



Evaluación integral de la operación de las redes de monitoreo de la calidad del aire de las entidades de la Megalópolis

Informe Final



2023

PROYECTO FINANCIADO CON RECURSOS DEL FIDEICOMISO 1490 PARA APOYAR LOS PROGRAMAS, PROYECTOS Y ACCIONES AMBIENTALES DE LA MEGALÓPOLIS



Preparado por:

Coordinación General de Contaminación y Salud Ambiental



Bldv. Adolfo Ruíz Cortines 4209, Piso 1, Ala A, Jardines en la Montaña, Alcaldía Tlalpan, Ciudad de México. C.P. 14210, Teléfono: (55) 54246400 ext. 13175 o (55) 54246421. www.gob.mx/inecc



DIRECTORIO

Lic. Mariana Morales Hernández

Encargada de Despacho de la Dirección General del INECC y Titular de la CECADESU

I.Q Luis Felipe Abreu García

Coordinador General de Contaminación y Salud Ambiental

COORDINADO Y ELABORADO POR

Dr. Rubén Zamora Alvarado

Director de Laboratorios del INECC

Ing. Oscar Alfredo Fentanes Arriaga

Subdirector de Monitoreo de Calidad del Aire

Ing. Daniel Ordoñez Carmona

Jefe de Departamento de Sistemas de Monitoreo Atmosférico

Dr. María de los Ángeles Benítez Macías

Enlace del Laboratorio de Calibraciones y Transferencia de Estándares



RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto permitió auditar cerca del 40% de las estaciones que se encuentran en operación en la región de la CAME, nos da un panorama cercano a lo que sucede en los SMCA respecto a su situación operativa, la cantidad de equipos que actualmente se encuentran fuera de operación, así como los niveles de exactitud de las mediciones actuales. Se encontraron una serie de elementos que infieren directamente en las mediciones, dos en particular, uno de ellos tiene que ver sobre los sistemas de toma de muestra, el otro y más importante es lo referente a los procesos de calibración de los instrumentos.

Los resultados y observaciones derivados del presente proyecto provee información técnica importante que deberá ser considerada por los analistas de datos y tomadores de decisiones al momento de considerar la calidad de las mediciones que actualmente realizan los SMCA de las entidades que conforman a la Megalópolis, de igual forma sirve para identificar áreas de oportunidad que requieren inversión de corto y mediano plazo, por ejemplo: adquisición de sistemas de calibración, adquisición de estándares de flujo, contratación de personal y su capacitación, creación de laboratorios, entre otros.

Es evidente que la operación de un SMCA es un proceso continuo y dinámico, que depende de numerosos factores que deben ser observados de manera constante, por lo que un SMCA que hace un par de años mostró buenos resultados en una auditoría, ahora los resultados fueron diferentes. Por lo tanto, este proyecto sirve para establecer un punto de partida e implementar un programa de auditorías permanente, que sirva en primera instancia para dar seguimiento a aquellos SMCAS que presentaron mayores oportunidades de mejora.

Un tema que se ha dejado de lado es las mediciones de las variables meteorológicas, aunque no fue considerado en este proyecto, la mayoría de los SMCAs no cuentan con programas de control de calidad de las mediciones meteorológicas, por lo tanto, se requiere incorporar este tema en un futuro y planear en el mediano plazo la implementación de un programa de verificación de sensores. Ya que proveerá insumos que permitan conocer la calidad de la medición de estas variables, en especial para los responsables de realizar modelos y pronósticos atmosféricos.



CONTENIDO

1.	ANTECEDENTES	5
2.	INTRODUCCIÓN	6
3.	OBJETIVOS	7
4.	ACTIVIDADES	8
5.	RESULTADOS DE LAS AUDITORÍAS DE DESEMPEÑO	9
6.	CALIBRACIÓN DE ESTÁNDARES DE TRANSFERENCIA	18
7.	CONCLUSIONES	19
ANEXO 1.	<i>INFORMES DE VERIFICACIÓN Y CALIBRACIÓN DE LOS ESTÁNDARES DE TRANSFERENCIA DE CADA SISTEMA DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE</i>	23



1. ANTECEDENTES

Derivado de que la mayor presencia de contaminantes en el aire ambiente se presenta en las zonas urbanas, principalmente por las actividades de transporte de mercancías y personas, así como a la cantidad y diversidad de servicios e industrias; estos contaminantes generan un impacto negativo en la salud de la población, la cual va desde problemas cardíacos y otros síntomas o molestias, hasta un aumento del número de defunciones, de ingresos hospitalarios y de visitas a urgencias, especialmente por causas respiratorias y cardiovasculares.

Por lo anterior, resulta primordial medir la concentración de estos contaminantes para conocer el estado de la calidad del aire en todo momento y con ello establecer las acciones de prevención y control de los contaminantes, así como las acciones de prevención a su exposición. Para ello, dicha medición debe realizarse a través de Sistemas de Monitoreo de la Calidad del Aire (SMCA), los cuales operan bajo un sistema de control de calidad que garantice la generación de información oportuna y confiable, que resulte de utilidad para las autoridades ambientales encargadas de las políticas públicas tendientes a la reducción de la contaminación.

El monitoreo de la calidad del aire es una obligación de los gobiernos estatales de conformidad con lo establecido en el artículo 112 fracción VI la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Adicionalmente, la Norma Oficial Mexicana NOM-156-SEMARNAT-2012 señala que el establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de calidad del aire es obligatoria en asentamientos humanos con más de quinientos mil habitantes; zonas metropolitanas; asentamientos humanos con emisiones superiores a veinte mil toneladas anuales de contaminantes criterio primarios a la atmósfera; y conurbaciones.

La medición de los contaminantes criterio debe realizarse con analizadores que cumplan con los métodos establecidos en las Normas Oficiales Mexicanas: NOM-034-SEMARNAT-1993 métodos de medición para monóxido de carbono (CO); NOM-035-SEMARNAT-1993 métodos de medición para partículas suspendidas totales (PST); NOM-036-SEMARNAT-1993 método de medición para O₃; NOM-037-SEMARNAT-1993 métodos de medición para NO₂; la NOM-038-SEMARNAT-1993 métodos de medición para SO₂; y se vigilará que la calidad del aire sea satisfactoria a través la vigilancia del cumplimiento de los límites máximos de exposición, establecidos en las normas de salud: NOM-020-SSA1-2021 límite máximo permitido de ozono (O₃); NOM-021-SSA1-2021 límite máximo permitido de monóxido de carbono (CO); NOM-022-SSA1-2019 límite máximo permitido de dióxido de azufre (SO₂); NOM-023-SSA1-2021 límite máximo permitido de bióxido



de nitrógeno (NO₂); NOM-025-SSA1-2021 límite máximo permitido de material particulado, partículas menores de 10 micrómetros (PM₁₀) y partículas menores de 2.5 micrómetros (PM_{2.5}), para que en caso de excederse se implementen las acciones correspondientes.

Con los datos reportados en el Sistema Nacional de Calidad del Aire (SINAICA) se ha determinado que los SMCA de los estados de la región CAME presentan algunas debilidades en sus capacidades de medición, por lo cual se ha estado trabajando en fortalecerlos mediante infraestructura y capacitación. Esto vuelve necesario evaluar que la información que se esté generando actualmente sea confiable y comparable mediante visitas de auditoría.

2. INTRODUCCIÓN

Para consolidar en el mediano o largo plazo el buen funcionamiento de los Sistemas de Monitoreo de la Calidad del Aire (SMCA) de los Estados miembros de la región CAME, un componente importante es la evaluación continua del buen funcionamiento y operación de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire que los integran. En el presente proyecto, se evaluó de forma integral el funcionamiento adecuado de los elementos que conforman los SMCA que operan en cada uno de los Estados miembros de la Megalópolis. La evaluación de los instrumentos de medición, se realizó mediante la selección de un tamaño de muestra representativa de las Estaciones de Monitoreo de la Calidad del Aire que conforman cada red.

Una Auditoría Técnica de desempeño consiste en comparar la respuesta de las mediciones de los sensores, monitores, analizadores y muestreadores, frente a materiales o estándares de referencia, incluye, además, la evaluación de otros parámetros de operación que afectan la propia medición, tales como: flujos, temperaturas y/o presiones, así como también evalúa los sistemas de toma y distribución de muestra. Existen diferentes metodologías para realizar pruebas técnicas de desempeño, las cuales dependen del tipo de equipo de medición del que se trate.

En el caso de los sistemas de medición de la calidad del aire, el objetivo primordial de una auditoría técnica se orienta al fortalecimiento del programa de control y aseguramiento de la calidad de los datos que son generados por el SMCA.

El INECC ha adoptado y adaptado las metodologías empleadas por la USEPA (United States Environmental Protection Agency) y por CARB (California Air Resources Board) para evaluar el desempeño de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire en México. Una auditoría provee elementos sustentados que



permiten identificar áreas de oportunidad y cuantificar las desviaciones en las mediciones que se realizan, que una vez atendidas, facilitarán la disponibilidad de información confiable para dar soporte técnico a las políticas públicas en materia de calidad del aire, permitiendo así, llevar a cabo acciones preventivas para proteger la salud de la población y la de los ecosistemas.

El presente proyecto atiende de manera integral la siguiente línea temática sustantiva de la CAME:

- 1) Monitoreo de la calidad del aire de la Megalópolis.

Reforzar las acciones relativas con la operación y calibración de los equipos de medición permitirá generar datos confiables que serán posteriormente analizados de una forma más rápida y comunicados de forma oportuna.

El presente proyecto se encuentra en concordancia con el Artículo 4º de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. El Programa Nacional de Desarrollo (PND), la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en sus artículos 1, 109 Bis, 110, 111 y 112 y el Reglamento de la LGEEPA en materia de Prevención y Control de la Contaminación.

3. OBJETIVOS

Objetivo General.

Realizar auditorías técnicas para evaluar la operación de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire de las siete entidades que integran la Comisión Ambiental de la Megalópolis e identificar las necesidades de mejorar para su óptima operación.

Objetivos Específicos.

Los objetivos del presente proyecto se listan a continuación:

- Reforzar la trazabilidad de las mediciones de las Redes de Monitoreo de la Calidad del Aire de los estados miembros de la Megalópolis.
- Fortalecer las redes de monitoreo de los estados de la región, mediante la evaluación de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire que las conforman.



4. ACTIVIDADES

Para ello, se evaluó la operación de aproximadamente el 30% de las estaciones de aquellas redes de monitoreo que superan las veinte estaciones y en los sistemas que no exceden las 15 estaciones se evaluaron cuatro de ellas. Para el caso de entidades con dos y cuatro estaciones serán auditadas el 100% de las mismas.

De acuerdo con lo anterior, se evaluaron por entidad las siguientes cantidades de estaciones de monitoreo:

- Ciudad de México: 8 de 34 estaciones;
- Estado de México: 8 de 22 estaciones;
- Hidalgo: 4 de 11 estaciones;
- Morelos: 3 de 4 estaciones, una de ellas se encontró fuera de operación;
- Puebla: 4 de 5 estaciones;
- Querétaro: 4 de 6 estaciones;
- Tlaxcala: 2 de 2 estaciones.

Aunado a lo anterior, y con el propósito de garantizar la trazabilidad de las mediciones de las redes de monitoreo, se llevó a cabo la calibración de un estándar de transferencia por entidad, cuya calibración fue coordinada con los responsables de cada Estado y de acuerdo con el calendario de calibraciones del ente ejecutor del presente proyecto.

Con el presente proyecto se plantea abonar al cumplimiento del Objetivo 2.5 del PND: Garantizar el derecho a un medio ambiente sano con enfoque de sostenibilidad de los ecosistemas, la biodiversidad, el patrimonio y los paisajes bioculturales, específicamente la estrategia 2.5.8 Promover la gestión, regulación y vigilancia para prevenir y controlar la contaminación y la degradación ambiental.

Las auditorías técnicas consistieron en llevar a cabo la comparación de la respuesta de los analizadores contra cinco diferentes concentraciones de gases que fueron introducidos a través de la toma de muestra. Lo anterior se realiza mediante el uso de una unidad móvil de auditorías, propiedad del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Adicionalmente, los monitores para la medición de partículas suspendidas también fueron auditados en flujos de operación, temperatura y presión barométrica.

Hay que recordar que el propósito de una auditoría técnica de desempeño es evaluar cuantitativamente las diferencias entre las mediciones de una estación de monitoreo de la calidad del aire contra las concentraciones generadas por el



sistema de auditoría del INECC, lo anterior proporciona elementos técnicos que permiten conocer la exactitud de las mediciones realizadas con los instrumentos que son utilizados para conocer el estado que guarda la calidad del aire. Por lo tanto, las auditorías de desempeño permiten evaluar la confiabilidad de la información que se proporciona a la población, información que es utilizada por autoridades de los tres órdenes de gobierno, sector académico - científico y otros sectores de la población. Información que se utiliza para tomar acciones de protección a la salud, apoyar la planeación y seguimiento de las acciones contenidas en los programas de gestión de la calidad del aire que realizan las autoridades ambientales y de salud, entre otros.

5. RESULTADOS DE LAS AUDITORÍAS DE DESEMPEÑO

Sistema de Monitoreo de Calidad del Aire de la Ciudad de México.

Se evaluaron un total de treinta y un analizadores automáticos de gases, de los cuales, la totalidad de ellos cumplieron con los criterios de aceptación de la auditoría. Se observan que las respuestas a las concentraciones de prueba son consistentes en la mayoría de los analizadores, para ozono, 6 de 8 analizadores tuvieron diferencias menores al 5%; para NO₂, todos los equipos mostraron diferencias por debajo del 4%; de igual forma, los equipos para monóxido de carbono presentaron contrastes por debajo del 2.2%, para el SO₂, a excepción del resultado en la estación Cuautitlán Izcalli, las diferencias que se registraron estuvieron por debajo del 3.6%. Considerando que la presente auditoría se realiza a través de la toma de muestra de la estación, los resultados anteriores demuestran un alto grado de exactitud.

