

Protocolo Operativo de Medición

CNO-Gas

Consejo Nacional de Operación de Gas Natural

Protocolo Operativo de Medición / **Guía para Divulgación**

Introducción

La presente guía ha sido preparada con el objetivo de divulgar y facilitar el proceso de gestión del cambio con respecto a la iniciativa del CNO-Gas de actualizar las disposiciones técnicas que -en materia de medición- contiene el Reglamento Único de Medición (RUT), buscando su alineación con el entorno internacional.

El Protocolo Operativo de Medición (POM) desarrollado por el Comité Técnico de Medición del CNO-Gas se basa predominantemente en el contenido de la Recomendación No. 140 de la Organización Internacional de Metrología Legal (OIML). El estado colombiano forma parte de OIML desde 2012 mediante la Ley 1514 del mismo año.

Más que una simple actualización, la transición de las disposiciones del RUT al contexto del nuevo Protocolo constituye una renovación completa de la visión con que las empresas asumen sus “procesos de medición” y del concepto mismo de “sistema de medición” en el ámbito metrológico legal e industrial.

Esta guía es un instrumento didáctico en el proceso de divulgación del POM, el lector puede sentirse libre de usar esta guía como material de apoyo para la autoevaluación sus procesos de medición y para proyectar los nuevos sistemas de medición de gas natural asociadas a transferencias de custodia dentro del segmento de transporte de gas, no obstante se advierte que la presente guía no es un sustituto del POM.

Descargue
la Guía

Se incluirá
cuando se
apruebe

<http://xxxxxxxxxx>

Descargue
el Protocolo

Se incluirá
cuando se
apruebe

<http://xxxxxxxxxx>

Descargue la
OIML R140 (2007)



<http://goo.gl/VLgLGA>

Descargue
la Lev 1514 (2012)



<http://goo.gl/iC05qf>

Una de las cualidades del Protocolo Operativo de Medición es armonizar las disposiciones metrológicas nacionales con el contexto internacional, para lo cual se basa en un marco de referencia común soportado primordialmente por 5 documentos base.

Marco de Referencia Común

1 Resolución CREG 071 de 1999 “Reglamento Único de Transporte de Gas Natural - RUT”

Una de las características claves del POM consiste en actualizar **exclusivamente** los aspectos técnicos del RUT, de manera que todos los requisitos de índole regulatorio tales como “responsabilidades”, “propiedad”, “acceso”, etc. se mantuvieron indemnes.

El POM se integra con el RUT mejorando la componente técnica sin alterar la componente regulatoria.

2 VIM “Vocabulario Internacional de Metrología. Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados” (3ra Ed. 2012)

El primer paso en el proceso de actualización y armonización del RUT en materia metrológica consistió en adoptar el VIM.

Este “diccionario terminológico” es la referencia fundamental que permite a quienes realizan las mediciones y a sus usuarios, expresarse de forma correcta en el ámbito metrológico a todos los niveles (industrial, legal y científico).



<http://goo.gl/ET3PjG>

3 OIML R 140 “Measuring systems for gaseous fuel” (2007)

- *El concepto de “sistema de medición”*
- *El control metrológico basado en “clases de exactitud” y la promulgación de exigencias de forma directamente proporcional a la dimensión del sistema de medición*
- *La necesidad de implementar exigencias sobre la medición o determinación del poder calorífico y la energía*
- *La importancia de las “disposiciones documentadas” como parte integral de un sistema de medición*
- *La exigencia basada en “errores máximos permisibles” y su determinación mediante el uso de una “combinación cuadrática”*

4 ISO 80000-1:2009 “Quantities and units - Part 1: General”

El uso, la expresión y manipulación de magnitudes y unidades son aspectos de enorme trascendencia en el ejercicio de la práctica metrológica.

Estos elementos son abordados en la primera parte de la norma internacional ISO 80000. El contenido de esta norma técnica ha sido aceptado a nivel internacional para lograr homogeneidad y un uso coherente de las magnitudes y unidades. Aborda adicionalmente temas como las reglas de impresión y el redondeo de números.

En el año 2012 en Colombia el ICONTEC publicó la Norma Técnica Colombiana NTC-ISO 80000-1. Esta corresponde a la adopción idéntica por traducción de la norma ISO 80000-1:2009.



<http://goo.gl/chycyl>

5 NIST Special Publication 811 – 2008 Edition “Guide for the Use of the International System of Units (SI)”

Tradicionalmente los sectores de producción y transporte de gas natural en Colombia han implementado sus procesos apoyados en el Sistema Inglés de unidades (pulgada, pie cúbico, psi, °F, Btu, etc.).

No obstante, si se analiza el contexto metrológico a nivel nacional e internacional se puede apreciar que los esfuerzos se enfocan hacia lograr mediciones con “trazabilidad” al Sistema Internacional de Unidades – SI (metro, metro cúbico, bar, °C, MJ, etc.).

El hecho de que en Colombia el sector de distribución de gas haga uso del SI y que algunas tecnologías de medición operen con indicaciones en SI, demanda contar con una base sólida para usar apropiadamente dicho sistema y especialmente para realizar correctamente las conversiones entre unidades.

