



**RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO
ORGANISMO SUPERVISOR DE LA INVERSIÓN EN ENERGÍA
Y MINERÍA OSINERGMIN N° 127-2020-OS/CD**

Lima, 27 de agosto de 2020

CONSIDERANDO

Que, según el literal b) del artículo 13 de la Ley N° 28832, Ley para Asegurar el Desarrollo Eficiente de la Generación Eléctrica, una de las funciones de interés público a cargo del COES es elaborar los procedimientos en materia de operación del SEIN y administración del Mercado de Corto Plazo, los cuales son presentados a Osinergmin para su aprobación. Asimismo, conforme al literal f) del artículo 14 de la citada ley, forman parte de las funciones operativas del COES, calcular la potencia y energía firmes de cada una de las unidades generadoras. Anteriormente, de conformidad con lo previsto en el artículo 40 del Decreto Ley N° 25844 y en el artículo 86 de su Reglamento aprobado con Decreto Supremo N° 009-93-EM, la competencia para la aprobación de los procedimientos técnicos del COES (que incluye su Glosario de Abreviaturas y Definiciones), recaía en el Ministerio de Energía y Minas;

Que, con Decreto Supremo N° 027-2008-EM se aprobó el Reglamento del Comité de Operación Económica del Sistema, en cuyo artículo 5.1 se detalla que el COES, a través de su Dirección Ejecutiva, debe elaborar las propuestas de Procedimientos Técnicos en materia de operación del SEIN. Para tal efecto, en su artículo 5.2 se prevé que el COES debe contar con una Guía de Elaboración de Procedimientos Técnicos aprobada por Osinergmin, la cual incluirá, como mínimo, los objetivos, plazos, condiciones, metodología, forma, responsables, niveles de aprobación parciales, documentación y estudios de sustento;

Que, mediante Resolución N° 476-2008-OS/CD se aprobó la Guía de Elaboración de Procedimientos Técnicos ("Guía"), estableciéndose el proceso y los plazos que deben seguirse para la aprobación de los Procedimientos Técnicos COES. Esta Guía fue modificada posteriormente con las Resoluciones N°s 088-2011-OS/CD, N° 272-2014-OS/CD y N° 090-2017-OS/CD;

Que, conforme lo dispuesto en el artículo 6.1 de la Guía, la propuesta de Procedimiento Técnico debe estar dirigida a Osinergmin adjuntando los respectivos estudios económicos, técnicos y legales que sustenten su necesidad. Según lo dispuesto en el artículo 7 de la Guía, los meses en los cuales se reciben las propuestas en Osinergmin son: abril, agosto y diciembre. Osinergmin recibirá las propuestas de Procedimientos Técnicos que se encuentren previstas en el Plan Anual; excepcionalmente, cuando se justifique de forma sustentada, podrá admitirse propuestas en periodo distinto;

Que, con Resolución N° 143-2014-OS/CD se aprobó el Procedimiento Técnico del COES N° 17 "Determinación de la Potencia Efectiva y Rendimiento de las Unidades de Generación Termoeléctrica" (PR-17), el cual entró en vigencia el 11 de julio de 2014;

Que, en base a la evaluación de la aplicación del PR-17 en sus años de vigencia, el COES remitió a Osinergmin una propuesta de modificación del PR-17, que incorpora mejoras en el proceso de determinación de la potencia efectiva de las unidades de generación térmica, tales como: i) Procedimientos para ejecutar los ensayos de potencia efectiva y rendimiento por modo de operación, ii) Lineamientos sobre las condiciones ambientales para determinar la potencia efectiva, iii) Definición de las condiciones estándar de temperatura y presión del combustible gas natural, iv) Ampliación del periodo de validez de resultados de potencia efectiva y rendimiento, v) Nueva propuesta para la asignación de potencia efectiva ante casos de incumplimiento de los ensayos de potencia efectiva y rendimiento, vi) Reducción del uso de factores de corrección para llevar a condiciones de potencia efectiva, y vii) Reducción de tiempo de ejecución de los ensayos de potencia efectiva y rendimiento, aspectos que han sido sometidos al análisis de Osinergmin para la formulación de su propuesta;

Que, de conformidad con el numeral 8.1 de la Guía, mediante Oficio N° 719-2019-GRT del 18 de julio de 2019 se remitieron al COES las observaciones a la propuesta de modificación del PR-17, otorgándole un plazo de veinte (20) días hábiles para su subsanación, plazo que fue ampliado en veinte (20) días adicionales a solicitud del COES. Con fecha 17 de setiembre de 2019, mediante la carta COES/D-970-2019, el COES remitió a Osinergmin la subsanación de las observaciones;

Que, con Resolución N° 226-2019-OS/CD, se dispuso la publicación del proyecto de resolución que aprueba el nuevo PR-17, de conformidad con lo establecido en el numeral 8.3 de la Guía, en el artículo 14 del Reglamento aprobado con Decreto Supremo N° 001-2009-JUS, y en el artículo 25 del Reglamento General de Osinergmin, aprobado mediante Decreto Supremo N° 054-2001-PCM;

Que, en la citada Resolución N° 226-2019-OS/CD se otorgó un plazo de treinta (30) días calendario, contados desde el día siguiente de su publicación en el diario oficial, a fin de que los interesados remitan sus comentarios y sugerencias;

Que, los comentarios y sugerencias presentados oportunamente por las empresas Fenix Power S.A., Kallpa Generación S.A., Engie Energía Perú S.A., Enel Generación Perú S.A.A. y Hamek Ingenieros Asociados S.A.C. han sido analizados en el Informe Técnico N° 360-2020-GRT, previo cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 5.3 del Reglamento del COES, habiéndose acogido aquellos que contribuyen con el objetivo del procedimiento técnico;

Que, atendiendo a que, adicionalmente el COES ha propuesto diversas modificaciones menores, resulta conveniente aprobar un nuevo texto integral del PR-17 a fin de facilitar su manejo por parte de los administrados;

Que, en ese sentido, se han emitido el Informe Técnico N° 360-2020-GRT de la División de Generación y Transmisión Eléctrica y el Informe Legal N° 361-2020-GRT de la Asesoría Legal de la Gerencia de Regulación de Tarifas, los cuales complementan la motivación que sustenta la decisión del Consejo Directivo de Osinergmin;

De conformidad con lo establecido en la Ley N° 27332; en el Reglamento General de Osinergmin, aprobado por Decreto Supremo N° 054-2001-PCM; en la Ley N° 28832, "Ley para Asegurar el Desarrollo Eficiente de la Generación Eléctrica"; en el Reglamento del Comité de Operación Económica del Sistema (COES), aprobado mediante Decreto Supremo N° 027-2008-EM; y en la "Guía de Elaboración de Procedimientos Técnicos", aprobada con Resolución N° 476-2008-OS/CD; así como en sus normas modificatorias y complementarias;

Estando a lo acordado por el Consejo Directivo de OSINERGMIN en su Sesión N° 30-2020.

SE RESUELVE

Artículo 1°.- Aprobar el nuevo Procedimiento Técnico del COES N° 17 “Determinación de la Potencia Efectiva y Rendimiento de las Unidades de Generación Termoeléctrica” (PR-17) contenido en el Anexo de la presente resolución.

Artículo 2°.- Modificar la definición de “Temperatura Ambiente de Potencia Efectiva” del Glosario de Abreviaturas y Definiciones Utilizadas en los Procedimientos Técnicos del COES, aprobado mediante Resolución Ministerial N° 143-2001-EM/VME del 31 de marzo de 2001, conforme a lo siguiente:

“**Temperatura Ambiente de Potencia Efectiva:** Es igual al promedio de las temperaturas máximas medias mensuales de la zona, contado sobre el período de los últimos 20 años.

Para la determinación del promedio no se debe excluir los registros por casos particulares, como por ejemplo en los casos de “Fenómeno del Niño”, entre otros.”;

Artículo 3°.- Derogar el Procedimiento Técnico del COES N° 17 “Determinación de la Potencia Efectiva y Rendimiento de las Unidades de Generación Termoeléctrica” aprobado con Resolución N° 143-2014-OS/CD y modificatorias, considerando lo previsto en el artículo 5 de la presente resolución.

Artículo 4°.- Disponer la publicación de la presente resolución en el diario oficial El Peruano y consignarla, conjuntamente con el Informe Técnico N° 360-2020-GRT y el Informe Legal N° 361-2020-GRT de la Gerencia de Regulación de Tarifas, en el portal de internet de Osinergmin: <http://www.osinergmin.gob.pe/Resoluciones/Resoluciones-GRT-2019.aspx>. Estos informes son parte integrante de la presente resolución

Artículo 5°.- Disponer que la presente resolución entre en vigencia desde el 01 de setiembre de 2020. Para los Ensayos de Potencia Efectiva y Rendimiento del Plan anual 2020 aplicará el Procedimiento Técnico del COES N° 17 aprobado con Resolución N° 143-2020-OS/CD.

ANTONIO ANGULO ZAMBRANO
Presidente del Consejo Directivo (e)

ANEXO

COES SINAC	PROCEDIMIENTO TÉCNICO DEL COMITÉ DE OPERACIÓN ECONÓMICA DEL SEIN	PR-17
DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA EFECTIVA Y RENDIMIENTO DE LAS UNIDADES DE GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA		
Aprobado mediante Resolución OSINERGMIN N° 127-2020-OS/CD, publicada 28 de agosto de 2020.		

1. OBJETIVO

Establecer el procedimiento para la determinación de la potencia efectiva y del rendimiento de las Unidades de Generación termoeléctrica en cada uno de sus Modos de Operación.

2. BASE LEGAL

- 2.1 Decreto Ley N° 25844.- Ley de Concesiones Eléctricas.
- 2.2 Ley N° 28832.- Ley para Asegurar el Desarrollo Eficiente de la Generación Eléctrica.
- 2.3 Decreto Supremo N° 009-93-EM. - Reglamento de la Ley de Concesiones Eléctricas.
- 2.4 Decreto Supremo N° 027-2008-EM. - Reglamento del Comité de Operación Económica del Sistema.
- 2.5 Ley N° 23560.- Ley que establece el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú.
- 2.6 Estatutos del COES.

3. PRODUCTO

- 3.1 Potencia efectiva de las unidades de generación termoeléctrica de los Integrantes del COES para cada uno de sus Modos de Operación.
- 3.2 Rendimiento de las unidades de generación termoeléctrica de los Integrantes del COES para cada uno de sus Modos de Operación.

4. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

4.1 Para la aplicación del presente procedimiento, se utilizará la siguiente abreviatura:

EPEyR: Ensayo(s) de Potencia Efectiva y Rendimiento.

4.2 Las definiciones utilizadas, están precisadas en el Glosario de Abreviaturas y Definiciones de los Procedimientos Técnicos del COES y en la normatividad señalada en la Base Legal.

5. RESPONSABILIDADES**5.1 Del COES**

5.1.1 Aprobar el Plan Anual de Ensayos de Potencia Efectiva y Rendimiento de las unidades de generación termoeléctrica para cada uno de sus Modos de Operación; así como, programar los EPEyR del referido Plan.



5.1.2 Aprobar y programar los EPEyR no contemplados en el numeral 5.1.1.

5.1.3 Participar como veedor en los EPEyR.

5.1.4 Revisar y/u observar los resultados del Informe de los EPEyR, previa a la respectiva aprobación. La decisión por la que se aprueba los resultados del EPEyR será comunicada a todos los Generadores Integrantes del COES.

5.1.5 Publicar en el Portal de Internet del COES, la información relacionada a los EPEyR, correspondiente al Plan Anual de Ensayos de Potencia Efectiva y Rendimiento, los informes de los EPEyR ejecutados, ya sean ordinarios o extraordinarios; así como, las aprobaciones y/o desaprobaciones de los resultados de los mismos, entre otros que considere conveniente.