Cuadro 1. Diferencias promedio en porcentaje respecto a las concentraciones de auditoría – Ciudad de México

Estaciones	Acolman	Atizapán	Cuautitlán Izcalli	FAC	La Presa	Pedregal	Tlalnepantla	V de las Flores
Ozono (%)	-4.9	-6.5	-2.5	-4.5	-2.7	-3.3	-2.6	-5.4
NO ₂ (%)	1.7	0.8	-4.1	2.0	---	3.0	-4.0	2.6
SO ₂ (%)	1.5	3.3	-7.9	1.1	1.5	1.4	-3.6	0.5
CO (%)	-1.7	1.7	2.0	-0.6	-0.3	1.4	2.4	-2.2

De la auditoría a los monitores continuos de partículas suspendidas, todos éstos se encuentran operando con flujos dentro del 5 % de precisión, el que se encuentra con una mayor diferencia es el de la estación Tlalnepantla con -1.4%, la menor diferencia se encontró en el equipo TEOM de la estación Cuautitlán Izcalli (-0.1%).

De la verificación de temperatura y presión de los monitores de partículas, los valores de temperatura en seis de las estaciones visitadas presentaron una diferencia menor a 2 °C, la estación de Atizapán mostró una diferencia de temperatura de muestra de 2.2 °C, por lo que se sugiere ser verificado nuevamente y de ser el caso, realizar el ajuste necesario. En lo que se refiere a los resultados obtenidos de presión, la diferencia de presión barométrica, en todas las estaciones presentaron una diferencia menor al criterio de aceptación (13.3 mbar), siendo 7.5 mbar la mayor diferencia observada. Lo anterior, también muestra que el control de calidad en la operación de los instrumentos de medición es de alta exigencia.

Cuadro 2. Diferencias respecto a las variables de operación de los monitores de partículas – Ciudad de México

CIUDAD DE MÉXICO	Estaciones	Acolman	Atizapán	Cuautitlán Izcalli	FAC	La Presa	Pedregal	Tlalnepantla	Villa de las Flores
Flujo de muestra (%)	PM10 y PM2.5	-0.9	1.0	-0.1	0.7	----	0.8	-1.4	0.7
Temperatura de muestra (2 °C)	PM10 y PM2.5	0.3	1.2	0.1	0.5	----	0.6	0.1	0.8
Presión ambiente (13.3 mbar)	PM10 y PM2.5	2.6	1.2	1.1	3.6	----	7.5	4.0	2.1

Sistema de Monitoreo de Calidad del Aire del Estado de Hidalgo.

Se auditaron las estaciones Tizayuca, Rehilete, Atotonilco y Atitalaquia, evaluándose un total de 16 analizadores; de los cuales, los analizadores de ozono de la estación Tizayuca, Rehilete y Atotonilco cumplieron con los criterios de aceptación de la auditoría con una diferencia promedio en porcentaje de -3.9, -6.2 y -5.5 respectivamente, mientras que la auditoría al analizador de ozono de la estación de Atitalaquia fue suspendida por un mal funcionamiento del equipo.

En lo que se refiere a los analizadores de bióxido de azufre, únicamente la estación de Tizayuca cumplió con los criterios de aceptación, presentando un valor de -7.7, mientras que la estación Rehilete, Atotonilco y Atitalaquia obtuvieron valores de -24.5%, -22.4% y -17.6% de diferencia. En cuanto a los analizadores de monóxido de carbono la estación Tizayuca cumplió con los criterios de aceptación con una diferencia en porcentaje promedio de 2.5 respecto a las concentraciones de entrada, las estaciones Rehilete, Atitalaquia y Atotonilco presentaron diferencias de -20.4, -81.1 y -12.4 respectivamente. Cabe mencionar que el analizador de la estación de Atitalaquia presentó problemas en su funcionamiento debido a una avería de la fuente de infrarrojo (IR) del equipo.

De los analizadores de óxidos de nitrógeno ninguna de las cuatro estaciones del SMCA cumplieron con los criterios de aceptación con diferencia en porcentaje

mayores al 10%, registrando valores de -15.3, -21.2, -12.5 y -14.6 para las estaciones de Tizayuca, Museo del Rehilete, Atitalaquia y Atotonilco respectivamente.

Cuadro 3. Diferencias promedio en porcentaje respecto a las concentraciones de auditoría – Estado de Hidalgo

Estaciones	Tizayuca	Rehilete	Atitalaquia	Atotonilco
Ozono (%)	-3.9	-6.2	----	-5.5
NO ₂ (%)	-15.3	-21.2	-12.5	-14.6
SO ₂ (%)	-7.7	-24.5	-22.4	-17.6
CO (%)	2.5	-20.4	-81.1	-12.4

Respecto a los monitores de partículas suspendidas, el monitor de PM₁₀ de la estación de Tizayuca no cumplió los criterios de aceptación en temperatura de muestra presentando una diferencia de temperatura de 2.9 °C. Por lo anterior, se recomienda realizar la calibración de los sensores de temperatura utilizando un instrumento de referencia con el fin de garantizar resultados comparables y trazables, el resto de los monitores se encuentran funcionando adecuadamente

Cuadro 4. Diferencias respecto a las variables de operación de los monitores de partículas – Estado de Hidalgo

ESTADO DE HIDALGO	Estaciones	Tizayuca	Rehilete	Atitalaquia	Atotonilco
Porcentaje de diferencia en el flujo de muestra	PM10	-3.0	-4.7	-0.7	0.9
	PM2.5	0.5	0.1	-1.5	-1.9
Diferencia de temperatura de muestra (2 °C)	PM10	2.9	1.5	0.5	0.2
	PM2.5	0.7	0.7	1.8	1.9
Diferencia de presión ambiente (13.3 mbar)	PM10	1.8	0.8	1.0	2.0
	PM2.5	2.1	1.8	1.0	4.4

Monitoreo de Calidad del Aire del Estado de Morelos.

Se evaluaron un total de once analizadores automáticos de gases, de los cuales ocho de ellos cumplieron con los criterios de aceptación de la auditoría. Adicionalmente, cinco analizadores estaban fuera de operación. La estación Cautla mantiene en operación los cuatro analizadores de contaminantes criterio gaseosos, la de Cuernavaca, tres equipos de medición y las estaciones Zacatepec y Ocuituco dos cada una.

Cuadro 5. Diferencias promedio en porcentaje respecto a las concentraciones de auditoría – Estado de Morelos

Estaciones	Cuautla	Cuernavaca	Zacatepec	Ocuituco
Ozono (%)	0.0	1.1	----	1.3
NO ₂ (%)	-10.7	----	----	-4.1
SO ₂ (%)	-1.4	10.3	-5.2	----
CO (%)	-3.6	7.2	-20.3	----

De la auditoría a los monitores de partículas suspendidas, tres de seis monitores no cumplieron con los criterios de aceptación, cabe mencionar que en la estación Zacatepec dichos monitores estaban fuera de operación.

Cuadro 6. Diferencias respecto a las variables de operación de los monitores de partículas – Estado de Morelos

ESTADO DE MORELOS	Estaciones	Cuautla	Cuernavaca	Zacatepec	Ocuituco
Porcentaje de diferencia en el flujo de muestra	PM10	1.4	-4.2	---	0.0
	PM2.5	1.1	12.2	---	-0.4
Diferencia de temperatura de muestra (2 °C)	PM10	2.3	0.4	---	----
	PM2.5	1.8	0.7	---	----
Diferencia de presión ambiente (13.3 mbar)	PM10	0.6	123.3	---	0.0
	PM2.5	2.9	3.4	---	1.3

Es importante hacer mención que actualmente el SMCA se encuentra en un proceso de transición el ahora técnico a cargo del sistema de monitoreo cuenta con sólo algunos meses de experiencia, por lo que se requiere urgentemente de proveer capacitación y alcanzar el suficiente conocimiento de los equipos que están a su cargo y del sistema en su totalidad.

Adicionalmente, cabe mencionar respecto a los equipos que actualmente están fuera de operación, cinco en total, la razón es la falta de refacciones, lo anterior indica que no se están gestionando los recursos para su compra. Lo mismo sucede con los gases de calibración que están siendo usados, todos se encuentran caducos. Por lo tanto, el SMCA de Morelos presenta ahora tanto carencias técnicas como administrativas.

Sistema de Monitoreo de Calidad del Aire del Estado de Puebla.

Se auditaron las estaciones UTP, Agua Santa, Velódromo y BINE, evaluándose un total de 16 analizadores; de los cuales, los analizadores de ozono de la estación UTP y BINE cumplieron con los criterios de aceptación de auditoría con una diferencia

en porcentaje promedio de 1.9 y -3.4 respectivamente, mientras que los de la estación de Agua Santa y Velódromo presentaron diferencias de -12.8 y -11.5 respectivamente. En lo que se refiere a los analizadores de bióxido de azufre, tres de ellas cumplieron los criterios de aceptación, presentando valores de 8.1, 7.8 y 1.1 para las estaciones UTP, Velódromo y BINE, mientras que Agua Santa tuvo un valor de 11.1 por debajo de las concentraciones de entrada. En cuanto a los analizadores de monóxido de carbono la estación Velódromo cumplió con los criterios de aceptación con una diferencia en porcentaje promedio de 2.3 respecto a las concentraciones de prueba, las estaciones UTP, Agua Santa y BINE presentaron diferencias de -32.7, -96.6 y -91.1 respectivamente.

De los analizadores de óxidos de nitrógeno dos de las cuatro estaciones del SMCA cumplieron con los criterios de aceptación, UTP y Velódromo con diferencia en porcentaje menores al 10%, registrando valores de 5.5 y -2.2 respectivamente, mientras que para las estaciones de Agua Santa y BINE se registraron valores de -22.3 y -18.9 respectivamente.

Cuadro 7. Diferencias promedio en porcentaje respecto a las concentraciones de auditoría – Estado de Puebla

Estaciones	UTP	Agua Santa	Velódromo	BINE
Ozono (%)	1.9	-12.8	-11.5	-3.4
NO ₂ (%)	5.5	-22.3	-2.3	-18.9
SO ₂ (%)	8.1	-11.1	7.8	1.1
CO (%)	-32.7	-96.6	2.3	-91.1

Respecto a los monitores de partículas suspendidas, los dos equipos de la estación BINE no cumplen los criterios de aceptación en flujo de muestra, presión y temperatura. El monitor de PM_{2.5} de la estación Velódromo presentó una diferencia de 78.3% en flujo de muestra, el monitor PM₁₀ de Agua Santa presentó una diferencia de temperatura de 3.6 °C, el cual tampoco cumplió con los criterios de aceptación de auditoría. Por lo anterior, se recomienda realizar las verificaciones y ajustes a los sensores de temperatura y presión, así como los medidores de flujo; utilizando un instrumento de referencia con el fin de garantizar resultados comparables y trazables.

Cuadro 8. Diferencias respecto a las variables de operación de los monitores de partículas – Estado de Puebla

ESTADO DE PUEBLA	Estaciones	UTP	Agua Santa	BINE	Velódromo
Porcentaje de diferencia en el flujo de muestra	PM10	3.5	-0.1	7.9	1.8
	PM2.5	-0.7	2.4	--	78.3
	PM10	1.5	3.6	1.5	0.1

Diferencia de temperatura de muestra (2 °C)	PM2.5	0.0	0.5	0.2	0.3
Diferencia de presión ambiente (13.3 mbar)	PM10	1.4	1.8	14.4	2.0
	PM2.5	0.4	0.8	13.4	0.2

Finalmente, es importante hacer mención que se siguen detectando áreas de oportunidad que tienen que ver con la falta de un sistema de gestión que incluya programas de trabajo y la implementación de actividades dedicadas a asegurar la operación adecuada de los equipos de medición, considerando mantenimientos, verificaciones y calibraciones; falta el registro de dichas actividades así como un esquema de supervisión de éstas por parte de los mandos jerárquicos superiores, ya que lo anterior impide demostrar la rastreabilidad y trazabilidad de la medición.

Monitoreo de Calidad del Aire del Estado de Querétaro.

Se evaluaron un total de dieciséis analizadores automáticos de gases, de los cuales, diez de ellos presentaron diferencias en promedio menores al 10%, esto quiere decir que cumplieron el criterio de aceptación de la auditoría. En Carrillo Puerto fueron los analizadores de ozono y bióxido de azufre que fallaron contra los valores de auditoría, en el caso de la estación de Félix Osore, los analizadores de dióxido de nitrógeno y bióxido de azufre no cumplieron los criterios de aceptación, hay que mencionar que ninguna de las estaciones pasó la auditoría para SO₂.

Cuadro 9. Diferencias promedio en porcentaje respecto a las concentraciones de auditoría – Estado de Querétaro

Estaciones	Josefa Ortiz	Corregidora	Carrillo Puerto	Félix Osore
Ozono (%)	2.1	2.4	16.3	5.6
NO₂ (%)	-3.0	0.3	-4.2	-16.9
SO₂ (%)	19.1	33.3	40.4	41.5
CO (%)	-3.7	3.3	4.1	4.0

Se auditaron tres monitores de partículas suspendidas dos para PM_{2.5} y uno para PM₁₀, al momento de la visita, la estación Josefa Ortiz no cuenta con monitor de partículas. Cabe señalar que el equipo para la medición de PM_{2.5} de la estación Corregidora no cumplió el criterio de aceptación en la variable de temperatura de flujo, presentando una diferencia de 4°C respecto al sensor del INECC, se sugiere realizar el ajuste del sensor mencionado para asegurar la confiabilidad de las mediciones es dicha estación.

Cuadro 10. Diferencias respecto a las variables de operación de los monitores de partículas – Estado de Querétaro

ESTADO DE QUERÉTARO	Estaciones	Josefa Ortiz	Corregidora	Carrillo Puerto	Félix Osores
Porcentaje de diferencia en el flujo de muestra	PM10	---	---	1.3	---
	PM2.5	---	0.2	---	-4.9
Diferencia de temperatura de muestra (2 °C)	PM10	---	---	1.2	---
	PM2.5	---	4.2	---	0.7
Diferencia de presión ambiente (13.3 mbar)	PM10	---	---	1.1	---
	PM2.5	---	1.4	---	6.1

El sistema de calibración con el que cuenta el SMCA se utiliza para calibrar todas las estaciones por lo tanto no hay forma de implementar un programa automático de verificaciones, además se corre el riesgo de que dicho equipo modifique su desempeño por los constantes movimientos y traslados, lo ideal es contar con un sistema completo de calibración en cada estación.