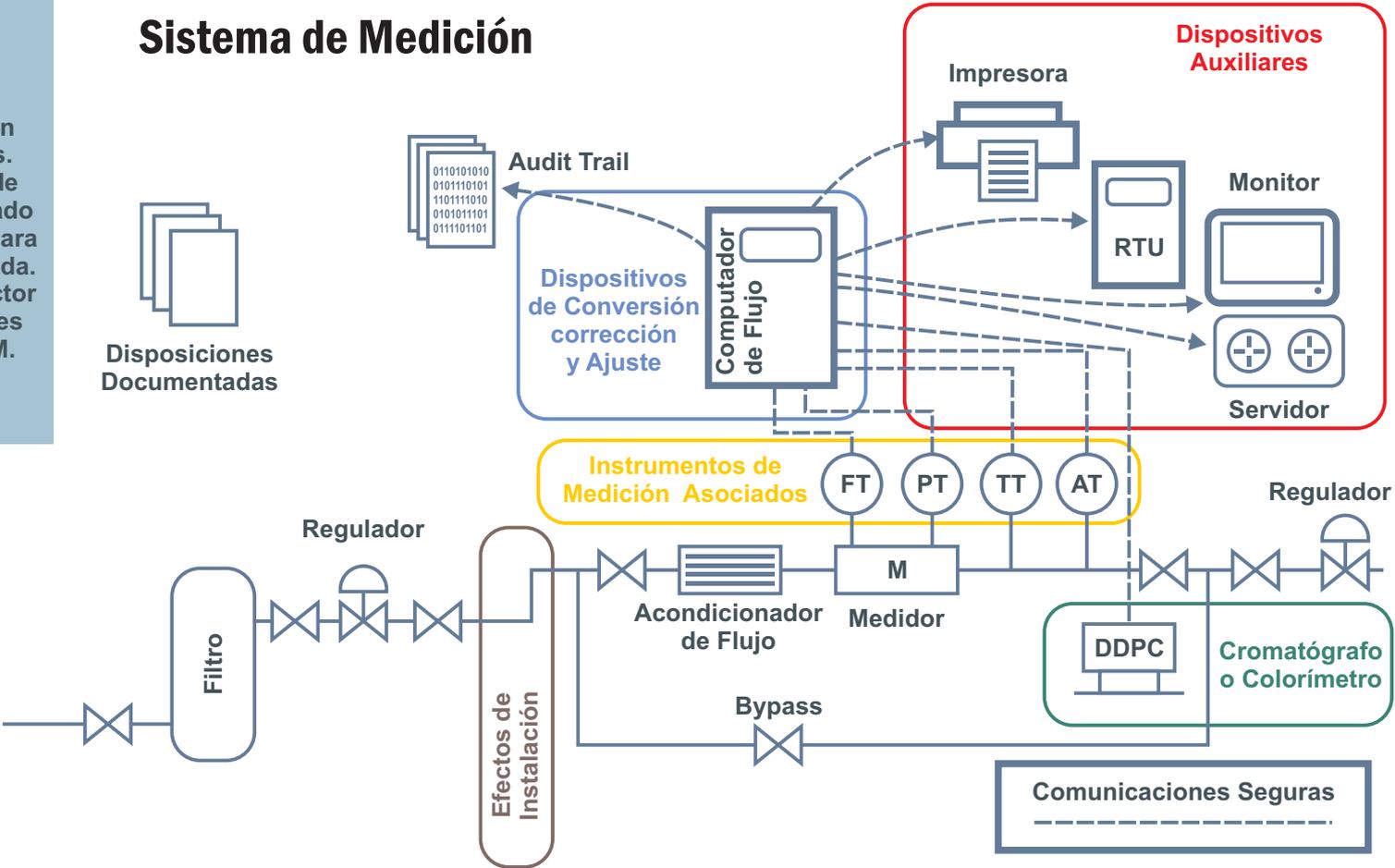
El Anexo B del documento NIST SP811 “Conversion Factors” representa la mejor referencia para realizar las conversiones entre unidades de los dos sistemas.



<http://goo.gl/hyho4m>

Sistema de Medición

Todas las definiciones contenidas en el POM son importantes y necesarias. Para facilitar el proceso de difusión se han seleccionado aquellas imprescindibles para realizar una referencia rápida. No obstante se invita al lector a consultar las definiciones en la sección 3.2 del POM.



Analogías:

API MPMS 21.1 (AGA 13)	Elemento Primario	Elementos Secundarios	Elemento Terciario
POM	Medidor	Instrumentos de medición asociados	Computador de flujo

De acuerdo con el POM, un “sistema de medición” se define como:

“Sistema que comprende el módulo de medición, todos los dispositivos auxiliares y adicionales, y cuando sea necesario, un sistema de disposiciones documentadas **asegurando la calidad y la trazabilidad de los datos**”

La primera conclusión que se puede obtener a partir de esta definición es que **“un medidor por sí mismo no representa un sistema de medición y que un sistema de medición puede incluir múltiples elementos”**.

Un rasgo particular del POM consiste en proponer una renovación en la visión tradicional de los sistemas de medición, migrando hacia una concepción integral (holística) del sistema, reconociendo que el sistema es un todo más complejo que la simple suma de sus partes.

En consecuencia, el POM propone un control metrológico en el cual las exigencias particulares (sobre componentes) se relacionan con las exigencias globales (sobre el sistema).

Normalmente en metrología este tipo de análisis se efectúa mediante la estimación de incertidumbres de medida (usando la GUM), no obstante, considerando la complejidad en la realización de este tipo de análisis el POM se basa en una aproximación convencional muy simple, basada en la combinación cuadrática de errores.

El POM introduce varias definiciones nuevas, incluyendo varios tipos de “dispositivos” que forman parte de un sistema de medición y que deben estar sujetos a control metrológico para asegurar la calidad y la trazabilidad de los datos.

Dispositivos

Dispositivo auxiliar

En un sistema de medición pueden encontrarse varios dispositivos conectados, los cuales desempeñan funciones especiales, relacionadas con los resultados de medida desde el punto de vista de su:

- *elaboración*
- *transmisión*
- *visualización*

Ejemplos de estos dispositivos son:

- *equipo de telemetría*
- *unidad terminal remota UTR (o RTU)*
- *indicadores y totalizadores*
- *repetidores*
- *Impresoras y memoria*
- *dispositivo de conversión de volumen*
- *dispositivo de conversión de energía*

Dispositivo adicional

Además de dispositivos auxiliares un sistema de medición requiere de elementos que permiten y facilitan ejecutar las mediciones.

Estos dispositivos pueden llegar a afectar la medición. Ejemplos de estos dispositivos son:

- *filtros*
- *condicionadores de flujo*
- *by-pass*
- *válvulas*
- *reguladores de presión*
- *sistemas de muestreo*
- *tuberías*

En la actualidad la calibración es un proceso que no finaliza con la obtención de los resultados de la calibración o el certificado, sino que se extiende hasta el uso apropiado de dicha información para ajustar o corregir las indicaciones del medidor.