5.2 De los Generadores Integrantes del COES

5.2.1 Cumplir con la realización de los EPEyR ordinario hasta dentro del mes establecido en el Plan Anual de EPEyR aprobado por el COES, para sus correspondientes unidades de generación termoeléctrica en cada uno de sus modos de operación, sin superar el plazo máximo de los tres (3) años calendario, según lo establecido en el numeral 6.2.1.

5.2.2 Designar a la empresa consultora que ejecutará los EPEyR, la cual deberá cumplir lo señalado en el Anexo 2 del presente Procedimiento.

5.2.3 Sustentar las condiciones de Potencia Efectiva.

5.2.4 Remitir la información prevista en el presente Procedimiento, como la indicada en el numeral 7.2.

5.2.5 Asumir los gastos derivados de la realización del EPEyR. En los ensayos extraordinarios, el solicitante pagará los costos para la realización del EPEyR.

5.2.6 Asumir los gastos de repetición de las pruebas, en caso el EPEyR de su unidad o central de generación termoeléctrica se frustrase o fracasase por falta atribuible al Generador Integrante, como, por ejemplo, falla en cualquiera de los equipos, obras civiles o instalaciones de la unidad o central de generación que impidan realizar el ensayo o falla o deterioro de los instrumentos de medición de la unidad o central de generación u otras causas atribuibles al Generador Integrante.

5.2.7 Presentar y sustentar el Informe del EPEyR, de acuerdo con lo establecido en el numeral 8.3, así como absolver las observaciones que, de ser el caso, se presenten.

6. ALCANCES, PERIODICIDAD Y PLAZOS

6.1 Alcances

6.1.1 Este procedimiento aplica a todas las unidades de generación termoeléctrica en Operación Comercial en el COES y aquellas para las cuales sus titulares hayan solicitado el ingreso en Operación Comercial.

6.1.2 En concordancia con el numeral 15 del Procedimiento Técnico del COES N° 42 "Régimen Aplicable a las Centrales de Reserva Fría de Generación" y con el numeral 4.1.6 del PR-27 "Régimen aplicable a las Centrales de Generación del Nudo Energético en el Sur del Perú", en la aprobación de los resultados del informe de los EPEyR, el COES incluirá la certificación de la Potencia Efectiva Contratada y de la Potencia Adjudicada a que se refieren los citados procedimientos.

6.1.3 Para la aplicación del presente procedimiento deberá utilizarse el Sistema Internacional de Unidades (SI) establecido en la Ley N° 23560.

6.2 Periodicidad

Los EPEyR pueden ser de carácter ordinario y extraordinario.

6.2.1 Los EPEyR ordinarios son aquellos que se realizan a las unidades de generación por primera vez para cumplir los requisitos de su Operación Comercial, en concordancia con lo establecido en el Procedimiento Técnico del COES N° 20 "Ingreso, Modificación y Retiro de Instalaciones en el SEIN". También son aquellos que se realizan como máximo cada tres (3) años calendario, contabilizados desde la ejecución del último EPEyR ordinario o extraordinario con los resultados del informe aprobados, para las unidades que se encuentran en Operación Comercial, según el Plan Anual de Ensayos de Potencia Efectiva y Rendimiento de las unidades de generación termoeléctrica al que se hace referencia en el numeral 6.3.1.

6.2.2 Los EPEyR extraordinarios se efectuarán a solicitud del titular o de otro Generador Integrante del COES; dicha solicitud deberá contener una descripción del motivo por el cual se solicita su realización.

6.3 Plazos

6.3.1 El Plan Anual de Ensayos de Potencia Efectiva de las unidades termoeléctricas para cada uno de sus Modos de Operación es aprobado por el COES en el mes de noviembre de cada año. Dicho plan establece la programación mensual para la realización de los EPEyR del año siguiente.

6.3.2 El COES establecerá en el respectivo programa semanal de operación, así como en el programa diario de operación correspondiente, el día y hora para la realización del EPEyR, para lo cual el Generador Integrante deberá enviar al COES la solicitud respectiva antes del día 15 del mes anterior al mes previsto para la realización del ensayo.

6.3.3 Para los EPEyR extraordinarios el Generador Integrante deberá enviar al COES la solicitud por lo menos 15 días antes de la fecha tentativa y el COES establecerá en el programa semanal de operación, así como en el programa diario de operación correspondiente, el día y la hora para su realización.

En los casos de EPEyR extraordinarios solicitados por otro Generador Integrante, el COES comunicará al Generador Integrante, titular de la Unidad de Generación observada, dicho requerimiento en un plazo de cinco (5) días hábiles; el EPEyR deberá ejecutarse en un plazo no mayor de sesenta (60) días calendario contados a partir de la comunicación del COES al Generador Integrante. Este plazo podrá ser ampliado a solicitud sustentada del Generador Integrante que debe realizar el EPEyR.

6.3.4 Como mínimo cinco días (5) hábiles antes del ensayo, el Generador Integrante enviará al COES la información indicada en el numeral 7.2.

6.3.5 Los plazos para la presentación del informe del EPEyR, envío de observaciones, subsanación de observaciones y aprobación de los resultados del informe del EPEyR, son los indicados en la Tabla N° 1. En el numeral 10 se muestra el flujograma del proceso.

Tabla N° 1
Plazos para la aprobación de los resultados del informe del EPEyR

N°	Evento	Responsable	Plazo
1	Entrega del Informe del EPEyR	Integrante	Hasta 20 días hábiles después de realizado el EPEyR (*)
2	Observaciones al Informe del EPEyR	COES	Hasta 20 días hábiles después de efectuado el evento N°1
3	Levantamiento de las observaciones del COES	Integrante	Hasta 10 días hábiles después de efectuado el evento N°2
4	Aprobación o rechazo de los resultados del Informe del EPEyR	COES	Hasta 20 días hábiles después de efectuado el evento N°3

(*) En caso se justifique de forma sustentada, el Generador Integrante podrá solicitar, con copia a Osinergmin, hasta antes del vencimiento del plazo, una ampliación de hasta 10 días hábiles para la entrega del informe del EPEyR.

6.3.6 Cuando las observaciones no fueren subsanadas a satisfacción del COES o producto de la revisión del levantamiento de las observaciones, surgieren nuevas observaciones, el COES podrá formular un segundo grupo de observaciones; para lo cual se aplican los mismos plazos indicados en los ítems 2, 3 y 4 de la Tabla N° 1.

6.3.7 Respecto al segundo grupo de observaciones, si estas no han sido subsanadas a satisfacción del COES, se procederá de la siguiente manera:

a) Si a criterio del COES se requiere realizar un nuevo EPEyR, los resultados del informe serán declarados desaprobados indicándose el debido sustento y el Generador Integrante deberá realizar otro EPEyR.

b) Si el COES determina que no se requiere realizar un nuevo EPEyR, efectuará de oficio las correcciones que sean necesarias al informe del EPEyR y procederá a la aprobación de sus resultados. Estas correcciones, podrán ser errores en los cálculos, errores en la utilización de datos que no se encuentren registrados en el Acta de Ensayo, error en la validez de las curvas de corrección utilizadas, error en la forma de aplicación de los factores de corrección, error en la validez de la información de sustento de las características del combustible y su correcta interpretación, entre otros similares.

6.4 Incumplimientos

6.4.1 En los siguientes casos: (i) Que no se ejecute el EPEyR en los plazos previstos en los numerales 5.2.1, 6.3.3 o 7.4.1 o en el plazo luego del cual el COES puede disponer la suspensión de la Operación Comercial en aplicación del Procedimiento Técnico del COES N° 20 "Ingreso, Modificación y Retiro de Instalaciones en el SEIN" por no realizar las pruebas de potencia efectiva y rendimiento, según corresponda; por causas no atribuibles al COES, (ii) Que fracase y/o se suspenda el EPEyR, por falta atribuible al Generador Integrante, salvo por causa de fuerza mayor, (iii) Que el Generador integrante, habiéndose ejecutado el EPEyR, no entregue el informe de resultados o no cumpla con enviar el levantamiento de las observaciones en el plazo establecido en el presente procedimiento, o (iv) Que los resultados del informe de los EPEyR sean declarados desaprobados; el COES comunicará al Generador Integrante y al Osinergmin el supuesto incurrido dentro de un plazo máximo de cinco (05) días hábiles, aplicándose lo siguiente:

a) En el caso de unidades que ingresan en Operación Comercial, y en tanto el COES no suspenda la Operación Comercial, a partir del quinto día hábil siguiente de culminado el plazo para la ejecución de los EPEyR de acuerdo a lo establecido en el Procedimiento Técnico del COES N° 20 "Ingreso, Modificación y Retiro de Instalaciones en el SEIN", se asignará una Potencia Efectiva igual a cero para efecto de la aplicación del numeral 8.1 y 8.2 del Procedimiento Técnico del COES N° 26 "Cálculo de la Potencia Firme".

b) En el caso de unidades que están en Operación Comercial, a partir de los cinco (05) días hábiles en que suceda el supuesto incurrido, se considerará como potencia efectiva al valor del percentil 95 (P95), calculado sobre las potencias entregadas por la Unidad de Generación o agrupación de unidades de generación en bormes de generación comunicadas al COES en cumplimiento del numeral 6.2.3 del Procedimiento Técnico del COES N° 30 "Valorización de las Transferencias de Potencia y Compensaciones al Sistema Principal y Sistema Garantizado de Transmisión" bajo el Modo de Operación correspondiente, de los últimos veinticuatro (24) meses en los que se cuente con información, caso contrario ampliable en otros 24 meses adicionales. No se tomará en cuenta en el cálculo los valores de potencia que sean iguales o inferiores a la Generación Mínima Técnica y los que sean superiores a la potencia efectiva vigente, y como Rendimiento el que resulte de la curva de consumo de combustible del último EPEyR aprobado por el COES y la nueva potencia efectiva.

Los valores indicados en a) y b) serán de aplicación hasta que se cumpla con la realización del respectivo EPEyR y se aprueben sus resultados. De transcurrir dos años sin que se apruebe el respectivo EPEyR se procederá a asignar nuevos valores de potencia efectiva y rendimiento calculados sobre el valor de potencia efectiva y la curva de consumo de combustible vigente.

Lo señalado en este numeral no es aplicable a los EPEyR extraordinarios solicitados por el propio titular.

6.4.2 En los casos de incumplimiento de los plazos, o de entrega o contenido de información prevista en el presente Procedimiento Técnico, no contemplados en el numeral 6.4.1, el COES comunicará al Generador Integrante y al Osinergmin el incumplimiento dentro de un plazo máximo de diez (10) días hábiles.

6.4.3 En caso fracase y/o se suspenda el EPEyR, por falta que considere atribuible al COES, el respectivo Generador, comunicará de tal situación a Osinergmin.

7. EJECUCIÓN DE LOS EPEyR

7.1 Asistentes al EPEyR

En el EPEyR estarán presentes los siguientes representantes:

7.1.1 El Jefe de Ensayo y su equipo técnico, como responsables de efectuar las mediciones, pertenecientes a la Empresa Consultora.

El Jefe de Ensayo será el responsable técnico del EPEyR, como tal decidirá los aspectos técnicos relacionados con la medición y será de su entera responsabilidad resolver cualquier aspecto técnico referido a las mediciones a efectuarse. No le compete maniobrar ni operar la unidad que se ensaya.

7.1.2 Un representante designado por el Generador Integrante del COES.

El representante tiene bajo su responsabilidad la operación de la Unidad de Generación o agrupación de unidades de generación termoeléctrica que conforman el Modo de Operación a ensayar, garantizar la correcta ejecución del EPEyR y otorgar las facilidades necesarias para la culminación del trabajo.

7.1.3 Un representante designado por el COES, en calidad de veedor.

El representante del COES es el veedor del EPEyR, asiste para verificar la ejecución del EPEyR conforme al presente Procedimiento y para realizar cualquier coordinación que se requiera con el Coordinador de la Operación en Tiempo Real del SEIN, a cargo del COES.