Sistema de Monitoreo de Calidad del Aire del Estado de Tlaxcala.

Se auditaron las estaciones de Tlaxcala y Apizaco, se evaluaron un total de 6 analizadores; de los cuales, los analizadores para ozono y bióxido de azufre de la estación Apizaco cumplieron con los criterios de auditoría (por debajo del 7% y 10% de diferencia respectivamente), el resto de los analizadores presentaron diferencias superiores al 10% respecto a las concentraciones introducidas por el sistema de auditoría del INECC, obteniéndose en algunos casos, contrastes cercanos al 40% para el analizador de CO en la estación de Tlaxcala. En esta misma estación, los instrumentos para la medición de ozono y bióxido de azufre se encontraron fuera de operación durante la auditoría por falta de refaccionamiento y el de óxidos de nitrógeno no reconoce los cambios de concentración.

Cuadro 11. Diferencias promedio en porcentaje respecto a las concentraciones de auditoría – Estado de Tlaxcala.

Estaciones	Apizaco	Tlaxcala
Ozono (%)	1.6	---
NO ₂ (%)	-16.1	---
SO ₂ (%)	-2.8	----
CO (%)	-15.0	3.6*

* el valor se encuentra dentro del criterio, sin embargo hubo puntos de prueba de mas de 13% y 38% de diferencia por lo que se considera que el equipo no pasa la auditoría.

En el caso de los monitores para PM₁₀ y PM_{2.5}, los equipos de la estación de Apizaco, mostraron diferencias en flujo de muestra de 3.1% para PM₁₀ y 1.1% para PM_{2.5}, ambos resultados cumplen con el criterio de aceptación, al igual que en los parámetros de temperatura y presión. Sin embargo, el SMCA debe adquirir a la brevedad un calibrador de flujos para que el personal técnico lleve a cabo la verificación y ajuste del flujo de los monitores de partículas frecuentemente para dar validez a sus mediciones. Al momento de la visita, estación Tlaxcala no cuenta con los monitores de partículas suspendidas por reparación.

Cuadro 12. Diferencias respecto a las variables de operación de los monitores de partículas – Estado de Tlaxcala.

ESTADO DE TLAXCALA	Estaciones	Apizaco	Tlaxcala
Porcentaje de diferencia en el flujo de muestra	PM10	3.1	----
	PM2.5	1.1	----
Diferencia de temperatura de muestra (2 °C)	PM10	0.7	----
	PM2.5	1.1	----
Diferencia de presión ambiente (13.3 mbar)	PM10	3.4	----
	PM2.5	3.6	----

Sistema de Monitoreo de Calidad del Aire del Estado de México.

Se evaluaron un total de diecisiete analizadores automáticos de gases, de los cuales, doce de ellos presentaron diferencias menores al 10%, esto quiere decir que cumplen el criterio de aceptación. Los analizadores de ozono y dióxido de nitrógeno de la estación Atarasquillo no cumplieron con los valores de auditoría. De igual manera, en las estaciones de Almoloya y Xonacatlán, los analizadores de SO₂ no presentaron resultados aceptables, finalmente en la estación Oxtotitlán, el analizador NO₂ también falló contra las concentraciones de auditoría.

El SMCA cuenta con un sistema de calibración itinerante que se utiliza para calibrar algunas estaciones, por ejemplo, la de Xonacatlán, San Mateo y Ceboruco, por lo tanto, no hay forma implementar un programa automático de verificaciones que fortalezcan las tareas de control de calidad, lo ideal es contar con un sistema de calibración funcional en cada estación.

Se recomienda destinar urgentemente recursos para recuperar la medición de las variables de SO₂ y CO, al menos en aquellos sitios donde se han registrado históricamente los mayores registros y mantener la vigilancia del cumplimiento de las normas de calidad del aire respectivas.

Cuadro 13. Diferencias promedio en porcentaje respecto a las concentraciones de auditoría – Estado de México.

Estaciones	Almoloya	Atarasquillo	Ceboruco	Metepec	Oxtotitlán	San Cristóbal	San Mateo	Xonacatlán
Ozono (%)	-3.6	-26.5	-4.0	-5.2	-4.5	-5.8	0.0	-4.1
NO ₂ (%)	----	10.9	-4.3	5.4	-15.1	0.3	6.3	2.3
SO ₂ (%)	13.5	----	----	----	----	----	----	-10.9
CO (%)	----	----	----	----	----	----	----	----

Respecto a los monitores de partículas, la totalidad de ellos operan con flujos dentro del 5 % de tolerancia, lo anterior refleja que el personal técnico está llevando a cabo la calibración de dichos equipos de forma adecuada. De igual forma, la diferencia en la presión barométrica en todos los monitores fue menor a 13.3 mbar por lo que se cumplen los criterios de aceptación. Respecto a los valores de temperatura, en 6 de 16 equipos auditados se presenta una diferencia mayor a 2°C, Metepec, Ceboruco y San Mateo, se sugiere llevar a cabo nuevamente su verificación y ajuste.

Cuadro 14. Diferencias respecto a las variables de operación de los monitores de partículas – Estado de Tlaxcala.

		Almoloya	Atarasquillo	Ceboruco	Metepec	Oxtotitlán	San Cristóbal	San Mateo	Xonacatlán
Flujo de muestra (%)	PM10	0.2	0.5	-0.6	-1.3	0.2	1.1	0.0	1.0
	PM2.5	1.2	-0.1	0.0	0.3	0.0	1.3	1.6	-0.2
Temperatura de muestra (2 °C)	PM10	1.1	1.4	2.8	3.7	0.2	1.6	3.9	1.4
	PM2.5	0.6	0.8	2.5	2.3	0.5	0.3	3.5	0.0
Presión ambiente (13.3 mbar)	PM10	2.0	2.0	1.4	1.4	1.4	2.0	1.4	0.7
	PM2.5	2.0	2.0	2.1	0.1	2.1	2.0	1.4	2.1

En general, las actividades de operación, mantenimiento y calibración se realizan de manera suficiente, las actividades son registradas, en su mayoría, en medios digitales. Existe un sistema de control de calidad, durante la auditoría se solicitó información respecto a visitas a las estaciones, calibraciones anteriores, bitácoras, entre otros, los cuales fueron entregados sin contratiempos

En un breve resumen...

Se auditaron un total de 170 analizadores y monitores para la medición de los contaminantes criterio, de los cuales, 127 cumplieron con los criterios de aceptación, lo que equivale al 75% del total. Cabe señalar que la gráfica siguiente muestra los resultados mencionados sin considerar a la Ciudad de México y al Estado de México (éste último para PM₁₀ y PM_{2.5}), lo anterior con el fin de mostrar

resultados más cercanos a la situación actual del estado de medición que se realiza en la región CAME.

Como se puede observar en la gráfica, el ozono es el contaminante que presenta una mayor confiabilidad de medición, ya que casi el 86% de equipos auditados miden con diferencias menores al 7% respecto a las concentraciones de prueba. Le sigue las partículas suspendidas y por último el monóxido de carbono, dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno, éstos con porcentajes menores al 50%.

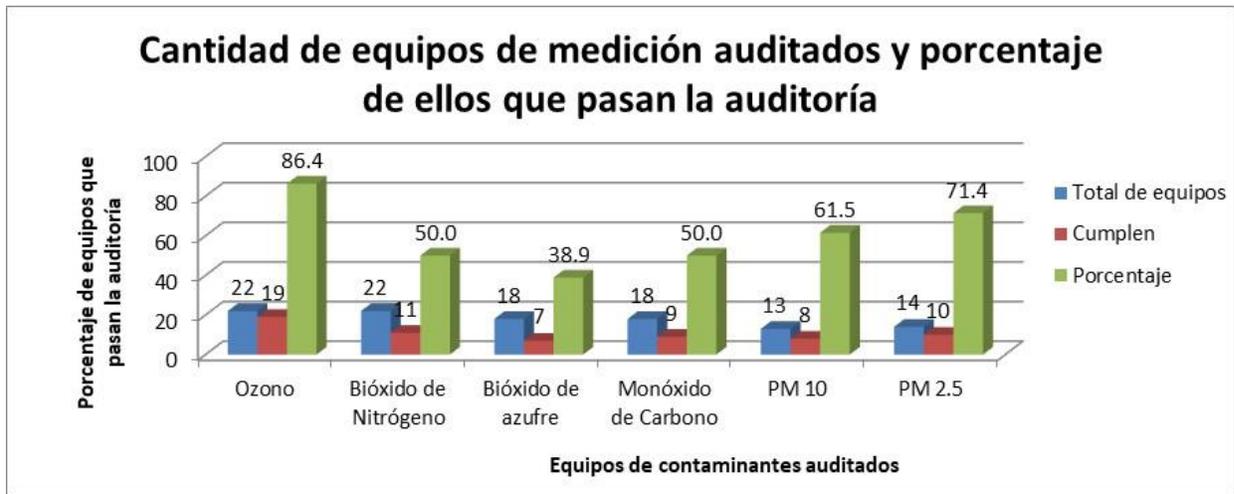


Figura 1. Cantidad de equipos auditados y porcentaje que cumplen los criterios de auditoría.

6. CALIBRACIÓN DE ESTÁNDARES DE TRANSFERENCIA

Finalmente, como parte complementaria del presente proyecto, se llevó a cabo la calibración de un estándar de transferencia por cada entidad, el cual fue coordinado con los responsables de cada SMCA. Lo anterior fortalece la medición en la región ya que disemina la trazabilidad de las mediciones. El Anexo 1 presenta los informes de verificación y calibración del equipo de cada sistema de monitoreo.



7. CONCLUSIONES

El presente proyecto permitió auditar cerca del 40% de las estaciones que se encuentran en operación en la región de la CAME, nos da un panorama cercano a lo que sucede en los SMCA respecto a su situación operativa, la cantidad de equipos que actualmente se encuentran fuera de operación, así como los niveles de exactitud de las mediciones actuales. Es importante señalar que los siguientes comentarios, parte de las conclusiones, son expuestos de forma general con el fin de evitar señalamientos a un SMCA en particular, cabe recordar que el presente proyecto consideró la elaboración de informes técnicos para cada SMCA, por lo que en dichos informes se encontrarán los hallazgos y áreas de oportunidad específicas.

En lo general, se encontraron una serie de elementos que infieren directamente en las mediciones, dos en particular, uno de ellos tiene que ver sobre los sistemas de toma de muestra, el otro y más importante es lo referente a los procesos de calibración/verificación de los instrumentos y las variables de operación.

De los sistemas de toma de muestra, se observó que, a excepción del SMCA de la Ciudad de México; existen fugas de estos sistemas en algunas estaciones, ya sea por una mala conexión de las tuberías de los analizadores a los puertos de muestra del manifold, puertos del manifold sin cubrir o cubiertos parcialmente, mal acoplamiento entre toma de muestra, manifold y extractor de muestra, entre otros. También, se observaron tomas de muestra cuyos diseños no son apropiados, algunos con diámetros mayores a los recomendados, otros sin extractores de muestra o bombas de succión, algunos más con tuberías demasiado largas y sucias, y en otros casos, las cubiertas para la entrada de la toma de muestra muestran diseños inapropiados que dificultan el paso del aire ambiente. Los elementos anteriores, propician tiempos de residencia altos que afectan la representatividad de las mediciones de las estaciones.

Por otro lado, cabe mencionar que la verificación de la estabilidad instrumental, calibración y ajustes son de las tareas más importantes dentro de las actividades de control de calidad, que repercuten directamente en la precisión y exactitud de las mediciones y que permite mantener un alto nivel de desempeño de los equipos de medición para cumplir los objetivos de calidad de datos que cada SMCA establece. Precisamente, en relación a los procesos de calibración, se observó una serie de prácticas y áreas de oportunidad que se sugiere sean atendidas para mejorar significativamente la calidad de las mediciones. A continuación, se describen cada una de éstas:



Sistemas de calibración itinerantes, desafortunadamente la falta de inversión para incrementar el equipamiento es limitada, es por eso que el personal técnico se ve obligado a trasladar un sistema de calibración a las estaciones que visita, lo que implica que los equipos de calibración se encuentren sometidos a movimientos y vibraciones constantes que en alguna medida modifican su desempeño sin que el usuario tenga la posibilidad de cuantificar dichos cambios, dando como resultado calibraciones erróneas. Adicionalmente, dicha limitación en la cantidad de calibradores impide establecer programas de control y verificación de los analizadores, inclusive de los programas de calibración, lo cual puede significar periodos demasiado largos entre verificaciones y calibraciones, aunado a lo anterior, hubo casos en que los SMCA no cuentan con un registro de dichas actividades de verificación. Otro elemento que se observó durante las auditorías son valores de corrimiento alejados de la línea base de los analizadores, dichos corrimientos están relacionados precisamente con la falta de verificación de equipos, pero también puede deberse a una falta de mantenimiento de los generadores de aire cero, fue precisamente debido a los valores altos en la línea base de algunos analizadores, que éstos no pasaran la auditoría. Se sugiere comprobar la eficiencia de dichos generadores comparándolos contra otros generadores similares o en su caso con un cilindro de aire ultrapuro. Otro elemento que altera la calidad de las calibraciones y por ende la medición, es el uso de mezclas de gases fuera de la fecha de vigencia, en algunos casos se detectaron calibraciones usando mezclas con más de dos años de caducidad.