El volumen de gas medido a condiciones del proceso debe “corregirse” no solo debido a la naturaleza compresible del gas sino también para llevarlo a unas condiciones base o estándar que hacen posible la realización de transacciones entre Agentes del sistema sobre una base uniforme.

Dispositivo de ajuste

El dispositivo de ajuste que solamente permite el desplazamiento de la curva del medidor, con el objeto de llevar los errores de medida dentro de los límites permisibles.

Dispositivo de corrección

Puede estar conectado o incorporado en el medidor y/o un computador de flujo.

Permite corregir de forma automática el volumen medido a las condiciones del proceso (caudal, presión, temperatura, composición, etc.) teniendo en cuenta adicionalmente las curvas de calibración.

Dispositivos de conversión

de volumen

Convierte automáticamente el volumen medido a las condiciones del proceso en volumen a condiciones base. Para esto se apoya en instrumentos de medida asociados (presión, temperatura, composición, densidad, etc.) o en información almacenada en una memoria.

de energía

El objetivo del dispositivo de conversión de energía es obtener la energía asociada al gas natural multiplicando el volumen a condiciones base por el poder calorífico representativo del gas.

Nadie duda que el gas natural es energía. Por lo tanto, las transacciones de gas entre Agentes no pueden limitarse simplemente a la medición de volumen, es necesario determinar la energía asociada a las transferencias de gas.

Energía

$$\text{Energía} = \text{Volumen} \times \text{Poder Calorífico}$$

Poder calorífico bruto (superior)

Lo veremos indicado como “gross”, “high” o “higher” en los Dispositivos para Determinación de Poder Calorífico (DDPC).

Representa la cantidad de energía liberada en la combustión completa de una cantidad de gas natural. Se le llama superior pues incluye la energía liberada por la condensación del agua formada como producto de combustión.

Poder calorífico representativo

Puede ser un (1) poder calorífico o una combinación de varios valores de poder calorífico (P.Ej. a través estadísticos), que puede considerarse apropiado para asociarlo al volumen medido y calcular así su energía.

Dispositivo para Determinación de Poder Calorífico

Es un instrumento o equipo de medida para la obtención del poder calorífico del gas.

Usualmente el poder calorífico del gas se ha obtenido mediante análisis cromatográfico, sin embargo existen otras tecnologías aceptadas para la medición, tales como calorímetros y métodos correlativos.

La exigencia de EMP en energía aporta una nueva dimensión dentro del control metrológico, acorde con las necesidades del sector (el gas es energía)

Clase de Exactitud

Se refiere a la clase de instrumentos o sistemas de medida que satisfacen requisitos metrológicos determinados destinados a mantener los errores de medida (o las incertidumbres) dentro de límites especificados, bajo unas condiciones de funcionamiento dadas.

Errores Máximos Permisibles (EMP)

Todas las regulaciones en materia de medición establecen requisitos para los instrumentos, equipos y sistemas de medida, basados en intervalos (usualmente simétricos) de valores extremos positivos y negativos (\pm) del error de medida (errores máximos permisibles).

Cuando realizamos una calibración estamos obteniendo una evidencia objetiva sobre el desempeño metrológico del medidor o instrumento (en términos de error e incertidumbre).

El proceso de comparar dicha evidencia con respecto a los requisitos de error máximo permisible se denomina “verificación” y el resultado del mismo es la declaración de cumplimiento (o no-cumplimiento) de las exigencias metrológicas.

	Clase A	Clase B	Clase C	Clase D
Q_{max} proyectado a condiciones Base – Estándar RUT [KPCH]	Mayor a 350	Mayor a 35	Mayores o iguales a 10	Menores a 10
EMP en la determinación de Volumen convertido [%]	$\pm 0,9$	$\pm 1,5$	$\pm 2,0$	$\pm 3,0$
EMP en Energía [%]	$\pm 1,0$	$\pm 2,0$	$\pm 3,0$	$\pm 4,0$

En este sentido

**Mayor Caudal o Volumen
EMP más bajos
Mayor exigencia metrológica**

Los Q_{máx} proyectados se pronostican para un panorama operativo de diez (10) años contados a partir del año de entrada en operación del sistema de medición y deben ser consistentes con el Contrato de Transporte.

Año 1

Año 2

Año 3

Año 4

Año 5

Año 6

Año 7

Año 8

Año 9

Año 10

Caudales

En el POM se incluyen varias definiciones relacionadas con los caudales.

Para comprenderlas de forma acertada es conveniente entender primero el concepto de “**Intervalo de Medición Especificado**” el cual se define en el POM como el “conjunto de valores de mensurandos o magnitudes características del gas para las cuales se espera que el error se encuentre dentro de los límites especificados en este Protocolo”.

Usualmente los límites superior e inferior del “**intervalo de medición especificado**” se denominan valor máximo y valor mínimo respectivamente. **Estos nunca se deben exceder.**

Esta definición no solo aplica al sistema de medición sino también a los elementos que lo componen.

Caudal Máximo del Sistema de Medición (Q_{máx})

Si el sistema de medición posee un solo medidor el Q_{máx} corresponde al caudal máximo especificado para dicho medidor.

Si el sistema opera con varios medidores en paralelo el Q_{máx} corresponde a la suma de los caudales de estos hasta que uno de los medidores alcance su caudal máximo especificado.

Caudal Mínimo del Sistema de Medición (Q_{mín})

Si el sistema de medición posee un solo medidor el Q_{mín} corresponde al caudal mínimo especificado para dicho medidor.

Si el sistema opera con varios medidores en paralelo el Q_{mín} es igual o mayor al caudal mínimo más pequeño de los medidores que se encuentran operando en paralelo.

Caudales Máximos Proyectados (Q_{máx} proyectados)

Esta definición es original del Comité Técnico de Medición del CNO-Gas. Es la clave para definir la clase de exactitud (A, B, C o D) que debe cumplir un sistema de medición nuevo o en operación.