En los EPEyR extraordinarios efectuados a solicitud de otro Generador Integrante, éste podrá designar un representante para asistir como observador al EPEyR.

7.2 Información técnica requerida para el EPEyR

Previo a la ejecución del EPEyR, el Generador Integrante remitirá al COES la siguiente información:

7.2.1 Esquema de disposición de la central y ubicación de la unidad de generación o agrupación de unidades de generación termoeléctrica a ensayar.

7.2.2 Esquema que muestra los equipos principales, así como los flujos de los procesos que comprende el ciclo termodinámico de la Unidad de Generación o agrupación de unidades de generación termoeléctrica a ensayar.

7.2.3 Esquemas básicos de los diferentes sistemas auxiliares: alimentación de combustible, enfriamiento, gases de combustión, etc.

7.2.4 Diagrama unifilar eléctrico de la central y unidades.

7.2.5 Diagramas P-Q (Curva de Capacidad) de la unidad o unidades de generación termoeléctrica a ensayar suministrados por el fabricante.

7.2.6 Curvas de comportamiento de la potencia y rendimiento (rendimiento, consumo específico de calor o eficiencia) por variación de los parámetros temperatura ambiente, humedad relativa, presión atmosférica, temperatura de fuente fría y factor de potencia.

7.2.7 Plan detallado del EPEyR, realizado por el Jefe de Ensayo, con el contenido mínimo siguiente:

- a) Volumen de control del sistema a ensayar.
- b) El esquema de disposición de instrumentos, señalando las variables a medir, los instrumentos de medición a utilizar los que deberán cumplir lo indicado en el Anexo 2, así como indicar la ubicación física de estos.
- c) Distribución de las funciones del personal.
- d) Detalles sobre las mediciones.
- e) Detalles sobre aspectos operativos relevantes para los ensayos en cada modo de operación.
- f) Consideraciones especiales para los ensayos.
- g) Programa previsto de los ensayos.

La presentación de esta información es de carácter obligatorio. El COES no aprobará la ejecución del EPEyR cuando ésta no haya sido remitida en el plazo indicado en el numeral 6.3.4.

7.3 Condiciones que deben cumplirse en el EPEyR

7.3.1 El EPEyR de la Unidad de Generación o agrupación de unidades de generación termoeléctrica que conforman el Modo de Operación a ensayar se inicia cuando alcance su estado estable de operación según lo indicado en el Manual de Instrucciones de cada unidad o agrupación de unidades de generación emitido por el (los) fabricante(s), la experiencia del Jefe de Planta o, en su defecto, los tiempos señalados en el Cuadro N° 2 del Anexo 1; manteniendo dicho orden de prelación.

7.3.2 Las Variables Primarias a medir durante el EPEyR, son las indicadas en el Cuadro N° 3 del Anexo 1. Las Variables Secundarias, a medir para la verificación de las condiciones de estabilidad durante el EPEyR, son las indicadas en el Cuadro N° 4 del mismo Anexo.

7.3.3 Las fluctuaciones máximas permitidas de las Variables Primarias y Secundarias son las que se indican en los Cuadros N° 5, N° 6, N° 7 y N° 8 del Anexo 1. En todos ellos, la variación se mide respecto al promedio de los datos registrados en el EPEyR, por parámetro medido y por potencia ensayada.

7.3.4 Se debe utilizar la instrumentación proporcionada por la empresa consultora para las mediciones de las Variables Primarias. Para el registro de combustible en los casos en los que el Generador identifique de manera previa que no sea posible la colocación de uno o varios instrumentos portátiles, deberá informarlo al COES en la oportunidad en que se presenta la información requerida en el numeral 7.2 y, en este caso, utilizará la instrumentación propia de las unidades de generación (instrumentos instalados en línea).

7.3.5 Todos los instrumentos a utilizar para las mediciones de las Variables Primarias durante la ejecución del EPEyR, deberán estar verificados y contar con sus respectivos certificados de calibración o contrastación vigentes, emitidos por empresas especializadas a nivel nacional o internacional, con una antigüedad no mayor a la indicada en el mismo certificado o en su defecto un (1) año.

7.3.6 Durante el EPEyR, no está permitida la operación de la unidad por encima de su Máxima Potencia. Se debe evitar cambiar de control automático a control manual, así como ajustar los límites operativos o puntos de referencia (Set Points) del sistema de control, de los instrumentos o equipos.

7.3.7 Durante el EPEyR la Unidad de Generación funcionará a un factor de potencia igual a uno (1). Por requerimientos del SEIN, durante el EPEyR la unidad termoeléctrica operase a otro factor de potencia, se aplicarán los respectivos factores de corrección basados en la curva proporcionada por el fabricante. Los factores de corrección serán calculados desde los valores medidos en el EPEyR hasta el valor unitario.

7.3.8 Durante el EPEyR, la Unidad de Generación o agrupación de unidades de generación que conforman el modo de operación a ensayar, no brindan servicios de Regulación de Frecuencia.

7.3.9 El EPEyR será efectuado operando la Unidad de Generación o agrupación de unidades de generación bajo sus condiciones habituales de operación. Las posibles diferencias, deberán ser señaladas y analizadas por los participantes de la prueba, a fin de determinar su efecto y la factibilidad de continuar con el ensayo.

7.3.10 En caso de centrales de Reserva Fría y Nodo Energético en el Sur del Perú, el EPEyR de la central termoeléctrica a Máxima Potencia deberá realizarse con todas sus unidades de generación operando simultáneamente.

7.3.11 En centrales que tengan más de siete (7) Unidades de Generación, los ensayos a cargas parciales se podrán efectuar de la siguiente manera: i) Si son de iguales características (marca y modelo) a una (1) Unidad de Generación seleccionada aleatoriamente, y, ii) Si no fueren de iguales características se seleccionará aleatoriamente a una (1) por tipo de Unidad de Generación diferenciada.

7.3.12 Si la unidad bajo ensayo cuenta con un sistema de monitoreo continuo de emisiones o cualquier otro sistema de control ambiental, el EPEyR deberá efectuarse operando dichos sistemas dentro de los rangos habituales de operación. No se tomarán mediciones de los referidos sistemas para la validación ni para el cálculo de la potencia efectiva y rendimiento de la unidad.

7.3.13 El Generador titular podrá eximirse de realizar un EPEyR para los Modos de Operación no principales, cuando de los ensayos a ejecutarse durante el EPEyR se pueda obtener datos suficientes para dichos Modos de Operación, siempre que sea previamente autorizado por el COES en la oportunidad en que se le comunica la aprobación y programación del EPEyR.

7.4 Suspensión del EPEyR

7.4.1 Cuando por causa de fuerza mayor u otras causas ajenas al Generador se presenten situaciones que puedan afectar el ensayo, debidamente acreditadas, tanto por el Jefe de Ensayo, en caso que para dicho momento ya se cuente con los servicios de la empresa consultora, como por el Generador Integrante, este último podrá solicitar al COES la suspensión y reprogramación de la prueba. En los casos en que el COES autorice la reprogramación, el EPEyR deberá realizarse dentro de un plazo máximo de dos (2) meses.

7.4.2 El COES suspenderá el EPEyR, bajo responsabilidad del generador, cuando:

- a) No se haya acreditado antes del inicio del EPEyR la vigencia de la calibración de los instrumentos de medición a ser utilizados.
- b) Durante el EPEyR, por lo menos una de las unidades de generación que conforman el Modo de Operación ensayado sale de servicio, desconectándose por tres (3) veces dentro del período de duración del EPEyR por fallas atribuibles a la Unidad de Generación.
- c) El generador lo solicite, sin perjuicio de las acciones que correspondan.

7.4.3 En los casos de suspensión indicados en el numeral 7.4.2, y siempre que se haya excedido el plazo indicado en el numeral 6.2.1, los valores de potencia efectiva y rendimiento del Modo o Modos de Operación involucrados serán los señalados en el numeral 6.4 del presente procedimiento.

7.5 Ejecución del EPEyR

7.5.1 El EPEyR está destinado a comprobar mediante medición la potencia eléctrica y rendimiento de una o varias unidades de generación bajo un determinado Modo de Operación.

7.5.2 Las potencias a ser consideradas durante el EPEyR son: Máxima Potencia, Generación Mínima Técnica y 3 potencias parciales (intermedias) que se convengan antes del ensayo. El Generador Integrante, adjuntando el debido sustento como parte de la información entregada en el numeral 7.2, podrá solicitar un menor número de potencias parciales a ensayar, quedando su aceptación a criterio del COES.

7.5.3 La ejecución del EPEyR a Máxima Potencia está relacionada con la verificación de la resistencia física de la Unidad de Generación o agrupación de unidades de generación que conforman el modo de operación bajo ensayo, sin operar

en sobrecarga. La duración del EPEyR a Máxima Potencia depende de la naturaleza de cada unidad termoeléctrica, y tendrá como mínimo la siguiente duración:

a) Cinco (5) horas de operación continua para el Modo de Operación principal con el combustible de menor costo, considerando como tal a aquel modo de operación con el que la Unidad de Generación o agrupación de unidades de generación obtendría el mayor valor de potencia, considerando inyección de agua o fuego adicional cuando corresponda.

b) Y en el caso de las unidades duales, dos (2) horas de operación continua para el Modo de Operación principal con el combustible alternativo, considerando como tal a aquel modo de operación con el que la Unidad de Generación o agrupación de unidades de generación obtendría el mayor valor de potencia, considerando inyección de agua o fuego adicional cuando corresponda. El combustible alternativo, es el combustible con el que puede operar la unidad dual, cuando existen restricciones a la operación con el combustible de menor costo.

7.5.4 En los otros Modos de Operación tanto para los ensayos a Máxima Potencia como a potencias parciales, la ejecución de los EPEyR, tendrá como mínimo la siguiente duración:

a) 30 minutos para las turbinas a gas y motores reciprocantes a ciclo Otto y Diesel.

b) 60 minutos para las turbinas a vapor y ciclos combinados

7.5.5 Durante el EPEyR de cada potencia seleccionada se deben registrar 30 mediciones de las Variables Primarias y 30 mediciones de las Variables Secundarias.

7.5.6 Los intervalos de medición serán de 10 minutos para el ensayo a Máxima Potencia para el Modo de Operación principal con el combustible de menor costo de la Central Termoeléctrica; en el caso de las unidades duales los intervalos de medición para dicho ensayo serán de 4 minutos para el Modo de Operación principal con el combustible alternativo. Para los otros Modos de Operación, así como para los ensayos a potencias parciales, los intervalos de medición serán de:

a) 1 minuto para las turbinas a gas y motores reciprocantes a ciclo Otto y Diesel.

b) 2 minutos para las turbinas a vapor y ciclos combinados.

7.5.7 Las mediciones de las Variables Primarias y Secundarias se deben realizar simultáneamente. En los casos que este requerimiento no fuere posible, se podrá diferir el momento de medición de las variables que no puedan ser medidas simultáneamente, siempre y cuando sea dentro del mismo período de duración del ensayo, lo que deberá constar en el acta de ensayo.

7.5.8 Las mediciones de los consumos de combustible durante el EPEyR deben servir para comprobar la producción de energía eléctrica por unidad de combustible consumido. Se deben medir los valores de la temperatura del combustible, a fin de llevarlos a condiciones estándar. Las condiciones estándar de referencia de temperatura y presión que se utilizarán para la medición y cálculos de combustibles líquidos y gaseosos son: 15°C y 101,325 kPa, respectivamente.

7.5.9 Para todas las potencias ensayadas, se deben registrar los valores de la masa o volumen de combustible al inicio y fin del ensayo, en los casos que se cuente con dicha información.

7.5.10 En el caso que no se disponga de medidores de flujo de combustible líquido y se mida el consumo por diferencia de nivel, los tiempos de duración de cada ensayo dependerá de las dimensiones del tanque y del consumo de la unidad termoeléctrica, siendo como mínimos lo establecidos en 7.5.3 y 7.5.4 según corresponda. En este caso, el número de mediciones y los intervalos de medición podrán diferir de lo establecido en 7.5.5 y 7.5.6.