De acuerdo a los resultados obtenidos durante las auditorías, se observó que, aunque existen respuestas de los analizadores de NOx que cumplen los criterios de aceptación en los canales de medición de NO y NOx, no lo cumplen para el canal de NO₂, lo anterior se debe a que en muchos casos no se está llevando a cabo la calibración del canal de NO₂, calibración que debe realizarse mediante el procedimiento de Titulación de Fase Gaseosa, lo anterior está dando como resultado mediciones erróneas en este contaminante. Continuando con este mismo tema, vale la pena mencionar la falta de laboratorios de transferencia de estándares en algunos SMCA, ya que los calibradores que cuentan con la trazabilidad hacia el patrón nacional de fracción de cantidad de ozono, son los que en muchos casos se trasladan a las estaciones para calibrar los analizadores, siendo que un estándar de transferencia nivel 2 debe, por sus cualidades metrológicas, mantenerse exclusivamente en operación bajo condiciones controladas dentro de un laboratorio para que a partir de ese instrumento se disemine la trazabilidad a equipos similares hasta llegar a los analizadores de las estaciones. Lo anterior no se está llevando a cabo.



Existen otros elementos que aún persisten y son un común denominador en algunos SMCA, como por ejemplo: falta de recursos que impiden contar con una reserva de refacciones y consumibles, o que dificulta su compra oportuna; es importante mencionar que existen analizadores donados por la CAME, cuya póliza de mantenimiento ha terminado y actualmente se encuentran fuera de operación. Otros factores son la cantidad insuficiente de personal, la falta de personal capacitado, la rotación de personal y la diversificación de tareas, siendo la operación de las estaciones de monitoreo una tarea que aparentemente no es prioritaria.

Por último, en este tema, así como los SMCA cuentan al menos con un calibrador dinámico de gases para realizar calibraciones, es imperativo que también cuenten con un estándar de flujo, presión y temperatura para la verificación y ajuste de los monitores de partículas, en caso contrario, las mediciones correspondientes a estos instrumentos no pueden considerarse válidas. Cabe mencionar que aún hay SMCA que no cuentan con el dispositivo mencionado.

En conclusión, los resultados y observaciones derivados del presente proyecto provee información técnica importante que deberá ser considerada por los analistas de datos y tomadores de decisiones al momento de considerar la calidad de las mediciones que actualmente realizan los SMCA de las entidades que conforman a la Megalópolis, de igual forma sirve para identificar áreas de oportunidad que requieren inversión de corto y mediano plazo, por ejemplo: adquisición de sistemas de calibración, adquisición de estándares de flujo, contratación de personal y su capacitación, creación de laboratorios, entre otros.

Es evidente que la operación de un SMCA es un proceso continuo y dinámico, que depende de numerosos factores que deben ser observados de manera constante, por lo que un SMCA que hace un par de años mostró buenos resultados en una auditoría, ahora los resultados fueron diferentes. Por lo tanto, este proyecto sirve para establecer un punto de partida e implementar un programa de auditorías permanente, que sirva en primera instancia para dar seguimiento a aquellos SMCAS que presentaron mayores oportunidades de mejora.

Un tema que se ha dejado de lado son las mediciones de las variables meteorológicas, aunque no fue considerado en este proyecto, la mayoría de los SMCAs no cuentan con programas de control de calidad de las mediciones meteorológicas, por lo tanto, se requiere incorporar este tema en un futuro y planear en el mediano plazo la implementación de un programa de verificación de sensores. Lo anterior, proveerá insumos que permitan conocer la calidad de la medición de estas variables, siendo de mucha utilidad para los responsables de realizar modelos y pronósticos atmosféricos.



MEDIO AMBIENTE

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



INECC

INSTITUTO NACIONAL
DE ECOLOGÍA Y
CAMBIO CLIMÁTICO



COMISIÓN AMBIENTAL
DE LA MEGALÓPOLIS



***ANEXO 1. INFORMES DE VERIFICACIÓN Y
CALIBRACIÓN DE LOS ESTÁNDARES DE
TRANSFERENCIA DE CADA SISTEMA DE
MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE***



INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

Av. Progreso No. 3, Col. Del Carmen, Alcaldía Coyoacán C.P. 04010, Ciudad de México. Tel. (55) 54246400 Ext 13304

Informe de Verificación

No. Informe: 3235-1-1

Fecha de emisión: 29 de Agosto de 2023

Usuario: Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México – Dirección de Monitoreo Atmosférico.

Dirección: Río de la Plata no. 48, Segundo piso, Col. Cuauhtémoc, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06500. Ciudad de México.

Descripción del Instrumento/Equipo: Calibrador Dinámico de Gases

Marca: Teledyne Modelo: T700 No. Serie: 4104

Fecha de calibración: 28 de Agosto de 2023

Procedimiento utilizado: Procedimiento interno de verificación de controladores de flujo másico.

Resultados:

Hoja 2 del Presente informe.

Patrón utilizado: Medidor de flujo de bajo volumen. Trazabilidad Celda 107527 (RMM-141007) y Celda 107549 (RMM-14-1007)

Marca: DryCal Modelo: ML800 No. Serie: 108052

Condiciones ambientales: Ver informe 3235-1-1 hoja 2

- El presente informe, debidamente firmado, es válido para el instrumento/equipo calibrado en el estado y condiciones especificadas.
- Se indica la incertidumbre expandida con un factor K=2 y un nivel de confianza del 95,45 % de acuerdo con la *Guía para estimar la incertidumbre de la medición* del CENAM.
- El periodo óptimo de calibración deberá ser determinado por el usuario con base en la frecuencia de uso y en los métodos para los que es utilizado.
- Queda prohibida la reproducción parcial del presente informe de calibración, sin autorización previa del INECC.

Realizó

Ing. Oscar A. Fentanes Arriaga
Subdirector del Monitoreo de
Calidad del Aire

Autorizó.

Dr. Rubén Zamora Alvarado
Director de
Laboratorios del INECC.



Av. Progreso No 3 Col. Del Carmen, Alcaldía Coyoacán C.P. 04010 Ciudad de México, Tel. (55)54246400 Ext. 13311



LABORATORIO DE CALIBRACIONES Y TRANSFERENCIA DE ESTÁNDARES

Informe de Verificación

Estándares de Transferencia de Flujo de Bajo Volumen

Equipo Huésped

Marca
Teledyne
Modelo
T700
No. Serie
4104

Patron de flujo

Marca	Modelo
DRYCAL	ML-800
No. Serie	Trazabilidad Aire
107527	RMM-141007
No. Serie	Trazabilidad Gas
107549	RMM-141007

No. Informe
3235-1-1
Fecha de emisión
29 de agosto de 2023
Fecha de calibración
28 de agosto de 2023

No.	QREF	QIBC	U(Q)	% Dif
1	2.268	2.874	0.049	-26.73
2	4.441	5.668	0.197	-27.63
3	6.601	8.457	0.293	-28.12
4	8.753	11.217	0.133	-28.14
5	10.926	13.966	0.120	-27.83
6	13.018	16.693	0.197	-28.23
7	15.094	19.373	0.228	-28.35
8	17.174	22.033	0.260	-28.29
9	19.272	24.883	0.293	-29.11
10	21.342	25.072	0.297	-17.48

$$Y_{std} = mQ_{std} + b$$

C. F.M	Gas	Aire
Marca	Teledyne	Teledyne
Modelo	HI5543	HI5553
Serie	485402010	474430001

MCF Aire

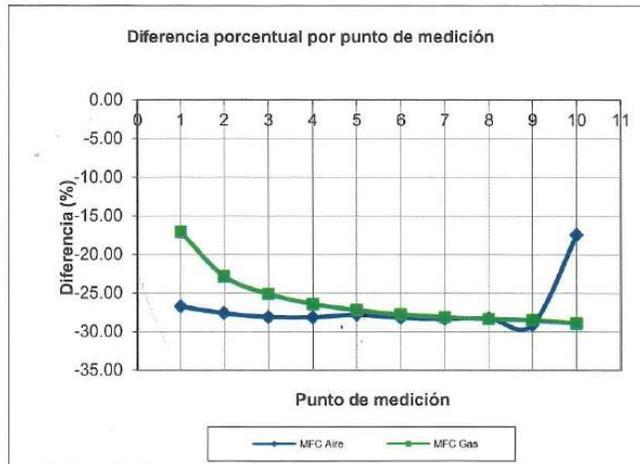
m	b	r
1.229	0.411	0.9966532

Condiciones ambientales	
Tamb (°C)	22.719 ± 0.6
Patm (kPa)	77.963 ± 0.112

MCF Gas

m	b	r
1.304	-1.731	0.999999

No.	QREF	QIBC	U(Q)	% Dif
1	12.298	14.400	0.074	-17.09
2	22.959	28.200	0.143	-22.83
3	33.648	42.100	0.211	-25.12
4	44.212	55.900	0.280	-26.44
5	54.707	69.600	0.348	-27.22
6	65.195	83.300	0.417	-27.77
7	75.700	97.000	0.489	-28.14
8	86.309	110.800	0.555	-28.38
9	97.095	124.800	0.625	-28.53
10	107.960	139.200	0.697	-28.94



Nomenclatura y unidades.

QIBC: Flujo del instrumento bajo calibración (slpm, sccm)

QREF: Flujo del patrón de trabajo, slpm o sccm

U(Q): Desviación estándar expresada como Incertidumbre, slpm o sccm

m: Pendiente, slpm o sccm

b: Intersección

r: Coeficiente de correlación

C.F.M Controlador de Flujo Másico

Realizó

Daniel Ordoñez Carmona
Jefe de Departamento de Sistemas de

Revisó

Oscar A. Fentanes Arriaga
Subdirector de Monitoreo de Calidad



INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

Av. Progreso No. 3, Col. Del Carmen, Alcaldía Coyoacán C.P. 04010, Ciudad de México. Tel. (55) 54246400 Ext 13304

Informe de Diseminación del Patrón de Ozono

No. Informe: 3235-1-2

Fecha de emisión: 31 de Agosto de 2023

Usuario: Secretaria de Medio Ambiente de la Ciudad de México – Dirección de Monitoreo Atmosférico.

Dirección: Río de la Plata no. 48, Segundo piso, Col. Cuauhtémoc, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06500. Ciudad de México.

Descripción del Instrumento/Equipo: Calibrador Dinámico de Gases

Marca: Teledyne **Modelo:** T700 **No. Serie:** 4104

Fecha de calibración: 30 de Agosto de 2023

Procedimiento utilizado: PT-LCTE-02 Diseminación de la Trazabilidad del Patrón Nacional para la Medición de Fracción de Cantidad de Ozono en Aire Ambiente. Protocol for the key comparison BIPM.QM-K1 Ozone at ambient level

Resultados:

Hoja 2 del Presente informe

Patrón utilizado: Patrón nacional de fracción de cantidad de ozono en aire ambiente

Marca: NIST **Modelo:** ---- **No. Serie:** 39

Condiciones ambientales: Ver informe 3235-1-2 hoja 2

- El presente informe, debidamente firmado, es válido para el instrumento/equipo calibrado en el estado y condiciones especificadas.
- Se indica la incertidumbre expandida con un factor K=2 y un nivel de confianza del 95,45 % de acuerdo con la Guía para la expresión de Incertidumbre en las mediciones NMX-CH-140-IMNC-2002.
- El período óptimo de calibración deberá ser determinado por el usuario con base en la frecuencia de uso y en los métodos para los que es utilizado.
- Queda prohibida la reproducción parcial del presente informe de calibración, sin autorización previa del INECC.

Realizó

Ing. Oscar A. Fentanes Arriaga
Subdirector de Monitoreo de
Calidad del Aire

Autorizó.

Dr. Rubén Zamora Alvarado
Director de Laboratorios del INECC



Av. Progreso No. 3, Col. del Carmen, Alcaldía Coyoacán C.P. 04010, Cd. de México. Tel. (55) 54246400 Ext.13304



LABORATORIO DE CALIBRACIONES Y TRANSFERENCIA DE ESTÁNDARES
Informe de Calibración

Instrumento Bajo Calibración

Marca
Teledyne
Modelo
T700
No. Serie
4104

Patrón de Ozono

Patrón Nacional para la Medición de Fracción de Cantidad de Ozono en Aire Ambiente (SRP-39)

No. Informe

3235-1-2

Fecha de emisión

31 de agosto de 2023

Fecha de calibración

30 de agosto de 2023

Condiciones de operación para la calibración.

Encendido IBC: Lunes, 28 de agosto de 2023

Estabilización: 1 día

Configuración: Manual

Comunicación: Ninguna

Tabla de resultados (nmol/mol)

No.	GEN	CR	CIBC	U
1	0	-0.1	0.0	1.7
2	220	219.9	220.0	4.0
3	80	80.0	80.0	2.2
4	420	419.8	420.0	7.1
5	120	119.8	120.0	2.6
6	320	319.7	320.0	5.5
7	30	30.7	30.0	1.9
8	370	369.6	370.0	6.4
9	170	169.9	170.0	3.4
10	500	499.6	500.0	8.4
11	270	269.9	270.0	4.7

Resultados	U
m	1.0020
b(nmol/mol)	-0.256
r	0.999998

Nota 1: Para efectos de mantener la trazabilidad de la medición de Ozono, se deberán corregir las concentraciones generadas con el instrumento bajo calibración, utilizando m y b como se indica en la siguiente ecuación:

$$C_{IBC} = mCR + b$$

Nota 2: ppbv es equivalente a nmol/mol en el SI de unidades.

Nota 3: La Incertidumbre expandida es aplicada a la CR.

Condiciones Ambientales

Temperatura T (°C)	
19.95	± 1.1
Presión Atmosférica P (kPa)	
77.889	± 0.2155

Nomenclatura.