Corresponde a un conjunto de caudales horarios máximos operativos que deben ser pronosticados por el responsable del sistema, teniendo en cuenta la evolución esperada de los consumos con respecto al tiempo.

En este punto finalizan las definiciones seleccionadas para la Guía de Difusión.

Comunicaciones y Registros

Audit Trail

Los registros de auditoría o “Audit Trail” permiten realizar una revisión completa de las magnitudes medidas, la configuración de los equipos de medida y los resultados de los cálculos para comprobar la exactitud de una medición y cualquier corrección necesaria.

Pueden ser registros electrónicos como en el caso de un computador de flujo o también registros físicos (papel).

Comunicación Segura

Se refiere al aseguramiento de la información transferida entre elementos de un sistema de medición.

Su objetivo es garantizar que no pueda ser alterada por el usuario, por influencias externas o por fallas del sistema.

Cubre comunicaciones físicas (P. Ej. cableadas) o no (P.Ej. inalámbricas)

Disposiciones Documentadas

Las disposiciones documentadas pueden formar parte de un sistema de aseguramiento de la calidad.

En general son lineamientos establecidos y documentados por el usuario de un sistema de medición que tienen como propósito consolidar un conjunto de soportes para dar confianza a los entes de control y a las partes involucradas directamente en la transferencia de custodia, sobre los procesos de medición que se ejecutan conforme con los requisitos establecidos en el RUT y el POM.

Cobran especial relevancia cuando los instrumentos de medición asociados no se someten a control o cuando no se usan comunicaciones seguras.

Un sistema de medición puede incluir múltiples elementos, entre ellos pueden mencionarse los siguientes (sin limitarse a estos exclusivamente)

Requisitos Técnicos

Serán parte del sistema de medición cuando estén presentes

- Dispositivos de conversión (si aplican)
- Dispositivo para determinación de poder calorífico (si aplica)
- Sistema de extracción y acondicionamiento de muestras de gas (si aplica)
- Facilidades para la calibración del dispositivo para determinación de poder calorífico (si aplican)
- Equipo de conmutación para seleccionar el número apropiado de líneas de medición activas cuando se usan medidores en paralelo.

Necesarios:

- Medidor(es) o módulo de medición
- Facilidades de verificación
- Sellos metrológicos

Son parte del sistema de medición cuando existen riesgos de que los mismos influyeran su desempeño

- Válvulas de bloqueo o aislamiento
- Juntas de aislamiento (P. Ej. Empaques dieléctricos o juntas monolíticas) usados como protecciones eléctricas contra transientes
- Tubería y accesorios adicionales
- Filtro y separador
- Equipo para precalentamiento de gas
- Equipo para reducir los niveles de ruido
- Equipo para control de flujo y presión de la estación o de la línea de medición
- Equipo para prevenir la formación de hielo e hidratos
- Equipo para absorber vibraciones y pulsaciones
- Dispositivos para acondicionamiento del perfil de flujo
- Otros componentes...

Son parte del sistema de medición cuando sea necesario asegurar la integridad y/o la correcta operación del sistema de medición

- Disposiciones documentadas y sistemas de aseguramiento de la calidad

Criterios de configuración de un sistema de medición según su Clase

POM Tabla 3. Elementos constitutivos de un sistema de medición

Elemento	Clase A	Clase B	Clase C	Clase D
Módulo de medición	X	X	X	X
Dispositivo auxiliar de telemetría	X	X	(Nota 1)	(Nota 1)
Dispositivo de corrección y ajuste	X	X	(Nota 1)	(Nota 1)
Dispositivo (módulo) de conversión de volumen y energía en sitio	X	X	X	
Conversión de temperatura (medición local)	X	X	X	
Conversión de presión (medición local)	X	X	X	
Conversión de Z	X	X (Nota 2) (Nota 3)	X (Nota 2)	
Dispositivo para determinación de PC – local	X	(Nota 3)		
Determinación de PC remota (muestreo o calculado)		X	X	X
Alternativa para las conversiones anteriores: medición de densidad	X	(Nota 3)		
Alternativa para las conversiones anteriores: determinación remota de densidad (calculada)		X	X	X

El POM adopta la lógica de OIML R140 en el sentido de que el nivel de exigencia metrológica en los sistemas de medición aumenta con respecto a la magnitud de los caudales o volúmenes a medir.

La Tabla 3 contiene el listado de elementos que deben poseer los sistemas de medición dependiendo de la clase a la cual pertenecen.

Un sistema de medición solamente puede ostentar una única Clase (A, B, C o D), no podrá tener simultáneamente varias clases o una combinación de clases. Salvo acuerdo entre las partes siempre se aplicará la Clase más estricta cuando el intervalo de Q_{\max} proyectados sea tan amplio que alcance a cubrir varias de las clases

Nota 1: Obligatorio para GNV y usuario no regulado, para otros tipos de usuarios, estos elementos serán opcionales y su uso estará sujeto a las exigencias de la CREG en materia operativa.

Nota 2: Es obligatorio realizar la conversión por Z pero es opcional contar con instrumento de medición asociado para la medición de composición del gas.