7.5.11 Se tomarán dos (2) muestras por combustible utilizado en el EPEyR, entre el inicio y el final de la prueba. La toma de muestras será realizada por el Jefe de Ensayo en presencia del veedor del COES y el representante del Generador Integrante del COES. El análisis del combustible deberá ser efectuado por un laboratorio externo o por un equipo instalado en la misma central que cumpla con lo establecido en el numeral 7.3.5. En lo posible, las muestras del combustible deberán ser analizadas en laboratorios diferentes.

7.5.12 En caso fracase el EPEyR a Máxima Potencia será necesario realizar un segundo ensayo, que puede efectuarse inmediatamente después si se cuenta con decisión unánime del Jefe de Ensayo, del veedor del COES y del representante del Generador Integrante del COES. De no haber consenso, deberá ser reprogramado.

7.5.13 Si en un EPEyR a una potencia parcial, la unidad de generación requiere operar con un combustible diferente al que corresponde el modo de operación a ensayar, los consumos medidos deberán ser referidos a este último combustible.

7.5.14 Ante un eventual fracaso del EPEyR a una de las potencias parciales, el ensayo iniciará de cero para esa potencia parcial.

7.6 Elaboración del acta de ensayo

7.6.1 Al final del ensayo se levantará el acta de ensayo, que será suscrita por el Jefe de Ensayo, el representante designado por el Generador Integrante del COES y el veedor del COES.

7.6.2 El acta de ensayo debe contener información sobre la unidad de Generación o agrupación de unidades de generación que conforman el Modo o Modos de Operación ensayados, instrumentos utilizados, los asistentes al EPEyR, los datos registrados de acuerdo con el formato del Anexo 3 e indicar posibles diferencias entre la información remitida previa al ensayo y la utilizada durante el ensayo.

7.7 Validación de los datos medidos

7.7.1 Las mediciones de las Variables Primarias y Variables Secundarias, cuyos datos registrados se encuentren fuera de los rangos de fluctuación indicados en los Cuadros N° 5, N° 6, N° 7 y N° 8 del Anexo 1, serán eliminadas.

7.7.2 Las mediciones registradas con presencia de perturbaciones provenientes del SEIN, que alteren la frecuencia o voltaje fuera de los rangos permisibles, serán eliminadas. Para reemplazar las mediciones registradas durante el tiempo afectado, el ensayo deberá prolongarse por un tiempo equivalente.

7.7.3 Las mediciones válidas serán todas las mediciones efectuadas menos las mediciones eliminadas.

7.7.4 Debe contarse con un mínimo de 15 mediciones válidas por nivel de potencia ensayada. Caso contrario el ensayo deberá prolongarse hasta completar el mínimo número de mediciones válidas.

8. CALCULO DE LA POTENCIA EFECTIVA Y RENDIMIENTO

8.1 Determinación de las condiciones de potencia efectiva

8.1.1 Las condiciones ambientales de potencia efectiva son: Temperatura Ambiente de Potencia Efectiva, Humedad Relativa de Potencia Efectiva, Presión Ambiente de Potencia Efectiva y Temperatura de Fuente Fría de Potencia Efectiva.

8.1.2 Las condiciones ambientales de potencia efectiva para el periodo de los últimos veinte (20) años, deberán corresponder a la zona en que está ubicada la Unidad de Generación bajo ensayo, en base a cualquiera de las siguientes dos (2) opciones:

a) El Generador Integrante podrá solicitar al COES la contratación de una empresa especializada para la elaboración de un estudio, cuyos costos de contratación de dicha empresa será asumida por el Generador Integrante solicitante.

La información fuente que utilizará la empresa especializada para elaborar el estudio, podrá ser la siguiente:

- Información de la entidad oficial (Senamhi, Corpac, Imarpe, Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú), correspondiente a la(s) estación(es) meteorológica(s) más cercana(s) a la central.

- Información proporcionada de la central bajo ensayo.

- Información de base de datos de satélite u otras.

El estudio realizado por la empresa especializada será suscrito por un Ingeniero Meteorólogo, con colegiatura CIP del Colegio de Ingenieros del Perú.

b) Una matriz de datos histórica en base a información suministrada por una entidad oficial (Senamhi, Corpac, Imarpe, Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú), correspondiente a la estación meteorológica más cercana a la central.

En caso de no contarse con información de la estación meteorológica más cercana o ser ésta incompleta, se completará la matriz de datos con información de la siguiente estación meteorológica activa más cercana hasta completar el periodo indicado.

Para ambas opciones, se debe considerar como parte de la información a ser revisada, la correspondiente a los estudios para la determinación de las condiciones de potencia efectiva, relacionada a los EPEyR ejecutados en los últimos tres (3) años, correspondiente a unidades de generación térmica que se ubiquen en la misma zona donde se encuentra la Unidad de Generación o agrupación de unidades de generación termoeléctrica bajo análisis.

8.2 Procedimiento de cálculo

8.2.1 El cálculo de la potencia efectiva y rendimiento lo realizará la empresa consultora sobre la base de las mediciones válidas de operación que provengan del EPEyR debidamente registradas en el acta de ensayo. No se aceptará registros de operación de la Unidad de Generación o agrupación de unidades de generación ensayadas que no figuren en el acta de ensayo. Tampoco se utilizará en los cálculos ajustes adicionales sobre los datos de ensayo.

8.2.2 La potencia efectiva, así como el rendimiento, consumo específico de combustible, consumo específico de calor y eficiencia son referidos a la potencia bruta de ensayo.

8.2.3 Los poderes caloríficos y la gravedad específica o densidad del combustible se determinarán sobre la base del análisis efectuado a las muestras tomadas según lo indicado en el numeral 7.5.11. Los resultados finales se obtendrán hallando el promedio aritmético de los resultados de los análisis de las dos muestras.

8.2.4 La potencia y rendimiento de las unidades termoeléctricas a condiciones de potencia efectiva se obtienen de aplicar, a la potencia y rendimiento a condiciones de ensayo, los factores de corrección ambientales indicados en el Cuadro N° 9 del Anexo 1 y, cuando fuere el caso, el factor de corrección operativo indicado en el Cuadro N° 10 del Anexo 1.

8.2.5 Los factores de corrección de potencia y rendimiento, así como su aplicación provendrán de las curvas de corrección proporcionadas por el (los) fabricante(s). A falta de éstas, se utilizará las curvas de corrección que sirvieron para garantizar la potencia y rendimiento, durante las pruebas de recepción. A falta de estas últimas, se utilizarán las curvas elaboradas para efectos de los EPEyR acorde a lo indicado en el numeral 8.2.6.

8.2.6 Los Generadores Integrantes cuyas unidades de generación no cuenten con curvas de corrección, estas se encuentren incompletas o no correspondan al volumen de control a ensayar, deberán asumir los costos de contratación de una empresa especializada en la elaboración de curvas de corrección y de la empresa especializada contratada por el COES para la supervisión.

8.2.7 Las curvas de corrección a aplicar en los cálculos de los EPEyR de los modos de operación ciclo combinado, deberán corresponder al volumen de control de la totalidad del sistema a ensayar.

8.2.8 En los motores recíprocos a ciclo Otto y Diesel, que no cuenten con sus respectivas curvas de corrección, el cálculo se realizará empleando la metodología estipulada en la Norma ISO 3046 parte 1 numeral 10.

8.2.9 No se aceptará la aplicación de factores de corrección por ninguna Variable Secundaria a excepción de la indicada en el numeral 7.3.7.

8.2.10 La aplicación de los factores de corrección, tanto de la potencia como del rendimiento, será sobre cada dato medido y no sobre promedios de datos.

8.2.11 Posterior a la aplicación de los factores de corrección conforme se indica en 8.2.10, la potencia a condiciones de potencia efectiva será igual al promedio de las potencias corregidas.

8.2.12 En forma similar, dependiendo de la curva de corrección a aplicar, el consumo específico de calor o la eficiencia, ambos a condiciones de potencia efectiva, serán iguales al promedio de sus respectivos valores corregidos.

8.2.13 A partir de los resultados de la potencia a condiciones de potencia efectiva calculada en el numeral 8.2.11 y del consumo específico de calor o eficiencia corregidos en el numeral 8.2.12, se obtendrán los otros parámetros asociados tales como rendimiento, consumo de combustible y consumo específico de calor o eficiencia a condiciones de potencia efectiva.

8.2.14 Para una mejor comprensión del cálculo de la potencia efectiva y rendimiento a condiciones de potencia efectiva, se incluye un ejemplo en el Anexo 4 del presente procedimiento.

8.3 Informe del EPEyR

8.3.1 El informe del EPEyR será suscrito por el Jefe de Ensayo, consignando su número de registro profesional o colegiatura.

8.3.2 El informe del EPEyR debe indicar claramente los resultados de potencia efectiva, consumo de combustible, rendimiento, consumo específico de calor y eficiencia a condiciones de potencia efectiva, obtenidos para cada nivel de potencia del Modo o Modos de Operación ensayados.

8.3.3 Los resultados y principales parámetros para la determinación de la potencia efectiva y rendimiento a condiciones de potencia efectiva serán redondeados con los siguientes números de decimales:

Tabla N° 2

N°	Parámetros	Unidades de medida	Número de decimales
1	Potencia	<i>kW</i>	2
2	Consumo combustible	<i>m³/h</i>	2
		<i>l/h, kg/h</i>	1
3	Rendimiento	<i>kWh/m³</i>	2
		<i>kWh/l, kWh/kg</i>	1
4	Consumo específico de Calor	<i>kJ/kWh</i>	2
5	Eficiencia	%	2
6	Poderes Caloríficos	<i>kJ/kg, kJ/m³</i>	2
7	Densidad líquido	<i>kg/m³</i>	2
8	Densidad gas natural	<i>kg/m³</i>	4

Asimismo, para la conversión de unidades de otros sistemas al Sistema Internacional se utilizarán las siguientes equivalencias:

Tabla N° 3

N°	Dimensión	Unidad	Equivalencia	Unidad
1	Volumen	<i>gal</i>	3,785412	<i>l</i>
2		<i>pie³</i>	0,02831685	<i>m³</i>
3		<i>bbl</i>	0,1589873	<i>m³</i>
4	Peso	<i>lb</i>	0,45359237	<i>kg</i>
5	Energía	<i>BTU</i>	1,05506	<i>kJ</i>
6		<i>kcal</i>	4,1868	<i>kJ</i>

8.3.4 El informe del EPEyR debe indicar claramente la metodología seguida, e incluir:

a) Los informes de determinación del poder calorífico del combustible o combustibles utilizados en el EPEyR, debidamente certificados, de acuerdo con lo establecido en el numeral 7.5.11 del presente procedimiento.

b) La información para la determinación de las condiciones de potencia efectiva (temperatura ambiente, humedad relativa, presión atmosférica y temperatura de la fuente fría); debidamente certificada de acuerdo con lo establecido en el numeral 8.1.

c) La totalidad de la información de sustento y de cualquier otra información adicional utilizada en los cálculos de la potencia efectiva y rendimiento a condiciones de potencia efectiva.

8.3.5 El Informe del EPEyR y toda la información de sustento serán entregados al COES en medio digital. Todos los cálculos serán proporcionados en hojas de cálculo electrónicas, las que deberán permitir verificar la data, así como reproducir los cálculos efectuados; es decir, deberán contener las fórmulas, macros y enlaces necesarios sin protección al acceso. No se aceptarán hojas de cálculo convertidas a hojas de datos y/o protegidas.