IBC: Instrumento Bajo Calibración

GEN: Generación del IBC

CR: Concentración de Referencia

CIBC: Concentración del IBC

U: Incertidumbre expandida del IBC

UIM: Incertidumbre del Instrumento de medición

ppbv: partes por billón en volumen

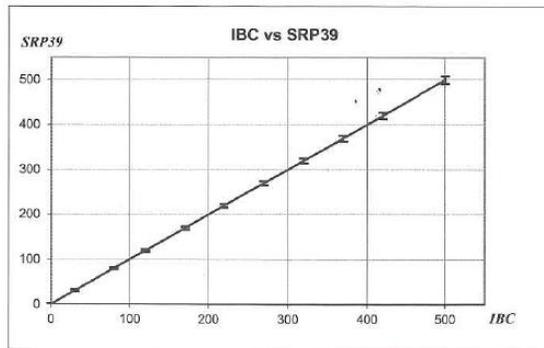
m: Pendiente resultante de la calibración

b: Intersección

r: Coeficiente

T: Temperatura ambiente

P: Presión atmosférica



Calibró

[Signature]
Ing. Daniel Ordoñez Camona
Jefe de Departamento de Sistemas de Monitoreo Atmosférico

Supervisó

[Signature]
Ing. Oscar A. Fentanes Arriaga
Subdirector de Monitoreo de Calidad del Aire



INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO
Av. Progreso No. 3, Col. Del Carmen, Alcaldía Coyoacán C.P. 04010, Ciudad de México. Tel. (55) 54246400 Ext 13304

Informe de Verificación

No. Informe: 2882-1-1

Fecha de emisión: 8 de Febrero de 2023

Usuario: Subsecretaría de Política Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Hidalgo.

Dirección: Vicente Segura No. 100 Col. Adolfo López Mateos, Pachuca de Soto, Hidalgo. C.P. 42094

Descripción del Instrumento/Equipo: Calibrador Dinámico de Gases
Marca: TELEDYNE **Modelo:** T700 **No. Serie:** 1369

Fecha de calibración: 7 de Febrero de 2023

Procedimiento utilizado: Procedimiento interno de verificación de controladores de flujo másico.

Resultados: Hoja 2 del Presente informe.

Patrón utilizado: Medidor de flujo de bajo volumen. Trazabilidad Celda 107527 (RMM-141007) y Celda 107549 (RMM-14-1007)
Marca: DryCal **Modelo:** ML800 **No. Serie:** 108052

Condiciones ambientales: Ver informe 2882-1-1 hoja 2

- El presente informe, debidamente firmado, es válido para el instrumento/equipo calibrado en el estado y condiciones especificadas.
- Se indica la incertidumbre expandida con un factor $k=2$ y un nivel de confianza del 95,45 % de acuerdo con la Guía para estimar la incertidumbre de la medición del CENAM.
- El periodo óptimo de calibración deberá ser determinado por el usuario con base en la frecuencia de uso y en los métodos para los que es utilizado.
- Queda prohibida la reproducción parcial del presente informe de calibración, sin autorización previa del INECC.

Realizó

Ing. Oscar A. Ventanas Arriaga
Subdirector de Monitoreo de
Calidad del Aire

Autorizó.

Dr. Rubén Zamora Alvarado
Director de
Laboratorios del INECC.

Recibi Original
14/2/23
Miguel Angel Soto
Sensornet



Av. Progreso No 3 Col. Del Carmen, Alcaldía Coyoacán C.P. 04010 Ciudad de México, Tel. (55)54246400 Ext. 13311



LABORATORIO DE CALIBRACIONES Y TRANSFERENCIA DE ESTÁNDARES

Informe de Verificación

Estándares de transferencia de flujo de bajo volumen

Equipo Huésped

Marca	Teledyne
Modelo	T700
No. Serie	1369

Patron de flujo

Marca	DRYCAL	Modelo	ML-800
No. Serie	107527	Trazabilidad Aire	RMM-141007
No. Serie	107549	Trazabilidad Gas	RMM-141007

No. Informe	2882-1-1
Fecha de emisión	8 de febrero de 2023
Fecha de calibración	7 de febrero de 2023

Tabla de respuestas MCF AIRE (slpm)

No.	QREF	QIBC	U(Q)	% Dif
1	1.112	1.111	0.019	0.06
2	2.192	2.191	0.077	0.03
3	3.272	3.270	0.114	0.05
4	4.348	4.348	0.051	-0.01
5	5.425	5.425	0.047	0.01
6	6.498	6.498	0.077	0.01
7	7.565	7.573	0.089	-0.10
8	8.627	8.646	0.102	-0.22
9	9.666	9.691	0.114	-0.26
10	10.730	10.723	0.126	0.07

$$Y_{std} = mQ_{std} + b$$

Condiciones ambientales

Tamb (°C)	21.635 ± 0.8
Pamb (kPa)	78.164 ± 0.185

MCF Aire

m	b	r
1.001	-0.004	0.9999960

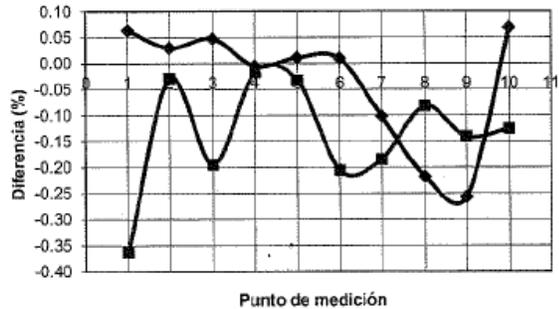
MCF Gas

m	b	r
1.001	-0.002	0.9999999

Tabla de respuestas MCF Gas (sccm)

No.	QREF	QIBC	U(Q)	% Dif
1	11.658	11.700	0.059	-0.36
2	22.193	22.200	0.112	-0.03
3	32.636	32.700	0.165	-0.20
4	43.092	43.100	0.216	-0.02
5	53.582	53.600	0.268	-0.03
6	64.068	64.200	0.323	-0.21
7	74.562	74.700	0.374	-0.19
8	85.129	85.200	0.426	-0.08
9	95.665	95.800	0.480	-0.14
10	106.167	106.300	0.532	-0.13

Diferencia porcentual por punto de medición



Nomenclatura y unidades.

QIBC: Flujo del instrumento bajo calibración (slpm, sccm)

QREF: Flujo del patron de trabajo, slpm o sccm

U(Q): Desviación estandar expresada como

Incertidumbre, slpm o sccm

m: Pendiente, slpm o sccm

b: Intersección

r: Coeficiente de correlación

Realizó

Daniel Ordoñez Carmona
Jefe de Departamento de Sistemas de
Monitoreo Atmosférico

Revisó

Oscar A. Fentanes Arriaga
Subdirector de Monitoreo de Calidad
del Aire



INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO
Av. Progreso No. 3, Col. Del Carmen, Alcaldía Coyoacán C.P. 04010, Ciudad de México. Tel. (55) 54246400 Ext: 13304

Informe de Diseminación del Patrón de Ozono

No. Informe: 2882-1-2

Fecha de emisión: 13 de Febrero de 2023

Usuario: Subsecretaría de Política Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Hidalgo.
Dirección: Vicente Segura No. 100 Col. Adolfo López Mateos, Pachuca de Soto, Hidalgo. C.P. 42094.

Descripción del Instrumento/Equipo: Calibrador de Ozono
Marca: TELEDYNE Modelo: T700 No. Serie: 1369

Fecha de calibración: 10 de Febrero de 2023

Procedimiento utilizado: PT-LCTE-02 Diseminación de la Trazabilidad del Patrón Nacional para la Medición de Fracción de Cantidad de Ozono en Aire Ambiente. Protocol for the key comparison BIPM.QM-K1 Ozone at ambient level

Resultados: Hoja 2 del Presente informe

Patrón utilizado: Patrón nacional de fracción de cantidad de ozono en aire ambiente
Marca: NIST Modelo: ---- No. Serie: 39

Condiciones ambientales: Ver informe 2882-1-2 hoja 2

- El presente informe, debidamente firmado, es válido para el instrumento/equipo calibrado en el estado y condiciones especificadas.
- Se indica la incertidumbre expandida con un factor K=2 y un nivel de confianza del 95,45 % de acuerdo con la Guía para la expresión de Incertidumbre en las mediciones NMX-CH-140-IMNC-2002.
- El periodo óptimo de calibración deberá ser determinado por el usuario con base en la frecuencia de uso y en los métodos para los que es utilizado.
- Queda prohibida la reproducción parcial del presente informe de calibración, sin autorización previa del INECC.

Realizó

Ing. Oscar A. Fentanes Arriaga
Subdirector de Monitoreo de Calidad del Aire

Autorizó.

Dr. Rubén Zamora Alvarado
Director de Laboratorios del INECC

Recibido Original
14/2/23
Hoyab Angel solo
Servicio natl



Av. Progreso No. 3, Col. del Carmen, Alcaldía Coyoacán C.P. 04010, Cd. de México. Tel. (55) 54246400 Ext 13304



LABORATORIO DE CALIBRACIONES Y TRANSFERENCIA DE ESTÁNDARES
Informe de Calibración

Instrumento Bajo Calibración

Marca
Teledyne
Modelo
T700
No. Serie
1369

Patrón de Ozono

Patrón Nacional para la Medición de
Fracción de Cantidad de Ozono en Aire
Ambiente (SRP-39)

No. Informe

2882-1-2
Fecha de emisión
13 de febrero de 2023
Fecha de calibración
10 de febrero de 2023

Condiciones de operación para la calibración.

Encendido IBC: Lunes, 6 de febrero de 2023

Estabilización: 1 día

Configuración: Manual

Comunicación: Ninguna

Tabla de resultados (nmol/mol)

No.	GEN	CR	C _{IBC}	U
1	0	0.0	0.0	1.6
2	220	213.2	220.0	3.9
3	80	69.9	80.0	2.0
4	420	418.0	420.0	7.1
5	120	110.7	120.0	2.4
6	320	315.5	320.0	5.4
7	30	18.9	30.0	2.7
8	370	366.6	370.0	6.3
9	170	161.9	170.0	3.1
10	500	499.8	500.0	8.4
11	270	264.1	270.0	4.6

Resultados	U
m	0.9871
b(nmol/mol)	8.538
r	0.999814

Nota 1: Para efectos de mantener la trazabilidad de la medición de Ozono, se deberán corregir las concentraciones generadas con el instrumento bajo calibración, utilizando m y b como se indica en la siguiente ecuación:

$$C_{IBC} = mCR + b$$

Nota 2: ppbv es equivalente a nmol/mol en el SI de unidades.

Nota 3: La Incertidumbre expandida es aplicada a la CR.

Condiciones Ambientales	
Temperatura T (°C)	
21.90	± 1.45
Presión Atmosférica P (kPa)	
77.954	± 0.2235

Nomenclatura.

IBC: Instrumento Bajo Calibración

GEN: Generación del IBC

CR: Concentración de Referencia

C_{IBC}: Concentración del IBC

U: Incertidumbre expandida del IBC

UIM: Incertidumbre del instrumento de medición

ppbv: partes por billón en volumen

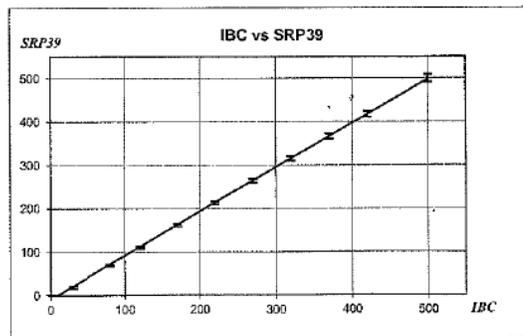
m: Pendiente resultante de la calibración

b: Intersección

r: Coeficiente

T: Temperatura ambiente

P: Presión atmosférica



Calibró

Ing. Daniel Ordoñez Camona
Jefe de Departamento de Sistemas de
Monitoreo Atmosférico

Supervisó

Ing. Oscar A. Ferrán Arriaga
Subdirector de Monitoreo de
Calidad del Aire



INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

Av. Progreso No. 3, Col. Del Carmen, Alcaldía Coyoacán C.P. 04010, Ciudad de México. Tel. (55) 54246400 Ext 13304

Informe de Verificación

No. Informe: 3168-1-1

Fecha de emisión: 25 de Julio de 2023

Usuario: Secretaría de Desarrollo Sustentable del Gobierno del Estado de Morelos.

Dirección: Bajada de Chapultepec No 25, Col. Chapultepec, Cuernavaca, Morelos. C.P. 62450

Descripción del Instrumento/Equipo: Calibrador Dinámico de Gases
 Marca: Teledyne Modelo: T700 No. Serie: 4107

Fecha de calibración: 24 de Julio de 2023

Procedimiento utilizado: Procedimiento interno de verificación de controladores de flujo másico.

Resultados: Hoja 2 del Presente informe.

Patrón utilizado: Medidor de flujo de bajo volumen. Trazabilidad Celda 107527 (RMM-141007) y Celda 107549 (RMM-14-1007)
 Marca: DryCal Modelo: ML800 No. Serie: 108052

Condiciones ambientales: Ver informe 3168-1-1 hoja 2

- El presente informe, debidamente firmado, es válido para el instrumento/equipo calibrado en el estado y condiciones especificadas.
- Se indica la incertidumbre expandida con un factor K=2 y un nivel de confianza del 95,45 % de acuerdo con la *Guía para estimar la incertidumbre de la medición* del CENAM.
- El período óptimo de calibración deberá ser determinado por el usuario con base en la frecuencia de uso y en los métodos para los que es utilizado.
- Queda prohibida la reproducción parcial del presente informe de calibración, sin autorización previa del INECC.

Realizó

Ing. Oscar A. Ferranes Arriaga
Subdirector de Monitoreo de Calidad del Aire

Autorizó.

Dr. Rubén Zamora Alvarado
Director de Laboratorios del INECC.