Nota 3: Obligatorio para puntos de transferencia entre productor-transportador y entre transportadores

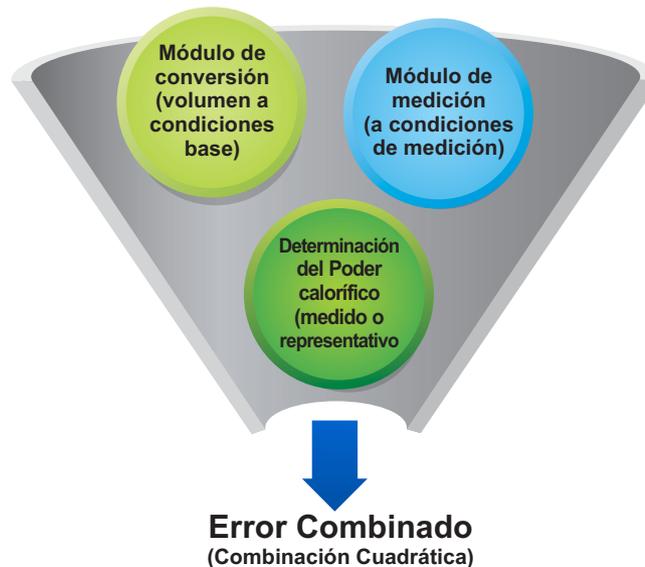
Error Combinado = Combinación Cuadrática de EMP

Para la verificación del cumplimiento de la clase de exactitud de un sistema de medición el POM plantea el cálculo de un “error combinado” para comparar el valor obtenido de dicha combinación con el valor del EMP correspondiente a la clase de exactitud del sistema de medición en cuestión.

En el POM la manera de combinar los errores es a través de una combinación cuadrática de los errores permisibles aplicables a cada uno de los siguientes módulos:

POM Tabla 2. EMP por Módulos

	Clase A	Clase B	Clase C	Clase D
Volumen a condiciones de medición	±0,7%	±1,2%	±1,5%	±2,0%
Conversión en volumen a condiciones base	±0,5%	±1,0%	±1,5%	±2,0%
Medición de PC (con DDPC)	±0,5%	±1,0%	±1,0%	±1,0%
Determinación de PC representativo	±0,6%	±1,25%	±2,0%	±3,0%
Conversión en energía (EMP en cálculos)	±0,05%	±0,05%	±0,05%	±0,05%



$$\sqrt{\sum_{n=1}^N (EMP_n)^2}$$

EMP: Error Máximo Permissible correspondiente al módulo n .
 n : Enésimo módulo
 N : Número total de módulos a combinar.

Especificaciones del Módulo de Medición

Las tecnologías aceptadas para transferencia de custodia incluyen **pero no se limitan a:**

- Placa de orificio
- Turbinas
- Ultrasónicos
- Másicos tipo Coriolis
- Diafragmas
- Rotativos

Los medidores empleados en estaciones para transferencia de custodia deben poseer:

- Certificado de calibración expedido por un laboratorio acreditado (ISO/IEC 17025)
- Certificación de aprobación de modelo que valide su desempeño metrológico para aplicaciones de transferencia de custodia de gas natural emitido por un organismo competente con reconocimiento internacional, aceptado entre las partes

Se seguirán los lineamientos establecidos en el Decreto 2269 de 1993 y las normas que lo modifiquen o sustituyan.

El montaje de los medidores de gas con sus respectivas tuberías aguas arriba y aguas abajo debe realizarse respetando las consideraciones respectivas dadas de acuerdo al siguiente orden de prioridad

disposiciones establecidas en el certificado de aprobación de modelo

disposiciones de la normativa técnica de referencia aplicable

instrucciones del fabricante

Directorio de Acreditaciones ONAC



<http://goo.gl/leM83q>

En toda conversión se deberá contar con un conjunto de lineamientos, consignados en las disposiciones documentadas del sistema de medición, asegurando la calidad y la trazabilidad de los datos.

Especificaciones del Módulo de Conversión de Volumen

Este módulo está conformado por un dispositivo de conversión de volumen e Instrumentos de Medición Asociados.

Dependiendo de la configuración del sistema de medición, los dispositivos de conversión pueden usar cinco tipos diferentes de algoritmos para la obtención del volumen a condiciones base.

Opciones de Aprobación de Modelo:

- API 21.1 (AGA 13)
- MID - EN12405-1



EMP para instrumentos de medición asociados (diferentes a dispositivos para determinación de poder calorífico)

POM Tabla 4. (filas y columnas transpuestas)

EMP en	Temperatura	Presión	Densidad	Factor de Compresibilidad
Clase A	$\pm 0,5^{\circ}\text{C}$	$\pm 0,2\%$	$\pm 0,35\%$	$\pm 0,3\%$
Clase B	$\pm 0,5^{\circ}\text{C}$	$\pm 0,5\%$	$\pm 0,7\%$	$\pm 0,3\%$
Clase C	$\pm 1,0^{\circ}\text{C}$	$\pm 1,0\%$	$\pm 1,0\%$	$\pm 0,5\%$
Clase D	$\pm 5,0^{\circ}\text{C}$	$\pm 3,0\%$	$\pm 2,0\%$	$\pm 1,0\%$

El EMP debe comprender el conjunto compuesto por el sensor, el transmisor o convertor análogo digital y el dispositivo de conversión, formando una cadena de medida.

El sensor de temperatura debe estar instalado de forma que garantice que la temperatura medida es la temperatura a las condiciones de medición.

En todos los casos debe ser posible verificar en sitio la medición de temperatura.

Presión atmosférica promedio del sitio:

Primera Prioridad:
Medición directa "in situ" empleando un barómetro electrónico trazable.

Segunda Prioridad:
Correlación por altitud basada en la información obtenida a partir de GPS.

- Apéndice B de AGA Report No. 7 de 2006 (NOAA US Standard Atmosphere)
- ISO 2533 última edición

La determinación de la densidad se debe realizar siguiendo los lineamientos de cualquiera de los estándares, relacionados a continuación en sus últimas versiones (o normativas de mayor exactitud, cuando estén disponibles):

- ISO 6976
- ASTM D 3588
- GPA 2172

La determinación del factor de compresibilidad se debe realizar empleando los métodos descritos en cualquiera de las normativas técnicas en sus últimas versiones, relacionados a continuación (o normativas de mayor exactitud, cuando estén disponibles):

- GERG
- ISO 12213
- AGA 8

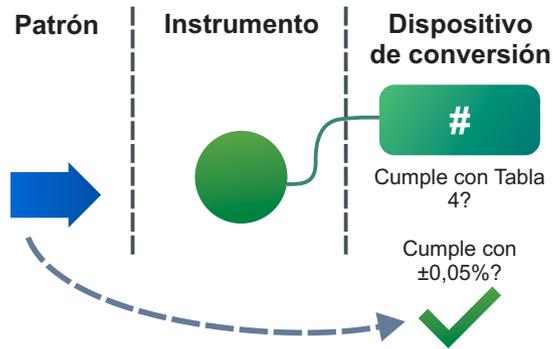
Verificación de EMP en instrumentos de medición asociados

Primer método (instrumentos de señales analógicas):

Cada instrumento de medición asociado es verificado con respecto a la Tabla 4, usando la indicación disponible sobre el dispositivo de conversión.

