de las pruebas.
- A. Información General

En este campo se llenarán los datos generales sobre cada unidad. Es deseable que la auditoría tenga la información aquí incluida con anterioridad a las pruebas, con el fin de disminuir el tiempo necesario en el sitio.

Se anotarán el nombre de la central, número de la unidad, fecha de prueba, nombre de propietario u operador y localización de la central.

Para las centrales que operan con gas o con combustible líquido se indicará si la turbina opera en ciclo simple, en ciclo combinado, en ciclo Stig o si es turbina de vapor. Para las turbinas que apliquen se indicará si tiene enfriador evaporativo o cualquier otro sistema para la disminución de la temperatura del aire de admisión.

Opcionalmente anotará el fabricante de la turbina, modelo y fecha de iniciación comercial, así como el fabricante del generador.

Se anotarán las capacidades efectivas bruta (en bornes del generador) y neta (en bornes de alta tensión del transformador principal o frontera comercial), así como el total de horas acumuladas de operación y las transcurridas desde el último mantenimiento mayor hasta el día de la prueba. Para las turbinas de combustión, se anotarán la temperatura y la humedad relativa medias multianuales de la estación del IDEAM más próxima a la central, así como la altura sobre el nivel del mar.

Se incluirán los datos de los instrumentos de medición de energía eléctrica generada y combustible consumido en la prueba.

Se anotarán los valores acumulados de energía eléctrica generada durante la prueba, consumo de auxiliares, si fuese necesario, y consumo de combustible, al comienzo y al final de la prueba.

Cuando se identifique que los servicios auxiliares y/o consumo propio de la planta de generación se abastece en su totalidad y de manera permanente por una fuente externa (diferente a la planta y al SIN), el auditor deberá certificar en el informe esta situación y aportar los siguientes documentos:

- Diagrama unifilar de la alimentación de los servicios auxiliares tanto principal como de respaldo, donde se muestre claramente la alimentación de los servicios auxiliares desde una fuente externa.

-Documento de prueba de conmutación, en el que conste que se realizó debidamente la maniobra y su sistema de medición refleja que efectivamente la unidad está siendo alimentada por una fuente externa.

B. Datos tomados durante la prueba

1. Valores instantáneos

Se anotarán las lecturas instantáneas de potencia en bornes del generador, factor de potencia, flujo de combustible y, para las turbinas de combustión, la temperatura ambiente. Para las turbinas de combustión con algún sistema de enfriamiento de aire de entrada al compresor, se anotará también la temperatura de bulbo húmedo y/o la humedad relativa.

2. Valores acumulados

Se anotarán los valores acumulados de energía eléctrica generada durante la prueba, consumo de auxiliares, si fuese necesario, y consumo de combustible, al comienzo y al final de la prueba.

Si la unidad cuenta con un software que permita registrar la energía generada y/o el consumo de combustible durante la prueba, en el espacio destinado al valor acumulado se anotará la cifra de cero, y en el valor acumulado final se anotará la cifra registrada automáticamente.

La hoja de datos tomados durante la prueba (hoja 2 de 3) será firmada por el representante del propietario u operador de la central y por representante de la Auditoría.

C. Resultado de las pruebas

En esta sección del formato se anotarán los datos medidos de combustible consumido durante el período de la prueba y la generación eléctrica neta en KWh. Se anotará el poder calorífico inferior (LHV) del combustible, que será el promedio aritmético de los resultados obtenidos según los análisis realizados a las muestras.

El Consumo Térmico Específico Neto y Capacidad Efectiva Neta calculadas con estos datos serán corregidos así:

Corrección por temperatura ambiente: Para las turbinas de combustión se calculará el factor de corrección usando las curvas del fabricante, para hacer el ajuste del consumo térmico específico y la capacidad desde la temperatura ambiente promedio medida durante la prueba hasta la temperatura media multianual, según certificación del IDEAM o entidad competente, para la estación más cercana a la planta.

Corrección por humedad relativa: Solamente para las turbinas que tengan enfriadores evaporativos u otro sistema para el enfriamiento del aire de admisión, se calculará este factor de corrección usando las curvas del fabricante, para hacer el ajuste del consumo térmico específico y la capacidad efectiva neta, desde la humedad relativa promedio medida durante la prueba hasta la humedad relativa

media multianual según certificación del IDEAM o entidad que la sustituya, para la estación más cercana a la planta.

Corrección por factor de potencia: El factor de potencia durante la prueba deberá ser, preferiblemente, el valor de diseño de los generadores. Si el factor de potencia promedio medido durante la prueba es diferente, se calculará el correspondiente factor de corrección desde el valor medido hasta el valor de diseño de los generadores, utilizando las curvas de los fabricantes de los generadores y de los transformadores tanto para el consumo térmico específico neto como para la capacidad efectiva neta.

Corrección por presión: En caso de que la presión base de los computadores de flujo de los medidores de gas difiera de la presión a la cual se calcula el poder calorífico del gas por parte del Instituto Colombiano del Petróleo – ICP- u otro ente competente, se corrige el volumen de gas medido en la planta a las condiciones de presión y temperatura que utiliza el laboratorio en cuestión.

El consumo térmico específico neto corregido y la capacidad efectiva neta, son respectivamente el consumo térmico específico neto y la capacidad efectiva neta a las condiciones de medida, multiplicados por el producto de los anteriores factores de corrección. Los cálculos respectivos serán realizados por el Auditor, una vez reciba los resultados de los análisis de combustible.

Anexos

Además de los formatos de Informe de Pruebas y Protocolo de Pruebas debidamente diligenciados se deben anexar al informe los siguientes documentos:

- Para las turbinas de combustión, curvas de corrección del consumo térmico específico y de la capacidad de la turbina por variaciones de temperatura ambiente y humedad relativa, así como la certificación del IDEAM o entidad competente sobre la temperatura media multianual. Para las turbinas con enfriador evaporativo u otro sistema de enfriamiento de aire, se incluirá también la certificación de la humedad relativa media multianual.
- Curvas de corrección por variaciones en el factor de potencia, para el generador y transformador.
- Acta o certificado de verificación o calibración de los equipos de medición de combustibles.
- Para las turbinas de combustión, curva de corrección del consumo térmico específico y de la capacidad de la turbina por variaciones de temperatura ambiente y humedad relativa.
- Resultado de los análisis de combustible efectuados por el respectivo laboratorio autorizado.
- Diagrama que muestre el sistema de medición del combustible, indicando la localización del elemento de medición de flujo (orificio, turbina, venturi, ultrasonido, medidor de desplazamiento positivo, alimentador de carbón,

alimentador de biomasa, báscula en banda transportadora, etc.), así como los instrumentos asociados (manómetros, termómetros, transmisores, etc.).

- Diagrama unifilar simplificado indicando el punto de medición de la energía neta generada.
- Podrán anexarse también los documentos que, a juicio del Auditor, contribuyan a dar claridad al informe.
- Diagrama unifilar de la alimentación de los servicios auxiliares tanto principal como de respaldo, donde se muestre claramente la alimentación de los servicios auxiliares desde una fuente externa.
- Documento de prueba de conmutación cuando los servicios auxiliares se alimentan de forma total y permanente desde una fuente externa.
- Certificado de calibración del medidor de la fuente externa, cuando los servicios auxiliares se alimentan de forma total y permanente con esta.