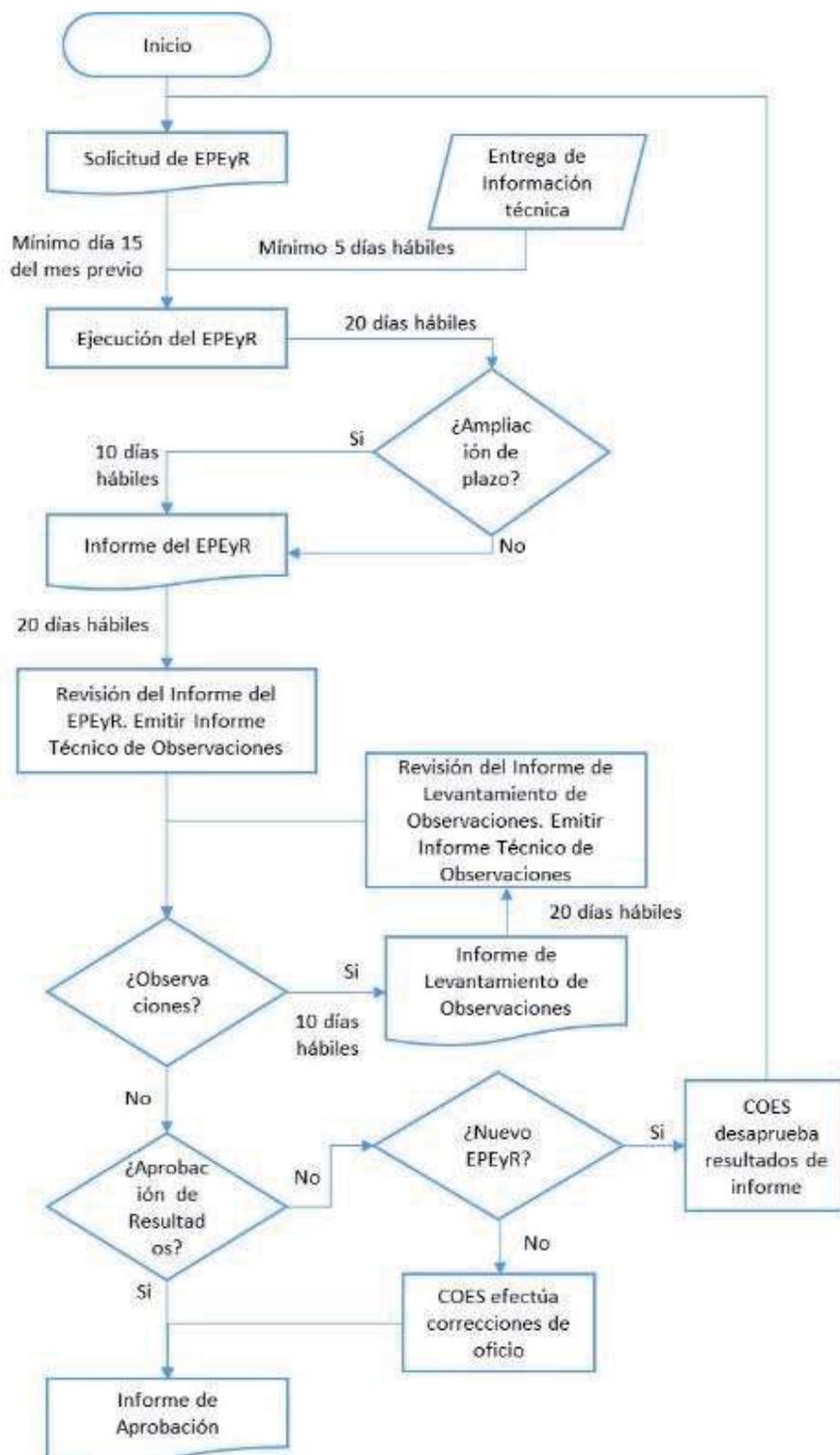
9. REFERENCIAS

Las normas internacionales de referencia para la aplicación de este procedimiento se indican en el Cuadro N° 11 del Anexo 1 del presente procedimiento.

10. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

El Diagrama 1 incluye todas las fases del proceso para determinación de la potencia efectiva y rendimiento de las unidades termoelectricas desde la solicitud para la realización del EPEyR hasta la aprobación o rechazo de los resultados del informe.

Diagrama 1. Ensayos de potencia efectiva y rendimiento



ANEXOS

Anexo	Descripción
1	Cuadros para aplicación del PR-17
2	Requerimientos mínimos de la empresa consultora
3	Acta de ensayo
4	Ejemplo de aplicación del PR-17

ANEXO 1

CUADROS PARA LA APLICACIÓN DEL PR-17

Cuadro N° 1
Especificaciones de los equipos de medición

N°	VARIABLE	MAXIMA INCERTIDUMBRE
1	Potencia eléctrica	±0,2%
2	Temperatura ambiente	± 0,2 K
3	Humedad relativa	±2,0%
4	Presión barométrica	± 0,05%
5	Temperatura de fuente fría	± 0,2 K
6	Flujo de combustible	±0,5%
7	Temperatura de combustible	±0,2 K

Fuente: Normas ISO 18888:2017 (E) y 2314:2009 (E)

Cuadro N° 2
Tiempos de estabilización previos al EPEyR

TIPO DE MÁQUINA TERMOELÉCTRICA	TIEMPO DE ESTABILIZACIÓN ⁽¹⁾
Turbina a gas	1 h
Motor reciprocante a ciclo Otto y Diesel	1 h
Ciclo combinado	1 h
Turbina a vapor (caldera quemando gas natural)	1 h
Turbina a vapor (caldera quemando petróleo)	1 h
Turbina a vapor (caldera quemando carbón pulverizado)	1 h
Turbina a vapor (caldera de lecho fluidizado)	24 h ⁽²⁾

Fuente: Norma ASME PTC 46 – 2015

(1) No incluyen el tiempo de un arranque en frío.

(2) Transcurrida una hora de haberse alcanzado la estabilidad química se puede dar inicio al ensayo

Cuadro N° 3
Variables Primarias

N°	VARIABLE	MR	TG	TV	CC
1	Potencia eléctrica	x	x	x	x
2	Flujo de combustible	x	x	x	x
3	Temperatura ambiente	x	x	x	x
4	Humedad relativa ambiente	x	x	x	x
5	Presión ambiente	x	x	x	x
6	Temperatura de la fuente fría			x	x
7	Temperatura del intercooler	x			

MR: Motor reciprocante a ciclo Otto y Diesel; TG: Turbina a gas; TV: Turbina a Vapor; CC: Ciclo Combinado.

Cuadro N° 4
Variables Secundarias

N°	VARIABLE	MR	TG	TV	CC
1	Potencia de sistemas auxiliares	x	x	x	x
2	Velocidad de rotación	x	x	x	x
3	Temperatura del combustible	x	x	x	x
4	Temperatura de gases de escape	x	x		
5	Presión y temperatura del vapor vivo			x	
6	Flujo de entrada del agua o aire de enfriamiento			x	x
7	Presión de descarga			x	x
8	Flujo de inyección de agua o vapor		x		x
9	Voltaje	x	x	x	x
10	Factor de potencia	x	x	x	x
11	Frecuencia	x	x	x	x
12	Temperatura de devanados del estator	x	x	x	x
13	Temperatura de cojinetes (eventualmente)	x	x	x	x
14	Nivel de vibraciones (eventualmente)	x	x	x	x
15	Otros parámetros que indican operación en régimen estable	x	x	x	x

MR: Motor recíprocante a ciclo Otto y Diesel; TG: Turbina a gas; TV: Turbina a Vapor; CC: Ciclo Combinado.

Cuadro N° 5
Condiciones de estabilidad para un motor recíprocante de ciclo Otto y Diesel

PARÁMETROS	VARIACIÓN ⁽¹⁾
Potencia eléctrica	± 3%
Temperatura ambiente	± 4 K (*)
Presión barométrica	± 0,5%
Velocidad de rotación	± 2%
Flujo de combustible	± 3%
Temperatura del combustible	± 5 K
Temperatura del aire al ingreso del compresor o del múltiple de admisión	± 4 K
Temperatura de los gases de escape	± 15 K
Factor de Potencia	± 2% (*)
Temperatura de cojinetes (eventualmente)	Los que indica el fabricante
Temperatura de devanados del estator	Los que indica el fabricante
Nivel de vibraciones (eventualmente)	Los que indica el fabricante

Fuente: Norma ISO 15550-2016, (*) Fuente COES

(1) La variación es respecto al promedio de los datos registrados

Cuadro N° 6
Condiciones de estabilidad para una Turbina a Gas

PARÁMETROS	VARIACIÓN ⁽¹⁾
Potencia eléctrica	± 1%
Temperatura ambiente	± 4 K (*)
Presión atmosférica	± 0,5%

Factor de potencia	± 2%
Velocidad de rotación	± 1%
Flujo de combustible	± 1% (*)
Temperatura del combustible	± 3 K
Presión del combustible gaseoso	± 1%
Presión absoluta salida de gases de combustión	± 1%
Temperatura a la salida de la turbina	± 2 K
Temperatura de cojinetes (eventualmente)	Lo que indica el fabricante
Temperatura de devanados del estator	Lo que indica el fabricante
Nivel de vibraciones (eventualmente)	Lo que indica el fabricante

Fuente: Norma ISO 2314:2009(E), (*) Fuente COES

(1) La variación es respecto al promedio de los datos registrados

Cuadro N° 7
Condiciones de estabilidad para una Turbina a Vapor

PARÁMETROS	VARIACIÓN ⁽¹⁾
Potencia eléctrica	± 1% (*)
Presión de vapor vivo	± 3% de la presión absoluta
Temperatura del vapor vivo y de recalentamiento	± 8 K si sobrecalentamiento está entre 15 K -30 K y; ± 16 K si sobrecalentamiento es mayor a 30 K
Presión de extracción	± 5%
Temperatura de agua precalentada	± 6 K
Presión de descarga (condensación):	El mayor de: ± 2,5% de la presión absoluta ó ± 0,34 kPa
Voltaje	± 5%
Factor de Potencia	± 2% (*)
Velocidad de rotación	± 5%
Temperatura de cojinetes (eventualmente)	Lo que indica el fabricante
Temperatura de devanados del estator	Lo que indica el fabricante
Nivel de vibraciones (eventualmente)	Lo que indica el fabricante

Fuente: ASME PTC 6 – 2004, (*) Fuente COES

(1) (1) La variación es respecto al promedio de los datos registrados

Cuadro N° 8
Condiciones de estabilidad para un Ciclo Combinado

PARÁMETROS	VARIACIÓN ⁽¹⁾
Potencia eléctrica	± 1%
Factor de Potencia	± 2%
Velocidad de rotación	± 1%
Temperatura de combustible gas o líquido	± 3 K
Presión del combustible gaseoso	± 1%
Flujo de combustible	± 1%
Presión barométrica	± 0,5%
Temperatura ambiente	± 4 K (*)

Flujo de agua de enfriamiento del condensador	± 15%
Temperatura de cojinetes (eventualmente)	Lo que indica el fabricante
Temperatura de devanados del estator	Lo que indica el fabricante
Nivel de vibraciones (eventualmente)	Lo que indica el fabricante
Fuente: Norma ISO 18888:2017 (E), (*) Fuente COES (1) La variación es respecto al promedio de los datos registrados	

Cuadro N° 9
Factores de corrección ambientales

FACTOR DE CORRECCIÓN	SIMBOLO
Factor de corrección de la potencia por temperatura ambiente.	KP _{ta}
Factor de corrección del consumo específico de calor por temperatura ambiente.	KC _{ta}
Factor de corrección de la potencia por humedad absoluta relativa o absoluta del aire	KPh
Factor de corrección del consumo específico de calor por humedad relativa o absoluta del aire.	KCh
Factor de corrección de la potencia por presión ambiente (altura sobre el nivel del mar).	KP _p
Factor de corrección del consumo específico de calor por presión ambiente (altura sobre el nivel del mar).	KC _{pa}
Factor de corrección de la potencia por temperatura de fuente fría.	KP _{tf}
Factor de corrección del consumo específico de calor por temperatura de fuente fría.	KC _{tf}