La verificación del cálculo consiste en verificar el cumplimiento de los EMP para cada magnitud característica del gas según los valores dados en la Tabla 4.

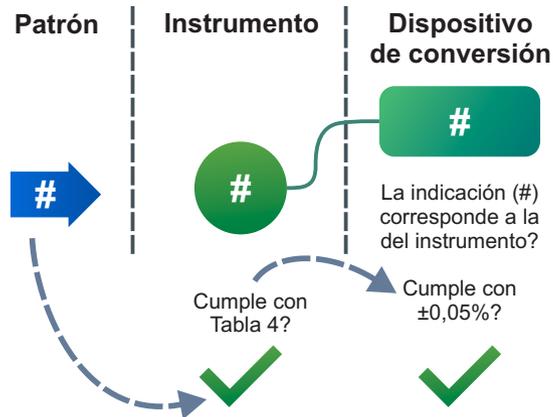
El EMP en el cálculo por la conversión aplicable al dispositivo de conversión es $\pm 0,05\%$ del valor verdadero calculado



Segundo método (instrumentos de señales digitales):

Cada instrumento de medición asociado es verificado con respecto a la Tabla 4, usando la indicación disponible directamente sobre el propio instrumento de medición. Esta indicación debe corresponder al valor que es directamente procesado por el dispositivo de conversión de volumen.

La verificación consiste en comprobar el EMP en el cálculo por la conversión aplicable al dispositivo de conversión, el cual es $\pm 0,05\%$ del valor verdadero calculado.



Siempre que se utilice el término poder calorífico se está haciendo referencia al poder calorífico bruto (superior). En unidades inglesas se utiliza el BTU_{IT} .

Poder Calorífico

Verificación EMP

La verificación del EMP asociado al módulo para determinación de poder calorífico (Tabla 2) se debe realizar mediante la evaluación del error obtenido al comparar el poder calorífico medido por el dispositivo con respecto al poder calorífico convencionalmente verdadero, el cual es determinado a partir de la composición del gas de referencia empleando uno de los siguientes métodos:

- ISO 6976
- ASTM D3588
- GPA 2172

Cálculo

- ISO 6976
- ASTM D3588
- ASTM D7164
- GPA 2172

Cromatógrafos

- ASTM D1945
- GPA 2261
- ISO 6974

Calorímetros

- ASTM D1826
- ASTM D7314

Muestreo

- ISO 10715
- API MPMS 14.1
- GPA 2166
- ASTM D5503

Evaluaciones
adicionales
sobre los DDPC

repetibilidad

intervalo de
ajuste y deriva

Para todos los gases de calibración la incertidumbre del poder calorífico certificado, como se establece en ISO 6976, debe ser menor a un tercio (1/3) del error máximo permisible.

Gases de Referencia

Verificación EMP

- Evitar la condensación del gas
- Período de validez de la mezcla según fabricante (no superior a 5 años)
- Preparación por método gravimétrico.
- Trazabilidad a patrones nacionales o internacionales.
- Certificación de la incertidumbre en el poder calorífico desarrollada por una entidad autorizada.
- Certificado de análisis e instrucciones detalladas para el transporte para cada cilindro
- Gas de referencia con todos los componentes que el analizador está en capacidad de evaluar para el caso de los cromatógrafos
- No se admiten certificados de análisis con resultados gravimétricos o reportes de componentes por balance
- La composición del gas reportada en el certificado debe estar verificada con un análisis cromatográfico en laboratorio

Como alternativa a la certificación del poder calorífico, se pueden emplear gases de referencia certificados por composición, para lo cual se tendrán en cuenta los siguientes valores límite en la incertidumbre certificada por el proveedor para cada componente:

- **Metano:** Máximo 0,2 % relativo.
- **Etano, propano, butanos, dióxido de carbono, nitrógeno:** Máximo 1% relativo.
- **Todos los demás componentes:** Máximo 2 % relativo



Tanto el volumen como el poder calorífico en base volumétrica deben estar referenciados a condiciones base.

$$\text{Energía} = \text{Volumen} \times \text{Poder Calorífico}$$

POM Tabla 5. Intervalo de tiempo para medición de poder calorífico y determinación de poder calorífico representativo

Alternativas	A	B	C	D
Máximo intervalo de tiempo aceptable para medición individual de poder calorífico	15 minutos (el valor mínimo dependerá de la estabilidad en el poder calorífico)	1 hora	1 hora	1 día
Mínimo intervalo de tiempo para determinación de poder calorífico representativo	De acuerdo con la aplicación	1 día	1 día	1 día

Independientemente de la estrategia empleada para determinación de poder calorífico se deben cumplir los intervalos de tiempo (iguales o menores) establecidos en la Tabla 5.



Determinación del error asociado a la conversión de energía

El error en la conversión en energía debe considerar los siguientes componentes:

Error del DDPC

Pueden ser los errores de medición efectivos del DDPC, o los EMP aplicables para el DDPC según se disponga de la información.