Recibo informe original
Nce Gina Hernandez
F-PTA-06-10
14/08/2023



Av. Progreso No 3 Col. Del Carmen, Alcaldía Coyoacán C.P. 04010 Ciudad de México, Tel. (55)54246400 Ext. 13311



LABORATORIO DE CALIBRACIONES Y TRANSFERENCIA DE ESTÁNDARES

Informe de Verificación

Estándares de Transferencia de Flujo de Bajo Volumen

Equipo Huésped

Marca
Teledyne
Modelo
T700
No. Serie
4107

Patron de flujo

Marca	Modelo
DRYCAL	ML-800
No. Serie	Trazabilidad Aire
107527	RMM-141007
No. Serie	Trazabilidad Gas
107549	RMM-141007

No. Informe

3168-1-1
Fecha de emisión
25 de julio de 2023
Fecha de calibración
24 de julio de 2023

No.	QREF	Qisc	U(Q)	% Dif
1	2.308	2.310	0.038	-0.07
2	4.463	4.467	0.152	-0.10
3	6.599	6.612	0.225	-0.19
4	8.715	8.736	0.103	-0.24
5	10.861	10.872	0.094	-0.10
6	12.891	12.907	0.152	-0.12
7	14.951	14.973	0.177	-0.14
8	17.034	17.059	0.201	-0.15
9	19.107	19.123	0.225	-0.08
10	21.169	21.166	0.250	0.01

$$Y_{std} = mQ_{std} + b$$

C. F.M	Gas	Aire
Marca	Teledyne	Teledyne
Modelo	HI5543	HI5553
Serie	485402009	383020007

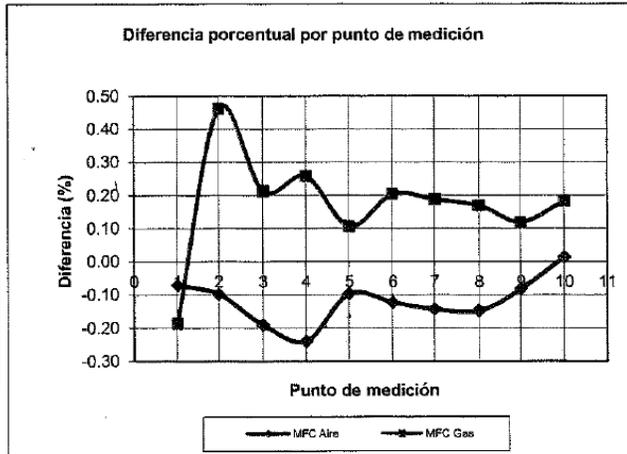
MCF Aire

m	b	r	Condiciones ambientales		
1.000	0.009	0.9999990	Tamb (°C)	25.071	+ 1.1
			Patm (kPa)	78.272	± 0.103

MCF Gas

m	b	r
0.999	-0.017	0.9999999

No.	QREF	Qisc	U(Q)	% Dif
1	11.578	11.600	0.060	-0.19
2	22.202	22.100	0.111	0.46
3	32.669	32.600	0.166	0.21
4	43.111	43.000	0.218	0.26
5	53.456	53.400	0.267	0.11
6	63.930	63.800	0.320	0.20
7	74.238	74.100	0.371	0.19
8	84.742	84.600	0.423	0.17
9	95.213	95.100	0.513	0.12
10	105.893	105.700	0.533	0.18



Nomenclatura y unidades.

QIBC: Flujo del instrumento bajo calibración (slpm, sccm)

QREF: Flujo del patrón de trabajo, slpm o sccm

U(Q): Desviación estándar expresada como Incertidumbre, slpm o sccm

m: Pendiente, slpm o sccm

b: Intersección

r: Coeficiente de correlación

C.F.M Controlador de Flujo Másico

Realizó

Daniel Ordóñez Carmona
Jefe de Departamento de Sistemas de

Revisó

Oscar A. Ferranes Arriaga
Subdirector de Monitoreo de Calidad



INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA Y CAMBIO CLIMATICO
Av. Progreso No. 3, Col. Del Carmen, Alcaldía Coyoacán C.P. 04010, Ciudad de México. Tel. (55) 54246400 Ext 13304

Informe de Diseminación del Patrón de Ozono

No. Informe: 3168-1-2

Fecha de emisión: 10 de Agosto de 2023

Usuario: Secretaria de Desarrollo Sustentable del Gobierno del Estado de Morelos.
Dirección: Bajada de Chapultepec No 25, Col. Chapultepec, Cuernavaca, Morelos. C.P. 62450
Descripción del Instrumento/Equipo: Calibrador Dinámico de Gases
Marca: Teledyne Modelo: T700 No. Serie: 4107
Fecha de calibración: 9 de Agosto de 2023

Procedimiento utilizado: PT-LCTE-02 Diseminación de la Trazabilidad del Patrón Nacional para la Medición de Fracción de Cantidad de Ozono en Aire Ambiente. Protocol for the key comparison BIPM.QM-K1 Ozone at ambient level

Resultados: Hoja 2 del Presente informe

Patrón utilizado: Patrón nacional de fracción de cantidad de ozono en aire ambiente
Marca: NIST Modelo: ---- No. Serie: 39

Condiciones ambientales: Ver informe 3168-1-2 hoja 2

- El presente informe, debidamente firmado, es válido para el instrumento/equipo calibrado en el estado y condiciones especificadas.
- Se indica la incertidumbre expandida con un factor K=2 y un nivel de confianza del 95,45 % de acuerdo con la Guía para la expresión de Incertidumbre en las mediciones NMX-CH-140-IMNC-2002.
- El periodo óptimo de calibración deberá ser determinado por el usuario con base en la frecuencia de uso y en los métodos para los que es utilizado.
- Queda prohibida la reproducción parcial del presente informe de calibración, sin autorización previa del INECC.

Realizó

Ing. Oscar A. Fentanes Arriaga
Subdirector de Monitoreo de la Calidad del Aire

Autorizó.

Dr. Rubén Zamora Alvarado
Director de Laboratorios del INECC

Recibi informe original
Noo Ginez Hernández
14/08/2023
F-PTA-06-10



Av. Progreso No. 3, Col. del Carmen, Alcaldía Coyoacán C.P. 04010, Cd. de México. Tel. (55) 54246400 Ext 13304



LABORATORIO DE CALIBRACIONES Y TRANSFERENCIA DE ESTÁNDARES
Informe de Calibración

Instrumento Bajo Calibración

Marca
Teledyne
Modelo
T700
No. Serie
4107

Patrón de Ozono

Patrón Nacional para la Medición de Fracción de Cantidad de Ozono en Aire Ambiente (SRP-39)

No. Informe
3168-1-2
Fecha de emisión
10 de agosto de 2023
Fecha de calibración
9 de agosto de 2023

Condiciones de operación para la calibración.

Encendido IBC: miércoles, 2 de agosto de 2023

Estabilización: 1 días

Configuración: Manual

Comunicación: Ninguna

Tabla de resultados (nmol/mol)				
No.	% GEN	CR	CIBC	U
1	0	0.1	0.0	1.6
2	22.0	222.0	220.0	4.1
3	80	82.7	80.0	2.2
4	420	420.6	420.0	7.6
5	120	122.5	120.0	3.0
6	320	321.9	320.0	5.7
7	30	33.3	30.0	2.0
8	370	371.1	370.0	6.5
9	170	172.1	170.0	3.3
10	500	499.6	500.0	9.0
11	270	271.3	270.0	4.9

Resultados		U
m	1.0047	0.0029
b(nmol/mol)	-2.572	0.2324
r	0.999961	

Nota 1: Para efectos de mantener la trazabilidad de la medición de Ozono, se deberán corregir las concentraciones generadas con el instrumento bajo calibración, utilizando m y b como se indica en la siguiente ecuación:

$$C_{IBC} = mCR + b$$

Nota 2: ppbv es equivalente a nmol/mol en el SI de unidades.

Nota 3: La Incertidumbre expandida es aplicada a la CR.

Condiciones Ambientales	
Temperatura T (°C)	
20.20	± 2
Presión Atmosférica P (kPa)	
78.299	± 0.2325

Nomenclatura.

IBC: Instrumento Bajo Calibración

GEN: Generación del IBC

CR: Concentración de Referencia

CIBC: Concentración del IBC

U: Incertidumbre expandida del IBC

UIM: Incertidumbre del instrumento de medición

ppbv: partes por billón en volumen

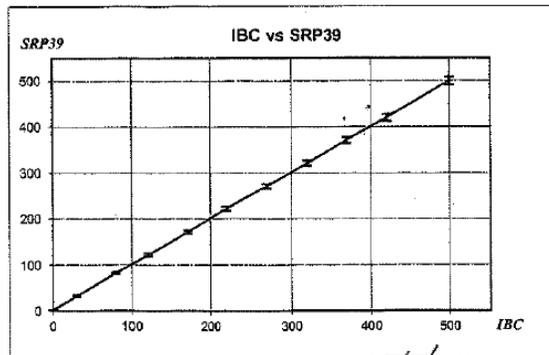
m: Pendiente resultante de la calibración

b: Intersección

r: Coeficiente

T: Temperatura ambiente

P: Presión atmosférica



Calibró

Daniel Ordoñez Carmona

Jefe de Departamento de Sistemas de Monitoreo Atmosférico

Supervisó

Ing. Oscar A. Ferrantes Arriaga

Subdirector de Monitoreo de la Calidad del Aire



INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA Y CAMBIO CLIMATICO

Av. Progreso No. 3, Col. Del Carmen, Alcaldía Coyoacán C.P. 04010, Ciudad de México. Tel. (55) 54246400 Ext 13304

Informe de Verificación

No. Informe: **3247-1-1**

Fecha de emisión: **13 de Septiembre de 2023**

Usuario: Secretaría de Medio Ambiente, de Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial, Gobierno de Puebla (SMADSOTGP).

Dirección: Lateral Recta a Cholula Km. 5.5 No. 2401 por San Andrés Cholula, Puebla, C.P. 72810

Descripción del Instrumento/Equipo: Calibrador Dinámico de Gases
Marca: Teledyne **Modelo:** T700 **No. Serie:** 4105

Fecha de calibración: 12 de Septiembre de 2023

Procedimiento utilizado: Procedimiento interno de verificación de controladores de flujo másico.

Resultados:

Hoja 2 del Presente informe.

Patrón utilizado: Medidor de flujo de bajo volumen. Trazabilidad Celda 107527 (RMM-141007) y Celda 107549 (RMM-14-1007)
Marca: DryCal **Modelo:** ML800 **No. Serie:** 108052

Condiciones ambientales: Ver informe 3247-1-1 hoja 2

- El presente informe, debidamente firmado, es válido para el instrumento/equipo calibrado en el estado y condiciones especificadas.
- Se indica la incertidumbre expandida con un factor K=2 y un nivel de confianza del 95,45 % de acuerdo con la *Guía para estimar la incertidumbre de la medición* del CENAM.
- El periodo óptimo de calibración deberá ser determinado por el usuario con base en la frecuencia de uso y en los métodos para los que es utilizado.
- Queda prohibida la reproducción parcial del presente informe de calibración, sin autorización previa del INECC.

Realizó

Ing. Oscar A. Fentanes Arriaga
Subdirector de Monitoreo de
Calidad del Aire

Autorizó.

Dr. Rubén Zamora Alvarado
Director de
Laboratorios del INECC.



Av. Progreso No 3 Col. Del Carmen, Alcaldía Coyoacán C.P. 04010 Ciudad de México, Tel. (55)54246400 Ext. 13311



LABORATORIO DE CALIBRACIONES Y TRANSFERENCIA DE ESTÁNDARES

Informe de Verificación

Estándares de Transferencia de Flujo de Bajo Volumen

Equipo Huésped

Marca
Teledyne
Modelo
T700
No. Serie
4105

Patron de flujo

Marca	Modelo
DRYCAL	ML-800
No. Serie	Trazabilidad Aire
107527	RMM-141007
No. Serie	Trazabilidad Gas
107549	RMM-141007

No. Informe
3247-1-1
Fecha de emisión
13 de septiembre de 2023
Fecha de calibración
12 de septiembre de 2023

No.	Q _{REF}	Q _{IBC}	U(Q)	% Dif
1	2.017	2.027	0.037	-0.47
2	4.191	4.199	0.150	-0.20
3	6.346	6.358	0.225	-0.19
4	8.509	8.528	0.101	-0.22
5	10.661	10.685	0.093	-0.23
6	12.775	12.767	0.150	0.06
7	14.861	14.875	0.175	-0.09
8	16.987	17.004	0.201	-0.10
9	19.116	19.127	0.225	-0.06
10	21.194	21.236	0.252	-0.20

$$Y_{sid} = mQ_{std} + b$$

C. F.M	Gas	Aire
Marca	Teledyne	Teledyne
Modelo	HI5543	HI5553
Serie	456444017	474430002

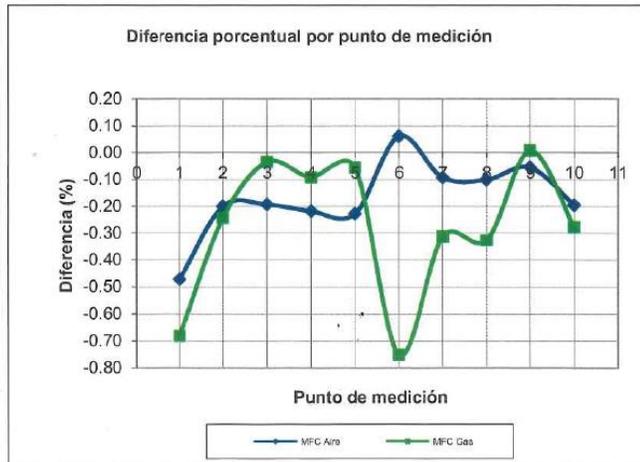
MCF Aire

m	b	r	Condiciones ambientales	
1.001	0.006	0.9999984	Tamb (°C)	25.858 ± 33.8

MCF Gas

m	b	r	Patm (kPa)	78.005 ± 0.140
1.002	0.018	0.999989		

No.	Q _{REF}	Q _{IBC}	U(Q)	% Dif
1	11.621	11.700	0.059	-0.68
2	22.345	22.400	0.113	-0.24
3	33.088	33.100	0.166	-0.04
4	43.659	43.700	0.219	-0.09
5	54.269	54.300	0.272	-0.06
6	64.713	65.200	0.327	-0.75
7	75.264	75.500	0.378	-0.31
8	85.819	86.100	0.436	-0.33
9	96.607	96.600	0.483	0.01
10	107.500	107.800	0.543	-0.28



Nomenclatura y unidades.