Cuadro N° 10
Factores de corrección operativos

FACTOR DE CORRECCIÓN	SIMBOLO
Factor de corrección de la potencia por factor de potencia	KP _{fp}
Factor de corrección del consumo específico de calor por factor de potencia.	KC _{fp}

Cuadro N° 11
Normas internacionales de referencia

Tipo de unidad	Norma Internacional
Motor Reciprocante	<ul style="list-style-type: none"> Norma ISO 3046-1:2002 "Reciprocating internal combustion engines –Performance". Part 1: Declarations of power, fuel and lubricating oil consumptions, and test methods – Additional requirements for engines for general use. Norma ISO 15550:2016(E): "Internal combustion engines – Determination and method for the measurement of engine power – General requirements".
Turbina a Gas	<ul style="list-style-type: none"> Norma ISO 2314:2009 (E) "Gas Turbine – Acceptance test" Norma ASME PTC 22-2014 "Gas Turbine - Performance Test Code".
Turbinas a Vapor	<ul style="list-style-type: none"> Norma ASME PTC 6-2004: "Steam Turbine – Performance Test Codes".
Ciclo Combinado	<ul style="list-style-type: none"> Norma ISO 18888:2017 (E): "Gas Turbine combined cycle power plants – Thermo performances tests" Norma ASME PTC 46-2015: "Overall Plant Performance – Performance Test Codes".
Condiciones Estándar de Referencia	<ul style="list-style-type: none"> Norma ISO 91 2017 (E): "Petroleum and related products – Temperature and pressure volume correction factors (petroleum measurement tables) and standard reference conditions". Norma ISO 13443:1996 (E): "Natural gas – Standard reference conditions"



ANEXO 2

REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE LA EMPRESA CONSULTORA

1. Empresa consultora

La empresa ejecutora del ensayo es independiente del Generador Integrante y del COES, con solvencia para ejecutar las pruebas y realizar los cálculos posteriores.

2. Equipo técnico

La empresa consultora deberá disponer para la realización de los EPEyR como mínimo del siguiente equipo técnico:

- 01 Jefe de Ensayo

- 01 Ingeniero o técnico electricista especialista en medición y utilización de equipos de medición de variables eléctricas

- 01 Ingeniero o técnico instrumentista especialista en medición y utilización de equipos de medición de flujos de combustible

- 01 Ingeniero o técnico especialista en medición y utilización de equipos de medición de variables ambientales

El Jefe de Ensayo será un ingeniero mecánico, electricista, mecánico electricista o carreras afines, con colegiatura CIP del Colegio de Ingenieros del Perú, con más de 5 años de experiencia profesional, de instrumentación, de normatividad para efectuar ensayos y experiencia en el uso de instrumentos de medición y en la ejecución de ensayos en unidades termoeléctricas.

3. Instrumentación mínima

La empresa consultora, deberá disponer para la realización de cada EPEyR de un mínimo de instrumentación, que garantice el registro de las Variables Primarias, según el Cuadro N°3 del Anexo 1.

Los instrumentos de medición deberán corresponder al rango de lecturas a medir en la Unidad de Generación o agrupación de unidades de generación termoeléctrica que conforman el Modo de Operación a ensayar y cumplir con lo establecido en el numeral 7.3.5. Las máximas incertidumbres asociadas a los instrumentos de medición, permitidas en la aplicación del presente procedimiento, se indican en el Cuadro N° 1 del Anexo 1.

ANEXO 3

ACTA DE ENSAYO

IDENTIFICACIÓN DE LA UNIDAD				
Integrante del COES	Nombre de la Central		Nombre de la Unidad o Bloque	
Datos Referenciales	Potencia (kW)	Consumo específico de calor PCI (kJ/kWh)	Rendimiento (kWh/unidad)	Fecha del Ensayo
Pruebas de Recepción				
Ensayo anterior				
Configuración del Ensayo	Motor Primo	Combustible	Caldera	

APERTURA DEL ACTA		
Fecha	Hora	Lugar
PARTICIPANTES		
Por el COES (Veedor)		

Por el Integrante (Representante)	
Por la Consultora (Jefe de Ensayo)	
OTROS PARTICIPANTES	
Laboratorio	
- Razón social	
- Nombre del técnico	
Generadora	
- Operador de la unidad	
- Técnico electricista	
- Técnico mecánico	
Consultora (Asistentes)	
- Primer	
- Segundo	
- Tercer	
- Cuarto	
- Quinto	
- Sexto	
- Séptimo	
- Octavo	

HITOS PRINCIPALES (HORA)			
	Potencia	Inicio	Fin
Estabilización Pre Ensayo			
Ensayo a potencia 1			
Tiempo de estabilización			
Ensayo a potencia 2			
Tiempo de estabilización			
Ensayo a potencia 3			
Tiempo de estabilización			
Ensayo a potencia 4			
Tiempo de estabilización			
Ensayo a potencia 5			
Tiempo de estabilización			
Ensayo a potencia 6			

Muestras de Combustible				
		Combustible 1	Combustible 2	Combustible 3
Tipo de Combustible				
Primera muestra (hora)				
Segunda muestra (hora)				
Tercera muestra (hora)				
RESULTADOS DEL ENSAYO				
Exitoso sin interrupciones		Concluido con interrupciones		Invalidado
INTERRUPCIONES				
1	Hora	Localización	Tipo de Falla	Solución
Inicio				
Fin				
2	Hora	Localización	Tipo de Falla	Solución
Inicio				
Fin				
Detalle de la Interrupción 1			Detalle de la Interrupción 2	
ANEXOS AL ACTA DE ENSAYO				
Anexo A		Acuerdos y consideraciones previas al EPEyR		
Anexo B		Desarrollo del EPEyR		
Anexo C		Resultados de Mediciones de las Variables Primarias		
Anexo D		Resultados de Mediciones de las Variables Secundarias		
Anexo E		Información adicional relevante		
CIERRE DEL ACTA				
Fecha	Hora	Lugar		
SUSCRIPCION				
Institución		Nombre	Firma	

ANEXO 4

EJEMPLO DE APLICACIÓN DEL PR-17

Ejemplo de aplicación del PR-17 a una turbina a gas de 193 MW de potencia nominal operando con combustible gas natural

1. Datos Registrados

1.1 Los datos registrados durante el EPEyR de la unidad son los mostrados en el Cuadro A.

Cuadro A.

Datos del EPEyR

N° Medición	Datos de Ensayo				
	Potencia P_y (kW)	Temperatura Ambiente ta_y (°C)	Presión Atmosférica pa_y (kPa)	Humedad Relativa hr_y	Consumo Combustible mc_y (m ³ /h)
1	196 733,0	16,60	100,75	0,58	53 187,57
2	195 144,4	16,78	100,84	0,58	53 262,29
3	194 298,1	17,11	100,86	0,56	53 234,41
4	195 567,0	17,11	100,71	0,53	53 316,18
5	195 324,8	17,11	100,72	0,54	53 322,17
6	194 905,9	17,11	100,91	0,54	53 389,05
7	194 544,0	17,28	101,01	0,55	53 501,40
8	194 611,1	17,22	101,02	0,54	53 388,71
9	195 276,0	18,22	101,03	0,57	53 590,76
10	195 969,7	18,33	100,99	0,60	53 605,37
11	196 429,5	19,17	100,76	0,62	53 540,66
12	196 987,3	19,72	100,77	0,64	53 306,41
13	195 977,2	19,72	101,19	0,59	53 325,36
14	195 265,5	19,84	101,09	0,59	53 289,91
15	195 922,5	20,20	101,00	0,58	53 230,53
16	195 707,4	22,70	100,99	0,55	53 299,74
17	197 335,7	20,58	101,01	0,53	53 395,35
18	196 478,4	19,99	100,77	0,52	53 257,67
19	197 955,0	19,90	100,86	0,53	53 072,29
20	197 184,4	18,81	100,87	0,55	53 174,74
21	196 875,4	17,89	100,77	0,54	53 164,88
22	197 212,2	17,75	100,92	0,54	53 249,83
23	200 245,4	17,76	100,97	0,55	53 300,80
24	197 095,1	18,25	100,81	0,55	53 323,45
25	194 999,2	18,44	100,82	0,56	53 547,16
26	195 725,4	18,87	100,79	0,56	53 617,95
27	196 528,2	19,03	101,01	0,57	53 552,82
28	196 952,2	19,31	100,50	0,57	53 518,84
29	197 089,6	19,72	100,99	0,55	53 513,18
30	197 096,5	19,71	100,79	0,55	53 467,87

2. Validación de variables

2.1 Se realiza con el fin de verificar la operación en régimen estable de la unidad.

2.2 Por el lado de las Variables Primarias, para el ejemplo estas son: la potencia de ensayo (P_y), la temperatura ambiente (ta_y), la presión atmosférica (pa_y), la humedad relativa (hr_y) y el consumo de combustible (mc_y).

2.3 El análisis de estabilidad se realiza sobre las variables mencionadas con excepción de la humedad relativa.

2.4 Se calcula la variabilidad de las 30 mediciones efectuadas y se compara con las variaciones máximas permitidas por variable de acuerdo con lo establecido en los Cuadros N° 5, N° 6, N° 7 y N° 8 del Anexo 1. Ver Cuadro B.

2.5 De los resultados se observa que existen 2 mediciones que superan el rango de fluctuaciones máximas permitidas: 1 medición, el número 16, por causa de la temperatura ambiente (ta_y) y 1 medición, la número 23, por causa de la potencia (P_y). Estas mediciones serán eliminadas del cálculo.

Cuadro B.
Validación de datos

N° Medición	Datos de Ensayo					Variabilidad de Datos			
	Potencia	Temperatura	Presión	Humedad	Consumo	Variables Primarias			
	P_y (kW)	Ambiente ta_y (°C)	Atmosférica pa_y (kPa)	Relativa hr_y	Combustible mc_y (m³/h)	P_y	ta_y	pa_y	mc_y
1	196 733,0	16,60	100,75	0,58	53 187,57	0,25%	2,07	0,13%	0,33%
2	195 144,4	16,78	100,84	0,58	53 262,29	0,56%	1,89	0,04%	0,19%
3	194 298,1	17,11	100,86	0,56	53 234,41	0,99%	1,56	0,02%	0,24%
4	195 567,0	17,11	100,71	0,53	53 316,18	0,35%	1,56	0,17%	0,09%
5	195 324,8	17,11	100,72	0,54	53 322,17	0,47%	1,56	0,16%	0,08%
6	194 905,9	17,11	100,91	0,54	53 389,05	0,68%	1,56	0,03%	0,05%
7	194 544,0	17,28	101,01	0,55	53 501,40	0,87%	1,40	0,12%	0,26%
8	194 611,1	17,22	101,02	0,54	53 388,71	0,83%	1,45	0,13%	0,04%
9	195 276,0	18,22	101,03	0,57	53 590,76	0,50%	0,45	0,14%	0,42%
10	195 969,7	18,33	100,99	0,60	53 605,37	0,14%	0,34	0,10%	0,45%
11	196 429,5	19,17	100,76	0,62	53 540,66	0,09%	0,49	0,12%	0,33%
12	196 987,3	19,72	100,77	0,64	53 306,41	0,38%	1,05	0,11%	0,11%
13	195 977,2	19,72	101,19	0,59	53 325,36	0,14%	1,05	0,30%	0,07%
14	195 265,5	19,84	101,09	0,59	53 289,91	0,50%	1,17	0,20%	0,14%
15	195 922,5	20,20	101,00	0,58	53 230,53	0,17%	1,53	0,12%	0,25%
16	195 707,4	22,70	100,99	0,55	53 299,74	0,28%	4,03	0,10%	0,12%
17	197 335,7	20,58	101,01	0,53	53 395,35	0,55%	1,91	0,12%	0,06%
18	196 478,4	19,99	100,77	0,52	53 257,67	0,12%	1,32	0,11%	0,20%
19	197 955,0	19,90	100,86	0,53	53 072,29	0,87%	1,23	0,02%	0,55%
20	197 184,4	18,81	100,87	0,55	53 174,74	0,48%	0,14	0,01%	0,36%
21	196 875,4	17,89	100,77	0,54	53 164,88	0,32%	0,78	0,11%	0,37%
22	197 212,2	17,75	100,92	0,54	53 249,83	0,49%	0,92	0,04%	0,22%
23	200 245,4	17,76	100,97	0,55	53 300,80	2,04%	0,92	0,09%	0,12%
24	197 095,1	18,25	100,81	0,55	53 323,45	0,43%	0,42	0,07%	0,08%
25	194 999,2	18,44	100,82	0,56	53 547,16	0,64%	0,23	0,06%	0,34%
26	195 725,4	18,87	100,79	0,56	53 617,95	0,27%	0,19	0,09%	0,47%
27	196 528,2	19,03	101,01	0,57	53 552,82	0,14%	0,35	0,13%	0,35%
28	196 952,2	19,31	100,50	0,57	53 518,84	0,36%	0,63	0,38%	0,29%
29	197 089,6	19,72	100,99	0,55	53 513,18	0,43%	1,05	0,11%	0,28%
30	197 096,5	19,71	100,79	0,55	53 467,87	0,43%	1,04	0,09%	0,19%
Variaciones máximas permitidas →						± 1%	± 4,0°C	± 0,5%	± 1,0%
Mínimo	194 298,1	16,60	100,5010	0,52	53 072,3				
Máximo	200 245,4	22,70	101,1900	0,64	53 617,9				
Promedio	196 247,9	18,67	100,8841	0,56	53 364,9				
Prom Validado	196 124,4	18,56	100,8773	0,56	53 369,5				