Incertidumbre por inestabilidad y medición discontinua

Está asociada al tiempo que toma la determinación del poder calorífico representativo en relación con su estabilidad

Incertidumbre en el tiempo de determinación

Corresponde a la demora existente entre la toma de la muestra y el análisis de la misma

Incertidumbre por localización

Se aplica cuando el poder calorífico no es determinado localmente y tiene asociadas dos causas: i) diferentes fuentes u orígenes de los gases y ii) demora por el tránsito del gas entre los puntos de medición para la cantidad medida (volumen) y el punto para la medición del poder calorífico

Otros errores e incertidumbres

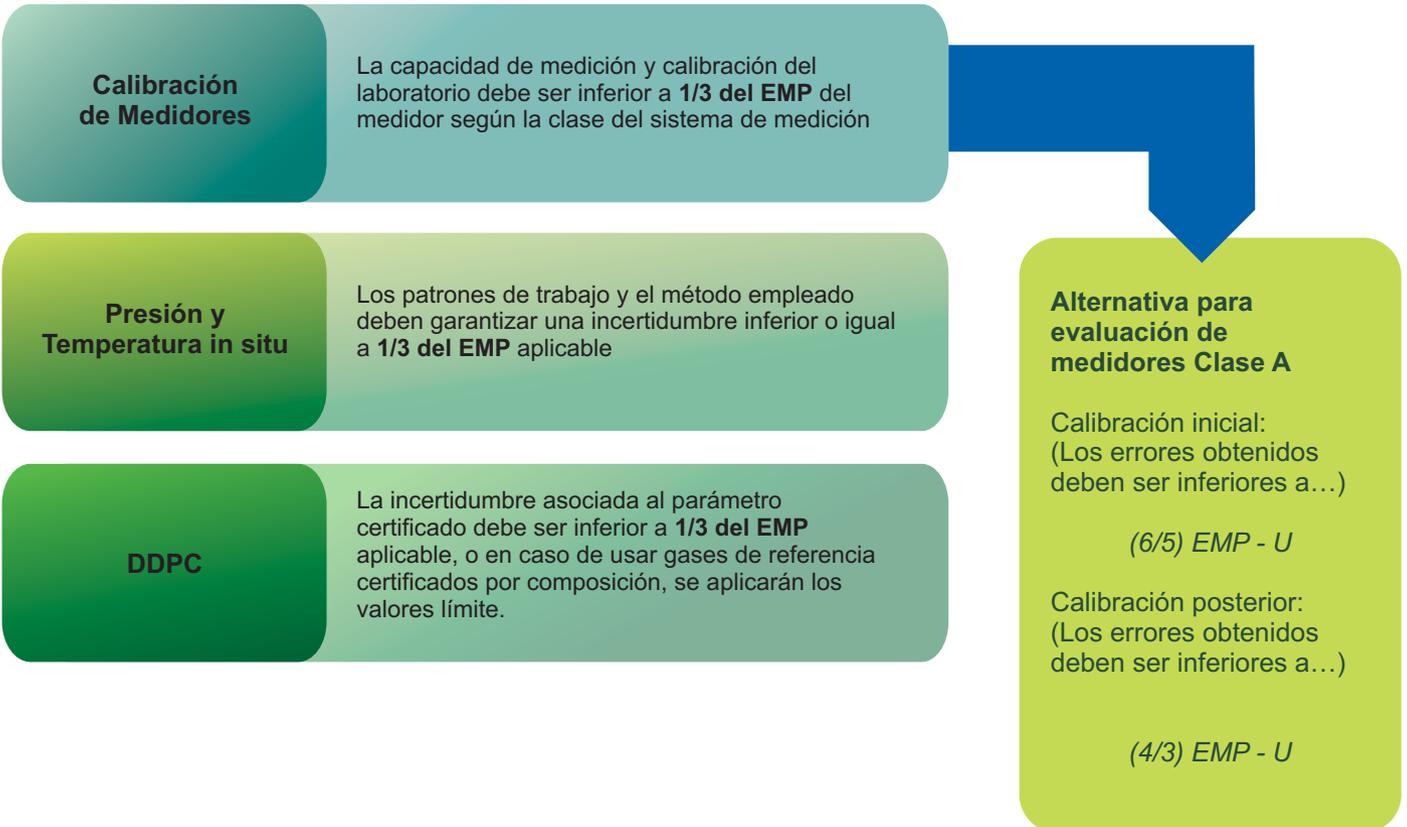
Configuraciones complejas, consumos de gas ha no constantes, trazabilidad del poder calorífico con insuficiente nivel de confianza en el caso de comunicaciones no seguras, posibles efectos de interferencia en la medición de poder calorífico

La trazabilidad es la “propiedad de un resultado de medida por la cual el resultado puede relacionarse con una referencia mediante una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medida”

Control Metrológico

Trazabilidad en Sistemas de Medición

En todos los procesos de calibración/verificación en laboratorio se propenderá por el uso de los laboratorios acreditados ISO/IEC 17025.



Control Metrológico

Trazabilidad de Patrones de Trabajo

1ª Prioridad:

En todos los procesos de calibración/verificación en laboratorio se propenderá por el uso de los laboratorios acreditados ISO/IEC 17025.

Opción 1

Programa de Confirmación Metrológica
ISO 10012 y OIML D 10

- Evaluación de patrones de trabajo como mínimo 2 veces al año usando patrones de verificación
- El período de calibración de los patrones de trabajo puede extenderse hasta un máximo de 3 años si evidencian un desempeño satisfactorio al compararse con los patrones de verificación
- En el momento en que se detecten errores superiores a los límites de control los patrones de trabajo deben salir de servicio de inmediato y ser enviados a mantenimiento, calibración y ajuste a un laboratorio acreditado
- La calibración de los patrones de verificación debe hacerse 1 vez al año en laboratorio acreditado

2ª Prioridad:

Opción 2

Calibración anual de patrones de trabajo en un laboratorio acreditado



Control Metrológico

Control de Trazabilidad y Acceso a Sistemas de Medición

Los sistemas de medición deben contar con sellos y marcas como una medida de control sobre los procesos de aseguramiento de la trazabilidad, acceso y modificación de parámetros que afecten los resultados de medida

Sellado

Empleo y control de sellos (físicos o electrónicos) en los elementos que conforman un sistema de medición y que son susceptibles de manipulación alteración sin el debido registro que permita auditar dicho cambio