Q_{IBC}: Flujo del instrumento bajo calibración (slpm, sccm)

Q_{REF}: Flujo del patrón de trabajo, slpm o sccm

U(Q): Desviación estándar expresada como Incertidumbre, slpm o sccm

m: Pendiente, slpm o sccm

b: Intersección

r: Coeficiente de correlación

C.F.M Controlador de Flujo Máscico

Realizó

Daniel Ordoñez Carmona
Jefe de Departamento de Sistemas de

Revisó

Oscar A. Fentanes Arriaga
Subdirector de Monitoreo de Calidad



INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA Y CAMBIO CLIMATICO
Av. Progreso No. 3, Col. Del Carmen, Alcaldía Coyoacán C.P. 04010, Ciudad de México. Tel. (55) 54246400 Ext.13304

Informe de Diseminación del Patrón de Ozono

No. Informe: 3247-1-2

Fecha de emisión: 18 de Septiembre de 2023

Usuario: Secretaria de Medio Ambiente, de Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial, Gobierno de Puebla (SMADSOTGP).

Dirección: Lateral Recta a Cholula Km. 5.5 No. 2401 por San Andrés Cholula, Puebla, C.P. 72810

Descripción del Instrumento/Equipo: Calibrador Dinámico de Gases
Marca: Teledyne **Modelo:** T700 **No. Serie:** 4105

Fecha de calibración: 15 de Septiembre de 2023

Procedimiento utilizado: PT-LCTE-02 Diseminación de la Trazabilidad del Patrón Nacional para la Medición de Fracción de Cantidad de Ozono en Aire Ambiente. Protocol for the key comparison BIPM.QM-K1 Ozone at ambient level

Resultados: Hoja 2 del Presente informe

Patrón utilizado: Patrón nacional de fracción de cantidad de ozono en aire ambiente
Marca: NIST **Modelo:** ---- **No. Serie:** 39

Condiciones ambientales: Ver informe 3247-1-2 hoja 2

- El presente informe, debidamente firmado, es válido para el instrumento/equipo calibrado en el estado y condiciones especificadas.
- Se indica la incertidumbre expandida con un factor K=2 y un nivel de confianza del 95,45 % de acuerdo con la Guía para la expresión de Incertidumbre en las mediciones NMX-CH-140-IMNC-2002.
- El periodo óptimo de calibración deberá ser determinado por el usuario con base en la frecuencia de uso y en los métodos para los que es utilizado.
- Queda prohibida la reproducción parcial del presente informe de calibración, sin autorización previa del INECC.

Realizó

Ing. Oscar A. Fentanes Arriaga
Subdirector de Monitoreo de
Calidad del Aire

Autorizó.

Dr. Rubén Zamora Alvarado
Director de Laboratorios del INECC



Av. Progreso No. 3, Col. del Carmen, Alcaldía Coyoacán C.P. 04010, Cd. de México. Tel. (55) 54246400 Ext 13304



LABORATORIO DE CALIBRACIONES Y TRANSFERENCIA DE ESTÁNDARES
Informe de Calibración

Instrumento Bajo Calibración

Marca
Teledyne
Modelo
T700
No. Serie
4105

Patrón de Ozono

Patrón Nacional para la Medición de
Fracción de Cantidad de Ozono en Aire
Ambiente (SRP-39)

No. Informe
3247-1-2
Fecha de emisión
18 de septiembre de 2023
Fecha de calibración
15 de septiembre de 2023

Condiciones de operación para la calibración.

Encendido IBC: martes, 12 de septiembre de 2023
Estabilización: 1 día
Configuración: Manual
Comunicación: Ninguna

Tabla de resultados (nmol/mol)				
No.	GEN	CR	CIBC	U
1	0	0.1	0.0	1.6
2	220	218.8	220.0	4.1
3	80	78.2	80.0	2.3
4	420	419.9	420.0	7.1
5	120	118.2	120.0	2.6
6	320	319.1	320.0	5.6
7	30	28.3	30.0	2.1
8	370	369.4	370.0	6.3
9	170	168.9	170.0	3.4
10	500	500.8	500.0	8.5
11	270	269.5	270.0	5.0

Resultados		U
m	0.9974	0.0012
b(nmol/mol)	1.439	0.4437
r	0.999991	

Nota 1: Para efectos de mantener la trazabilidad de la medición de Ozono, se deberán corregir las concentraciones generadas con el instrumento bajo calibración, utilizando m y b como se indica en la siguiente ecuación:

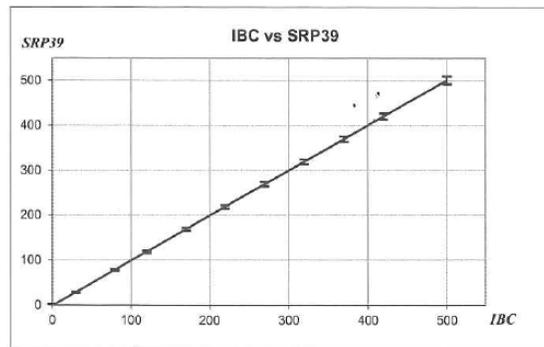
$$C_{IBC} = mCR + b$$

Nota 2: ppbv es equivalente a nmol/mol en el SI de unidades.

Nota 3: La Incertidumbre expandida es aplicada a la CR.

Condiciones Ambientales	
Temperatura T (°C)	
20.28	± 2.2
Presión Atmosférica P (kPa)	
77.983	± 0.238

Nomenclatura.
IBC: Instrumento Bajo Calibración
GEN: Generación del IBC
CR: Concentración de Referencia
CIBC: Concentración del IBC
U: Incertidumbre expandida del IBC
UIM: Incertidumbre del instrumento de medición
ppbv: partes por billón en volumen
m: Pendiente resultante de la calibración
b: Intersección
r: Coeficiente
T: Temperatura ambiente
P: Presión atmosférica



Calibró

Ing. Daniel Ordoñez Camona
Jefe de Departamento de Sistemas de
Monitoreo Atmosférico

Supervisó

Ing. Oscar A. Fentanes Arriaga
Subdirector de Monitoreo de
Calidad del Aire



INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

Av. Progreso No. 3, Col. Del Carmen, Alcaldía Coyoacán C.P. 04010, Ciudad de México. Tel. (55) 54246400 Ext 13304

Informe de Verificación

No. Informe: 3082-1-1

Fecha de emisión: 9 de Junio de 2023

Usuario: Secretaria de Desarrollo Sustentable del Estado de Querétaro.

Dirección: Blvd. Bernardo Quintana #204, Col. Carretas, Querétaro, Qro. C.P. 76050

Descripción del Instrumento/Equipo: Calibrador Dinámico de Gases
 Marca: Thermo Modelo: 146i No. Serie: 1305756972

Fecha de calibración: 8 de Junio de 2023

Procedimiento utilizado: Procedimiento interno de verificación de controladores de flujo másico.

Resultados: Hoja 2 del Presente informe.

Patrón utilizado: Medidor de flujo de bajo volumen. Trazabilidad Celda 107527 (RMM-141007) y Celda 107549 (RMM-14-1007)
 Marca: DryCal Modelo: ML800 No. Serie: 108052

Condiciones ambientales: Ver informe 3082-1-1 hoja 2

- El presente informe, debidamente firmado, es válido para el instrumento/equipo calibrado en el estado y condiciones especificadas.
- Se indica la incertidumbre expandida con un factor K=2 y un nivel de confianza del 95,45 % de acuerdo con la *Guía para estimar la incertidumbre de la medición* del CENAM.
- El período óptimo de calibración deberá ser determinado por el usuario con base en la frecuencia de uso y en los métodos para los que es utilizado.
- Queda prohibida la reproducción parcial del presente informe de calibración, sin autorización previa del INECC.

Realizó

Ing. Oscar A. Fentanes Arriaga
Subdirector de Monitoreo de
Calidad del Aire

Autorizó.

Dr. Rubén Zamora Alvarado
Director de
Laboratorios del INECC.

*Recbi informe en original
Belisario Sánchez Alaniz
31/08/2023*



Av. Progreso No 3 Col. Del Carmen, Alcaldía Coyoacán C.P. 04010 Ciudad de México, Tel. (55)54246400 Ext. 13311



LABORATORIO DE CALIBRACIONES Y TRANSFERENCIA DE ESTÁNDARES

Informe de Verificación

Estándares de Transferencia de Flujo de Bajo Volumen

Equipo Huésped

Marca
Thermo
Modelo
146i
No. Serie
1305756972

Patron de flujo

Marca	Modelo
DRYCAL	ML-800
No. Serie	Trazabilidad Aire
107527	RMM-141007
No. Serie	Trazabilidad Gas
107549	RMM-141007

No. Informe
3082-1-1
Fecha de emisión
9 de junio de 2023
Fecha de calibración
8 de junio de 2023

No.	QREF	QIBC	U(Q)	% Dif
1	0.550	0.553	0.020	-0.56
2	2.021	2.028	0.092	-0.33
3	3.438	3.450	0.008	-0.34
4	4.843	4.859	0.058	-0.33
5	6.267	6.295	0.055	-0.44
6	7.739	7.790	0.092	-0.53
7	9.288	9.360	0.111	-0.78

$$Y_{sid} = mQ_{sid} + b$$

C. F.M	Gas	Aire
Marca	Parker	Parker
Modelo	201-FQASVBM7	201-FQASVCMW
Serie	424130002032	4192090102008

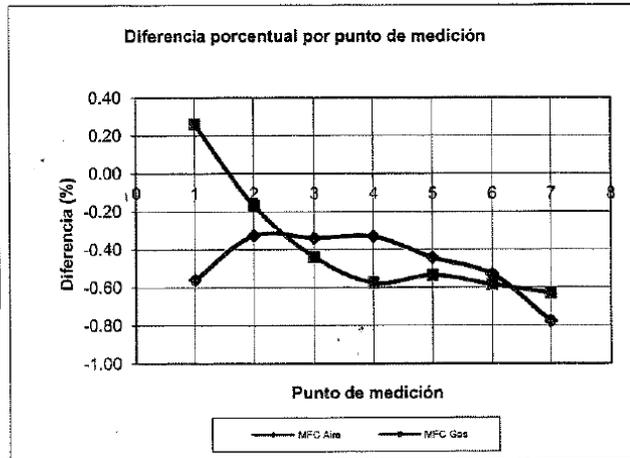
MCF Aire

n	b	r	Condiciones ambientales	
1.007	-0.010	0.9999959	Tamb (°C)	27.048 ± 1.3

MCF Gas

n	b	r	Patm (kPa)	78.030 ± 0.169
1.007	-0.087	1.0000000		

No.	QREF	QIBC	U(Q)	% Dif
1	6.166	6.150	0.031	0.26
2	21.673	21.710	0.115	-0.17
3	36.728	36.890	0.190	-0.44
4	51.483	51.780	0.260	-0.58
5	66.205	66.560	0.334	-0.54
6	81.005	81.480	0.406	-0.59
7	95.975	96.580	0.483	-0.63



Nomenclatura y unidades.

QIBC: Flujo del instrumento bajo calibración (slpm, sccm)

QREF: Flujo del patrón de trabajo, slpm o sccm

U(Q): Desviación estándar expresada como Incertidumbre, slpm o sccm

m: Pendiente, slpm o sccm

b: Intersección

r: Coeficiente de correlación

C.F.M Controlador de Flujo Másico

Realizó

Daniel Ordóñez Carmona
Jefe de Departamento de Sistemas de

Revisó

Oscar A. Fentanes Arriaga
Subdirector de Monitoreo de Calidad



INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA Y CAMBIO CLIMATICO

Av. Progreso No. 3, Col. Del Carmen, Alcaldía Coyoacán C.P. 04010, Ciudad de México. Tel. (55) 54246400 Ext 13304

Informe de Diseminación del Patrón de Ozono

No. Informe:

Fecha de emisión:

Usuario: Secretaría de Desarrollo Sustentable del Estado de Querétaro.

Dirección: Blvd. Bernardo Quintana #204, Col. Carretas, Querétaro, Qro. C.P. 76050

Descripción del Instrumento/Equipo: Calibrador Dinámico de Gases
Marca: Thermo **Modelo:** 146i **No. Serie:** 1305756972

Fecha de calibración: 19 de Julio de 2023

Procedimiento utilizado: PT-LCTE-02 Diseminación de la Trazabilidad del Patrón Nacional para la Medición de Fracción de Cantidad de Ozono en Aire Ambiente.
 Protocol for the key comparison BIPM.QM-K1 Ozone at ambient level

Resultados:

Hoja 2 del Presente informe

Patrón utilizado: Patrón nacional de fracción de cantidad de ozono en aire ambiente
Marca: NIST **Modelo:** ---- **No. Serie:** 39

Condiciones ambientales: Ver informe 3082-1-2 hoja 2

- El presente informe, debidamente firmado, es válido para el instrumento/equipo calibrado en el estado y condiciones especificadas.
- Se indica la incertidumbre expandida con un factor K=2 y un nivel de confianza del 95,45 % de acuerdo con la Guía para la expresión de Incertidumbre en las mediciones NMX-CH-140-IMNC-2002.
- El período óptimo de calibración deberá ser determinado por el usuario con base en la frecuencia de uso y en los métodos para los que es utilizado.
- Queda prohibida la reproducción parcial del presente informe de calibración, sin autorización previa del INECC.

Realizó

 Ing. Oscar A. Fentanes Arriaga
 Subdirector de Monitoreo de la
 Calidad del Aire

Autorizó.

 Dr. Rubén Zamora Alvarado
 Director de Laboratorios del
 INECC

Recibi original
 Belisario Sánchez Alanís
 31/07/2023



Av. Progreso No. 3, Col. del Carmen, Alcaldía Cooyacacán C.P. 04010, Cd. de México. Tel. (55) 54246400 Ext 13304



LABORATORIO DE CALIBRACIONES Y TRANSFERENCIA DE ESTÁNDARES
Informe de Calibración

Instrumento Bajo Calibración

Marca
Thermo Scientific
Modelo
146i
No. Serie
1305756972

Patrón de Ozono

Patrón Nacional para la Medición de Fracción de Cantidad de Ozono en Aire Ambiente (SRP-39)

No. Informe
3082-1-2
Fecha de emisión
20 de julio de 2023
Fecha de calibración
19 de julio de 2023

Condiciones de operación para la calibración.