2.6 Se ha supuesto que durante el EPEyR ninguna de las Variables Secundarias superó sus límites operativos conforme se indica en 7.7.1.

3. Corrección de la potencia

3.1 Para el cálculo, es necesario disponer de las curvas de corrección de la potencia dadas por el fabricante para variaciones en la temperatura ambiente, presión atmosférica, humedad relativa. Asimismo, es necesario disponer de los datos de temperatura ambiente, presión atmosférica y humedad relativa a condiciones de potencia efectiva. Para el ejemplo estos datos son: 22,5 °C, 100,55 kPa (1,0055 bar) y 85,3% respectivamente.

3.2 La conversión de los valores de potencia de ensayo (P_y) a condiciones de potencia efectiva (P_x) se realiza en dos pasos: en primer lugar, de condiciones de ensayo a condiciones de referencia y en segundo lugar de condiciones de referencia a condiciones de potencia efectiva.

3.3 El cálculo, así como la aplicación de los factores de corrección, dependerá de lo indicado por el fabricante. Para el ejemplo, los factores de corrección se obtienen directamente ingresando las variables medidas en las curvas de corrección.

3.4 Para el cálculo de la potencia a condiciones de referencia (P_r), se utilizan los factores de corrección por variación de temperatura (KPt_{a_y-r}), por variación de presión atmosférica ($KPpa_{y-r}$) y por variación de humedad relativa ($KPhr_{y-r}$), calculados para llevar la potencia desde las condiciones de ensayo a condiciones de referencia. En el ejemplo, todos los factores de corrección utilizados son multiplicativos.

$$P_r = \frac{P_y}{(KPt_{a_y-r} * KPpa_{y-r} * KPhr_{y-r})}$$

Donde:

P_r : Potencia de referencia

P_y : Potencia de ensayo

$KPta_{y-r}$: Factor de corrección por variación de la temperatura ambiente para corregir la potencia desde las condiciones de ensayo a las condiciones de referencia.

$KPpa_{y-r}$: Factor de corrección por variación de la presión atmosférica para corregir la potencia desde las condiciones de ensayo a las condiciones de referencia.

$KPhr_{y-r}$: Factor de corrección por variación de la humedad relativa para corregir la potencia desde las condiciones de ensayo a las condiciones de referencia.

3.5 En forma similar, para el cálculo de la potencia efectiva (P_x) se utilizarán los factores de corrección por variación de temperatura ($KPta_{r-x}$), por variación de la presión barométrica ($KPpa_{r-x}$) y por variación de humedad relativa ($KPhr_{r-x}$) calculados para llevar la potencia desde las condiciones de referencia a condiciones de potencia efectiva, a través de la siguiente formulación:

$$P_x = P_r * (KPta_{r-x} * KPpa_{r-x} * KPhr_{r-x})$$

Donde:

P_x : Potencia efectiva

$KPta_{r-x}$: Factor de corrección por variación de la temperatura ambiente para corregir la potencia desde las condiciones de referencia a las condiciones de potencia efectiva.

$KPpa_{r-x}$: Factor de corrección por variación de la presión atmosférica para corregir la potencia desde las condiciones de referencia a las condiciones de potencia efectiva.

$KPhr_{r-x}$: Factor de corrección por variación de la humedad relativa para corregir la potencia desde las condiciones de referencia a las condiciones de potencia efectiva.

3.6 Los resultados son mostrados en el Cuadro C.

Cuadro C
Corrección de la potencia

N°	A condiciones de Ensayo					Factores de Corrección de la Potencia						Potencia Referencia P_r (kW)	Potencia Efectiva P_x (kW)
	Potencia P_y (kW)	Temp Amb t_{a_y} (K)	Presión Atmosf p_{a_y}	Hum Relativa hr_y	Validez	De Ensayo a Referencia			De Referencia a Potencia Efectiva				
						Temp Ambiente $KPta_{y-r}$	Presión Atmosf $KPpa_{y-r}$	Humedad Relativa $KPhr_{y-r}$	Temp Ambiente $KPta_{r-x}$	Presión Atmosf $KPpa_{r-x}$	Humedad Relativa $KPhr_{r-x}$		
1	196 733,0	16,60	100,75	0,58	Válido	0,9893	0,9944	0,9999	0,9487	0,9923	1,0014	200 014,6	188 564,0
2	195 144,4	16,78	100,84	0,58	Válido	0,9880	0,9953	0,9999				198 473,4	187 111,0
3	194 298,1	17,11	100,86	0,56	Válido	0,9858	0,9955	0,9998				198 027,9	186 691,0
4	195 567,0	17,11	100,71	0,53	Válido	0,9858	0,9939	0,9996				199 668,1	188 237,3
5	195 324,8	17,11	100,72	0,54	Válido	0,9858	0,9940	0,9997				199 386,2	187 971,5
6	194 905,9	17,11	100,91	0,54	Válido	0,9858	0,9960	0,9997				198 572,5	187 204,4
7	194 544,0	17,28	101,01	0,55	Válido	0,9847	0,9970	0,9997				198 218,2	186 870,4
8	194 611,1	17,22	101,02	0,54	Válido	0,9851	0,9971	0,9997				198 192,2	186 845,9
9	195 276,0	18,22	101,03	0,57	Válido	0,9783	0,9972	0,9998				200 199,0	188 737,8
10	195 969,7	18,33	100,99	0,60	Válido	0,9775	0,9968	1,0000				201 113,8	189 600,2
11	196 429,5	19,17	100,76	0,62	Válido	0,9718	0,9945	1,0001				203 227,6	191 593,0
12	196 987,3	19,72	100,77	0,64	Válido	0,9680	0,9946	1,0002				204 569,1	192 857,7
13	195 977,2	19,72	101,19	0,59	Válido	0,9680	0,9989	0,9999				202 694,9	191 090,8
14	195 265,5	19,84	101,09	0,59	Válido	0,9672	0,9978	1,0000				202 341,8	190 757,9
15	195 922,5	20,20	101,00	0,58	Válido	0,9647	0,9969	0,9999				203 732,7	192 069,2
16	195 707,4	22,70	100,99	0,55	Inválido	0,9473	0,9968	0,9997				207 302,8	195 434,9
17	197 335,7	20,58	101,01	0,53	Válido	0,9621	0,9970	0,9996				205 801,5	194 019,6
18	196 478,4	19,99	100,77	0,52	Válido	0,9662	0,9946	0,9995				204 566,3	192 855,1
19	197 955,0	19,90	100,86	0,53	Válido	0,9668	0,9955	0,9996				205 773,6	193 993,2
20	197 184,4	18,81	100,87	0,55	Válido	0,9743	0,9956	0,9997				203 346,5	191 705,1
21	196 875,4	17,89	100,77	0,54	Válido	0,9805	0,9946	0,9997				201 948,0	190 386,7
22	197 212,2	17,75	100,92	0,54	Válido	0,9815	0,9961	0,9997				201 786,5	190 234,4
23	200 245,4	17,76	100,97	0,55	Inválido	0,9815	0,9966	0,9997				204 776,9	193 053,6
24	197 095,1	18,25	100,81	0,55	Válido	0,9781	0,9950	0,9997				202 582,6	190 984,9
25	194 999,2	18,44	100,82	0,56	Válido	0,9768	0,9951	0,9998				200 667,4	189 179,4
26	195 725,4	18,87	100,79	0,56	Válido	0,9739	0,9948	0,9998				202 080,2	190 511,3
27	196 528,2	19,03	101,01	0,57	Válido	0,9728	0,9970	0,9999				202 659,1	191 057,1
28	196 952,2	19,31	100,50	0,57	Válido	0,9709	0,9918	0,9998				204 574,5	192 862,8
29	197 089,6	19,72	100,99	0,55	Válido	0,9680	0,9968	0,9997				204 308,5	192 612,0
30	197 096,5	19,71	100,79	0,55	Válido	0,9681	0,9948	0,9997				204 726,8	193 006,4

Condiciones	t_a (°C)	p_a (kPa)	hr
Pot Efectiva	22,5	100,550	0,853

PCI	35 982,25	kJ/m^3
-----	-----------	-----------------

Curva de corrección por temperatura ambiente	$KPta = 0,00000213379 * X^3 + 0,000033763 * X^2 - 0,00579926 * X + 1,09387$
Curva de corrección por presión atmosférica	$KPpa = 0 * X^3 + 0,00441872 * X^2 + 1,03515 * X - 0,0440726$
Curva de corrección por humedad relativa	$KPhr = 0,0000110751 * X^3 + 0,000197874 * X^2 + 0,00588388 * X + 0,996543$

3.7 Finalmente, se determina la potencia efectiva como el promedio de todas las potencias efectivas de las 28 mediciones válidas. El resultado se muestra en el Cuadro D.

Cuadro D
Potencias de ensayo, referencia y efectiva

Potencia de Ensayo P_v (kW)	Potencia Referencia P_r (kW)	Potencia Efectiva P_x (kW)
196 124,40	201 901,91	190 343,23

3

.8 En forma similar, se procede para el cálculo de las potencias efectivas a potencias parciales.