Marcado

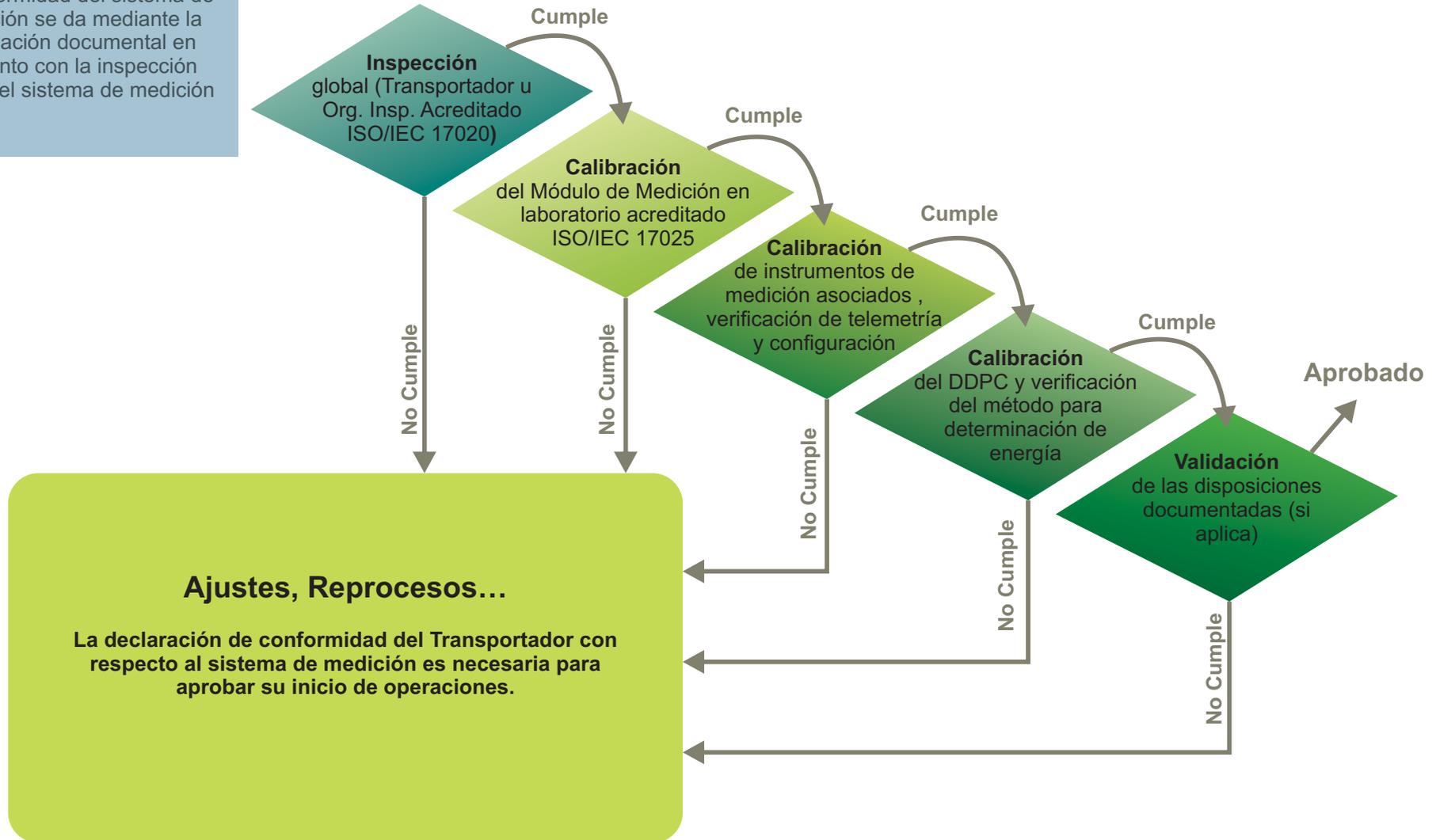
Todos los elementos de un sistema de medición sobre los cuales se realizan procesos de verificación deben contar con marcado local que evidencie el estado metrológico del elemento

- Identificación del elemento
- Fecha de la última calibración/verificación (como mínimo mes y año)
- Resultado de la última verificación, en términos cuantitativos o cualitativos



la conformidad del sistema de medición se da mediante la evaluación documental en conjunto con la inspección física del sistema de medición

Control Metrológico Verificación Inicial



Las verificaciones posteriores podrán ser realizadas cada vez que sean solicitadas por uno de los Agentes de acuerdo con lo establecido en el RUT 5.5.3.2

Control Metrológico

Verificaciones Posteriores

Frecuencias de Control

Inspección global (Transportador u Org. Insp. Acreditado ISO/IEC 17020)	<ul style="list-style-type: none">• Primera inspección posterior: 1 año después de la entrada en servicio• Inspecciones Posteriores: Cada 5 años a partir de la entrada en servicio
Calibración del Módulo de Medición en laboratorio acreditado ISO/IEC 17025	<ul style="list-style-type: none">• Medidores con partes móviles: Máximo cada 3 años• Medidores sin partes móviles: Máximo cada 6 años• Las frecuencias pueden ampliarse o reducirse dependiendo de los resultados de por lo menos 2 calibraciones sucesivas (incluyendo la calibración inicial según OIML D10)
Calibración de instrumentos de medición asociados , verificación de telemetría y configuración	<ul style="list-style-type: none">• Presión y temperatura: 1 vez por mes a 1 vez cada 6 meses según; i) la Clase del sistema de medición y ii) la deriva observada de los instrumentos• Las frecuencias pueden modificarse (ampliarse o reducirse) dependiendo de los resultados• Un instrumento que siendo verificado con la máxima frecuencia presente errores superiores al EMP en 2 ocasiones consecutivas deberá ser reparado o reemplazado (RUT 5.3.4)
Calibración del DDPC y verificación del método para determinación de energía	1 vez por mes a 1 vez cada 3 meses
Validación de las disposiciones documentadas (si aplica)	Cada vez que sea solicitado por uno de los Agentes



POLYGON
ENERGY

Guía desarrollada por: Polygon Energy

www.polygon.com.co

2014