Encendido IBC: Lunes, 10 de julio de 2023

Estabilización: 9 días

Configuración: Manual

Comunicación: Ninguna

Tabla de resultados (nmol/mol)				
No.	% GEN	CR	CIBC	U
1	0	0.2	0.0	1.6
2	220	220.5	220.0	4.1
3	80	77.0	80.0	2.1
4	420	423.6	420.0	7.2
5	120	118.3	120.0	2.5
6	320	321.9	320.0	5.9
7	30	26.2	30.0	1.8
8	370	372.4	370.0	6.4
9	170	169.4	170.0	4.0
10	500	503.7	500.0	9.2
11	270	271.0	270.0	4.8

Resultados		U
m	0.9875	0.0022
b(nmol/mol)	2.462	0.2539
r	0.999972	

Nota 1: Para efectos de mantener la trazabilidad de la medición de Ozono, se deberán corregir las concentraciones generadas con el instrumento bajo calibración, utilizando m y b como se indica en la siguiente ecuación:

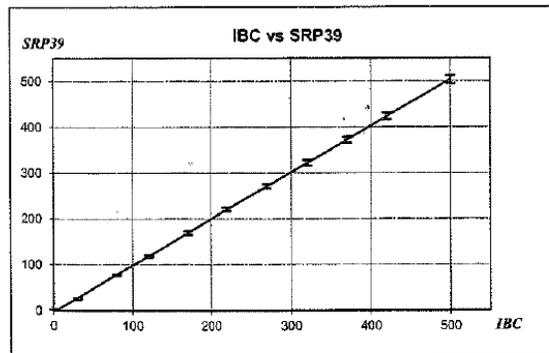
$$C_{IBC} = mCR + b$$

Nota 2: ppbv es equivalente a nmol/mol en el SI de unidades.

Nota 3: La incertidumbre expandida es aplicada a la CR.

Condiciones Ambientales	
Temperatura T (°C)	
20.43	± 1.9
Presión Atmosférica P (kPa)	
78.243	± 0.165

Nomenclatura.
IBC: Instrumento Bajo Calibración
GEN: Generación del IBC
CR: Concentración de Referencia
CIBC: Concentración del IBC
U: Incertidumbre expandida del IBC
UIM: Incertidumbre del instrumento de medición
ppbv: partes por billón en volumen
m: Pendiente resultante de la calibración
b: Intersección
r: Coeficiente
T: Temperatura ambiente
P: Presión atmosférica



Calibró

Ing. Daniel Ordoñez Carmona

Jefe de Departamento de Sistemas de Monitoreo Atmosférico

Supervisó

Ing. Oscar A. Fentanes Arriaga

Subdirector de Monitoreo de la Calidad del Aire



INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

Av. Progreso No. 3, Col. Del Carmen, Alcaldía Coyoacán C.P. 04010, Ciudad de México. Tel. (55) 54246400 Ext 13304

Informe de Verificación

No. Informe: 2907-1-1

Fecha de emisión: 16 de Febrero de 2023

Usuario: Secretaría del Medio Ambiente /Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica del Estado de México.

Dirección: Av. Urawa No. 100 Anexo A Col. Izcalli IPIEM C.P. 50150 Toluca Edo. México.

Descripción del Instrumento/Equipo: Calibrador Dinámico de Gases
Marca: TELEDYNE **Modelo:** T750 **No. Serie:** 295

Fecha de calibración: 15 de Febrero de 2023

Procedimiento utilizado: Procedimiento interno de verificación de controladores de flujo másico.

Resultados:

Hoja 2 del Presente informe.

Patrón utilizado: Medidor de flujo de bajo volumen. Trazabilidad Celda 107527 (RMM-141007) y Celda 107549 (RMM-14-1007)
Marca: DryCal **Modelo:** ML800 **No. Serie:** 108052

Condiciones ambientales: Ver informe 2907-1-1 hoja 2

- El presente informe, debidamente firmado, es válido para el instrumento/equipo calibrado en el estado y condiciones especificadas.
- Se indica la incertidumbre expandida con un factor K=2 y un nivel de confianza del 95,45 % de acuerdo con la Guía para estimar la incertidumbre de la medición del CENAM.
- El periodo óptimo de calibración deberá ser determinado por el usuario con base en la frecuencia de uso y en los métodos para los que es utilizado.
- Queda prohibida la reproducción parcial del presente informe de calibración, sin autorización previa del INECC.

Realizó

Ing. Oscar A. Fentanes Arriaga
 Subdirector de Monitoreo de
 Calidad del Aire

Autorizó

Dr. Rubén Zamora Alvarado
 Director de
 Laboratorios del INECC.

RECIBI ORIGINAL
 FEEDY COMPLETA BELTRON C

 21/MARZO/23
 F-PTA-06-10



Av. Progreso No 3 Col. Del Carmen, Alcaldía Coyoacán C.P. 04010 Ciudad de México, Tel. (55)54246400 Ext. 13311



LABORATORIO DE CALIBRACIONES Y TRANSFERENCIA DE ESTÁNDARES

Informe de Verificación

Estándares de Transferencia de Flujo de Bajo Volumen

Equipo Huésped

Marca
TELEDYNE
Modelo
T750
No. Serie
295

Patron de flujo

Marca	Modelo
DRYCAL	ML-800
No. Serie	Trazabilidad Aire
107527	RMM-141007
No. Serie	Trazabilidad Gas
107549	RMM-141007

No. Informe

2907-1-1
Fecha de emisión
16 de febrero de 2023
Fecha de calibración
15 de febrero de 2023

No.	QREF	QIBC	U(Q)	% Dif
1	2.286	2.294	0.039	-0.36
2	4.502	4.524	0.157	-0.48
3	6.726	6.750	0.234	-0.36
4	8.935	8.954	0.106	-0.21
5	11.149	11.167	0.096	-0.16
6	13.315	13.320	0.157	-0.04
7	15.475	15.477	0.182	-0.01
8	17.652	17.635	0.208	0.10
9	19.804	19.786	0.233	0.09
10	21.881	21.879	0.260	0.01

$$Y_{std} = mQ_{std} + b$$

C. F.M	Gas	Aire
Marca	HASTINGS	HASTINGS
Modelo	HFC212	HFC212
Serie	649121019	718732002

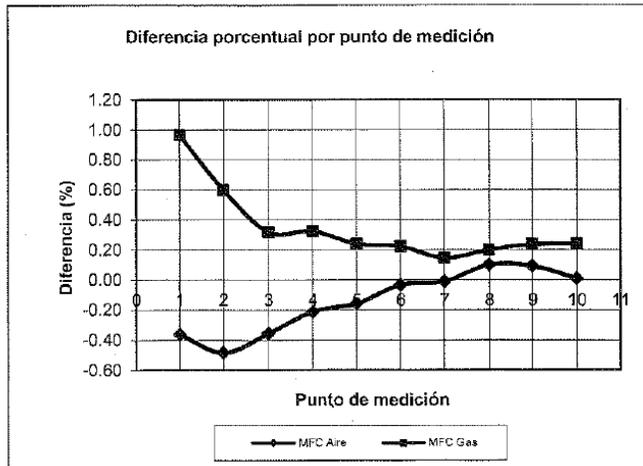
MCF Aire

m	b	r	Condiciones ambientales		
0.998	0.028	0.9999989	Tamb (°C)	22.278 ±	0.6

MCF Gas

m	b	r	Patm (kPa)	77.953 ±	0.050
0.999	-0.083	0.9999999			

No.	QREF	QIBC	U(Q)	% Dif
1	12.319	12.200	0.071	0.97
2	23.239	23.100	0.120	0.60
3	34.008	33.900	0.170	0.32
4	44.645	44.500	0.223	0.32
5	55.233	55.100	0.276	0.24
6	65.746	65.600	0.328	0.22
7	76.210	76.100	0.391	0.14
8	86.772	86.600	0.434	0.20
9	97.230	97.000	0.485	0.24
10	107.860	107.600	0.539	0.24



Nomenclatura y unidades.

QIBC: Flujo del instrumento bajo calibración (slpm, sccm)

QREF: Flujo del patrón de trabajo, slpm o sccm

U(Q): Desviación estándar expresada como Incertidumbre, slpm o sccm

m: Pendiente, slpm o sccm

b: Intersección

r: Coeficiente de correlación

C.F.M Controlador de Flujo Másico

Realizó

Daniel Ordoñez Carmona
Jefe de Departamento de Sistemas de Monitoreo Atmosférico

Revisó

Oscar A. Ferranes Arriaga
Subdirector de Monitoreo de Calidad del Aire



INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

Av. Progreso No. 3, Col. Del Carmen, Alcaldía Coyoacán C.P. 04010, Ciudad de México. Tel. (55) 54246400 Ext 13304

Informe de Diseminación del Patrón de Ozono

No. Informe:

Fecha de emisión:

Usuario: Secretaria del Medio Ambiente /Dirección General de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica del Estado de México.

Dirección: Av. Urawa No. 100 Anexo A Col. Izcalli IPIEM C.P. 50150 Toluca Edo. México.

Descripción del Instrumento/Equipo: Calibrador Dinámico de Gases

Marca: TELEDYNE Modelo: T750 No. Serie: 295

Fecha de calibración: 20 de Febrero de 2023

Procedimiento utilizado: PT-LCTE-02 Diseminación de la Trazabilidad del Patrón Nacional para la Medición de Fracción de Cantidad de Ozono en Aire Ambiente. Protocol for the key comparison BIPM.QM-K1 Ozone at ambient level

Resultados:

Hoja 2 del Presente informe

Patrón utilizado: Patrón nacional de fracción de cantidad de ozono en aire ambiente

Marca: NIST Modelo: --- No. Serie: 39

Condiciones ambientales: Ver informe 2907-1-2 hoja 2

- El presente informe, debidamente firmado, es válido para el instrumento/equipo calibrado en el estado y condiciones especificadas.
- Se indica la incertidumbre expandida con un factor K=2 y un nivel de confianza del 95,45 % de acuerdo con la Guía para la expresión de Incertidumbre en las mediciones NMX-CH-140-IMNC-2002.
- El periodo óptimo de calibración deberá ser determinado por el usuario con base en la frecuencia de uso y en los métodos para los que es utilizado.
- Queda prohibida la reproducción parcial del presente informe de calibración, sin autorización previa del INECC.

Realizó

Ing. Oscar A. Fentanes Arriaga
Subdirector de Monitoreo de Calidad del Aire

Autorizó.

Dr. Rubén Zamora Alvarado
Director de Laboratorios del INECC

RECIBI ORIGINAL
FREDDY GONZALEZ REYES

01/MARZO/23
F-PTA-06-10



Av. Progreso No. 3, Col. del Carmen, Alcaldía Coyoacán C.P. 04010, Cd. de México. Tel. (55) 54246400 Ext 13304



LABORATORIO DE CALIBRACIONES Y TRANSFERENCIA DE ESTÁNDARES
Informe de Calibración

Instrumento Bajo Calibración

Marca
Teledyne
Modelo
T750
No. Serie
295

Patrón de Ozono

Patrón Nacional para la Medición de Fracción de Cantidad de Ozono en Aire Ambiente (SRP-39)

No. Informe
2907-1-2
Fecha de emisión
21 de febrero de 2023
Fecha de calibración
20 de febrero de 2023

Condiciones de operación para la calibración.

Encendido IBC: jueves, 16 de febrero de 2023

Estabilización: 1 día

Configuración: Manual

Comunicación: Ninguna

Tabla de resultados (nmol/mol)				
No.	GEN	CR	C _{IBC}	U
1	0	0.0	0.0	1.6
2	220	219.7	220.0	4.1
3	80	79.6	80.0	2.1
4	420	418.5	420.0	7.1
5	120	119.5	120.0	2.5
6	320	319.4	320.0	5.6
7	30	29.4	30.0	1.8
8	370	369.0	370.0	6.3
9	170	169.5	170.0	3.4
10	500	497.5	500.0	8.6
11	270	269.3	270.0	4.7

Resultados		U
m	1.0041	0.0013
b(nmol/mol)	-0.083	0.3416
r	0.999995	

Nota 1: Para efectos de mantener la trazabilidad de la medición de Ozono, se deberán corregir las concentraciones generadas con el instrumento bajo calibración, utilizando m y b como se indica en la siguiente ecuación:

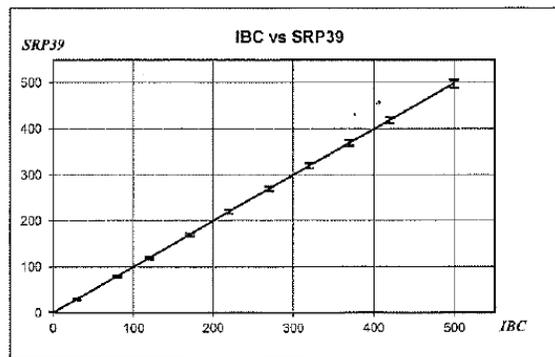
$$C_{IBC} = mCR + b$$

Nota 2: ppbv es equivalente a nmol/mol en el SI de unidades.

Nota 3: La Incertidumbre expandida es aplicada a la CR.

Condiciones Ambientales	
Temperatura T (°C)	
21.78	± 1.15
Presión Atmosférica P (kPa)	
77.959	± 0.269

Nomenclatura.
IBC: Instrumento Bajo Calibración
GEN: Generación del IBC
CR: Concentración de Referencia
C_{IBC}: Concentración del IBC
U: Incertidumbre expandida del IBC
UIM: Incertidumbre del instrumento de medición
ppbv: partes por billón en volumen
m: Pendiente resultante de la calibración
b: Intersección
r: Coeficiente
T: Temperatura ambiente
P: Presión atmosférica



Calibró

Ing. Daniel Ordoñez Camona
Jefe de Departamento de Sistemas de Monitoreo Atmosférico

Supervisó

Ing. Oscar A. Fentanes Arriaga
Subdirector de Monitoreo de Calidad del Aire