4. Corrección del Rendimiento

4.1 A partir de la potencia y del consumo de combustible a condiciones de ensayo, se calculan los resultados del parámetro asociado al rendimiento (rendimiento, consumo específico de calor o eficiencia), a corregir de acuerdo con las curvas proporcionadas por el fabricante. Para el ejemplo, el parámetro a corregir es el Consumo específico de calor, y se toma un poder calorífico inferior del combustible gas natural de 35 982,25 kJ/m³

Cuadro E
Resultados del consumo específico de calor a condiciones de ensayo

N°	A condiciones de Ensayo		
	Potencia P_v (kW)	Consumo Combustible mc_v (m ³ /h)	Consumo Específico de Calor Cec_v (kJ/kWh)
1	196 733,0	53 187,57	9 727,95
2	195 144,4	53 262,29	9 820,92
3	194 298,1	53 234,41	9 858,53
4	195 567,0	53 316,18	9 809,61
5	195 324,8	53 322,17	9 822,88
6	194 905,9	53 389,05	9 856,34
7	194 544,0	53 501,40	9 895,45
8	194 611,1	53 388,71	9 871,20
9	195 276,0	53 590,76	9 874,82
10	195 969,7	53 605,37	9 842,55
11	196 429,5	53 540,66	9 807,66
12	196 987,3	53 306,41	9 737,10
13	195 977,2	53 325,36	9 790,76
14	195 265,5	53 289,91	9 819,92
15	195 922,5	53 230,53	9 776,08
16	195 707,4	53 299,74	9 799,55
17	197 335,7	53 395,35	9 736,13
18	196 478,4	53 257,67	9 753,39
19	197 955,0	53 072,29	9 646,94
20	197 184,4	53 174,74	9 703,34
21	196 875,4	53 164,88	9 716,77
22	197 212,2	53 249,83	9 715,67
23	200 245,4	53 300,80	9 577,66
24	197 095,1	53 323,45	9 734,88
25	194 999,2	53 547,16	9 880,79

N°	A condiciones de Ensayo		
	Potencia	Consumo	Consumo Específico
	P_v (kW)	Combustible mc_v (m ³ /h)	de Calor Cec_v (kJ/kWh)
26	195 725,4	53 617,95	9 857,15
27	196 528,2	53 552,82	9 804,96
28	196 952,2	53 518,84	9 777,64
29	197 089,6	53 513,18	9 769,79
30	197 096,5	53 467,87	9 761,18

4.2 En forma similar al caso de la potencia, se debe disponer de las curvas de corrección del rendimiento por variaciones en la temperatura ambiente, presión atmosférica y humedad relativa. En el ejemplo, las curvas del fabricante se aplican sobre el parámetro consumo específico de calor.

4.3 La conversión de los valores del consumo específico de calor de ensayo a condiciones de potencia efectiva se realiza en dos pasos: primero, de condiciones de ensayo a condiciones de referencia y segundo, de condiciones de referencia a condiciones de potencia efectiva.

4.4 En forma similar al caso de la potencia, el cálculo de los factores de corrección dependerá de las curvas dadas por el fabricante.

4.5 Para el cálculo del consumo específico de calor a condiciones de referencia, se utilizarán los factores de corrección por variación de temperatura (KC_{ta-y-r}), por variación de la presión atmosférica (KC_{pa-y-r}) y por variación de humedad relativa (KCh_{r-y-r}) calculados para llevar el consumo específico de calor desde las condiciones de ensayo a condiciones de referencia, a través de la siguiente fórmula:

$$Cec_r = \frac{Cec_y}{(KC_{ta-y-r} * KC_{pa-y-r} * KCh_{r-y-r})}$$

Donde:

Cec_r : Consumo específico de calor a condiciones de referencia

Cec_y : Consumo específico de calor a condiciones de ensayo

KC_{ta-y-r} : Factor de corrección por variación de la temperatura ambiente para llevar el Cec desde las condiciones de ensayo a las condiciones de referencia.

KC_{pa-y-r} : Factor de corrección por variación de la presión atmosférica para llevar el Cec desde las condiciones de ensayo a las condiciones de referencia.

KCh_{r-y-r} : Factor de corrección por variación de la humedad relativa para llevar el Cec desde las condiciones de ensayo a las condiciones de referencia.

4.6 Para el cálculo del consumo específico de calor a potencia efectiva se utilizarán los factores de corrección por variación de temperatura (KC_{ta-r-x}), por variación de la presión barométrica (KC_{pa-r-x}) y por variación de humedad relativa (KCh_{r-x}), calculados para llevar el consumo específico de calor desde las condiciones de referencia a condiciones de potencia efectiva, a través de la siguiente fórmula:

$$Cec_x = Cec_r * (KC_{ta-r-x} * KC_{pa-r-x} * KCh_{r-x})$$

Donde:

Cec_x : Consumo específico de calor a condiciones de potencia efectiva

KC_{ta-r-x} : Factor de corrección Cec por variación de la temperatura ambiente para llevar el Cec desde las condiciones de referencia a condiciones de potencia efectiva.

KC_{pa-r-x} : Factor de corrección por variación de la presión atmosférica para llevar el Cec desde las condiciones de referencia a condiciones de potencia efectiva.

KCh_{r-x} : Factor de corrección por variación de la humedad relativa para llevar el Cec desde las condiciones de referencia a condiciones de potencia efectiva.

Los resultados son mostrados en el Cuadro F.

Cuadro F
Corrección del consumo específico de calor

N°	A condiciones de Ensayo						Factores del Consumo Específico de Calor						Cons Esp Calor Referencia Cec_r (kJ/kWh)	Cons Esp Calor Efectivo Cec_v (kJ/kWh)	
	Potencia P_v (kW)	Temp Amb ta_v (K)	Presión Atmosf pa_v	Hum Relativa hr_v	Consumo Combustible mc_v (m ³ /h)	Cons Esp de Calor Cec_v (kJ/kWh)	De Ensayo a Referencia			De Referencia a Pot Efectiva					
							Temp Ambiente $KCta_{vr}$	Presión Atmosf $KCpa_{vr}$	Humedad Relativa $KChr_{vr}$	Temp Ambiente $KCta_{er}$	Presión Atmosf $KCpa_{er}$	Humedad Relativa $KChr_{er}$			
1	196 733,0	16,60	100,75	0,58	53 187,57	9 727,95	Válido	1,0026	1,0002	1,0000	1,0130	1,0003	1,0003	9 701,6	9 132,4
2	195 144,4	16,78	100,84	0,58	53 262,29	9 820,92	Válido	1,0029	1,0002	1,0000				9 791,7	9 217,2
3	194 298,1	17,11	100,86	0,56	53 234,41	9 858,53	Válido	1,0034	1,0001	1,0000				9 824,1	9 247,7
4	195 567,0	17,11	100,71	0,53	53 316,18	9 809,61	Válido	1,0034	1,0002	0,9999				9 775,3	9 201,8
5	195 324,8	17,11	100,72	0,54	53 322,17	9 822,88	Válido	1,0034	1,0002	0,9999				9 788,4	9 214,1
6	194 905,9	17,11	100,91	0,54	53 389,05	9 856,34	Válido	1,0034	1,0001	0,9999				9 822,4	9 246,1
7	194 544,0	17,28	101,01	0,55	53 501,40	9 895,45	Válido	1,0037	1,0001	0,9999				9 858,9	9 280,5
8	194 611,1	17,22	101,02	0,54	53 388,71	9 871,20	Válido	1,0036	1,0001	0,9999				9 835,7	9 258,6
9	195 276,0	18,22	101,03	0,57	53 590,76	9 874,82	Válido	1,0053	1,0001	1,0000				9 822,5	9 246,2
10	195 969,7	18,33	100,99	0,60	53 605,37	9 842,55	Válido	1,0055	1,0001	1,0000				9 788,0	9 213,8
11	196 429,5	19,17	100,76	0,62	53 540,66	9 807,66	Válido	1,0069	1,0002	1,0000				9 738,3	9 167,0
12	196 987,3	19,72	100,77	0,64	53 306,41	9 737,10	Válido	1,0079	1,0002	1,0000				9 658,7	9 092,0
13	195 977,2	19,72	101,19	0,59	53 325,36	9 790,76	Válido	1,0079	1,0000	1,0000				9 713,9	9 143,9
14	195 265,5	19,84	101,09	0,59	53 289,91	9 819,92	Válido	1,0081	1,0001	1,0000				9 740,3	9 168,9
15	195 922,5	20,20	101,00	0,58	53 230,53	9 776,08	Válido	1,0087	1,0001	1,0000				9 690,5	9 122,0
16	195 707,4	22,70	100,99	0,55	53 299,74	9 799,55	Inválido	1,0134	1,0001	0,9999				9 669,4	9 102,1
17	197 335,7	20,58	101,01	0,53	53 395,35	9 736,13	Válido	1,0094	1,0001	0,9999				9 644,9	9 079,0
18	196 478,4	19,99	100,77	0,52	53 257,67	9 753,39	Válido	1,0084	1,0002	0,9999				9 671,6	9 104,2
19	197 955,0	19,90	100,86	0,53	53 072,29	9 646,94	Válido	1,0082	1,0001	0,9999				9 567,8	9 006,5
20	197 184,4	18,81	100,87	0,55	53 174,74	9 703,34	Válido	1,0063	1,0001	0,9999				9 641,9	9 076,2
21	196 875,4	17,89	100,77	0,54	53 164,88	9 716,77	Válido	1,0047	1,0002	0,9999				9 670,2	9 102,9
22	197 212,2	17,75	100,92	0,54	53 249,83	9 715,67	Válido	1,0045	1,0001	0,9999				9 671,9	9 104,5
23	200 245,4	17,76	100,97	0,55	53 300,80	9 577,66	Inválido	1,0045	1,0001	0,9999				9 534,5	8 975,1
24	197 095,1	18,25	100,81	0,55	53 323,45	9 734,88	Válido	1,0053	1,0002	0,9999				9 682,3	9 114,3
25	194 999,2	18,44	100,82	0,56	53 547,16	9 880,79	Válido	1,0057	1,0002	1,0000				9 824,1	9 247,7
26	195 725,4	18,87	100,79	0,56	53 617,95	9 857,15	Válido	1,0064	1,0002	1,0000				9 793,4	9 218,8
27	196 528,2	19,03	101,01	0,57	53 552,82	9 804,96	Válido	1,0067	1,0001	1,0000				9 739,4	9 168,0
28	196 952,2	19,31	100,50	0,57	53 518,84	9 777,64	Válido	1,0072	1,0003	1,0000				9 705,9	9 136,5
29	197 089,6	19,72	100,99	0,55	53 513,18	9 769,79	Válido	1,0079	1,0001	0,9999				9 692,9	9 124,2
30	197 096,5	19,71	100,79	0,55	53 467,87	9 761,18	Válido	1,0079	1,0002	0,9999				9 683,9	9 115,7

Condiciones	ta (°C)	pa (kPa)	hr
Pot Efectiva	22,5	100,550	0,853

PCI	35 982,25	kJ/m ³
-----	-----------	-------------------

Curva de corrección por temperatura ambiente	$KCta = 0 \cdot X^3 + 0,0000235385 \cdot X^2 + 0,000854 \cdot X + 0,981894$
Curva de corrección por presión atmosférica	$KCpa = 0 \cdot X^3 + 0,0435703 \cdot X^2 - 0,121491 \cdot X + 1,07836$
Curva de corrección por humedad relativa	$KChr = 0 \cdot X^3 + 0,0000856356 \cdot X^2 - 0,0011163 \cdot X + 0,999299$

4.7 Se determinan el consumo específico de calor a condiciones de potencia efectiva como el promedio de todos los consumos específicos de calor de las 28 mediciones válidas. El resultado se muestra en el Cuadro G.

Cuadro G
Consumo Específico de Calor de Ensayo, Referencia y Efectiva

Consumo Específico de Calor Cec_x (kJ/kWh)	Consumo Específico de Calor Cec_r (kJ/kWh)	Consumo Específico de Calor Cec_v (kJ/kWh)
9 791,80	9 733,60	9 162,52

4.8 A partir de los resultados de potencia efectiva y del consumo específico de calor, se obtienen el rendimiento, consumo de combustible y eficiencia a condiciones de potencia efectiva, mostrados en el Cuadro H.

Cuadro H
Resultados de Rendimiento

Condición	Potencia P (kW)	Específico de Calor Cec (kJ/kWh)	Consumo de Combustible mc (m ³ /h)	Rendimiento R (kWh/m ³)	Eficiencia η (%)
Ensayo	196 124,40	9 791,80	53 371,06	3,675	36,77
Referencia	201 901,91	9 733,60	54 616,72	3,697	36,99
Efectivo	190 343,23	9 162,52	48 469,00	3,927	39,29

4.9 En forma similar, se procede con el cálculo de los rendimientos a condiciones de potencia efectiva a potencias parciales.