

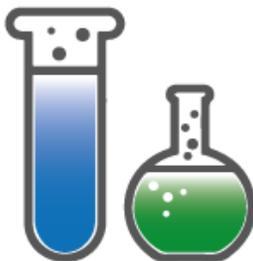


Superintendencia del Medio Ambiente  
Gobierno de Chile

**ENSAYO DE APTITUD**  
**EA-SMA-03-14**

Química para Calidad del Aire (QCA)  
 $\text{SO}_2$

Departamento de Normalización y Acreditación  
División de Fiscalización  
Superintendencia del Medio Ambiente





Superintendencia del Medio Ambiente  
Gobierno de Chile

## ENSAYO DE APTITUD EA-SMA-03-14

QUÍMICA PARA CALIDAD DEL AIRE (QCA)  
SO<sub>2</sub>

INFORME FINAL N° EA-SMA-03-14

Departamento de Normalización y Acreditación  
División de Fiscalización  
Superintendencia del Medio Ambiente

09 de marzo de 2015

	Nombre	Cargo	Firma	Fecha
Aprobado	Mónica Vergara G.	Jefe Departamento Normalización y Acreditación, División de Fiscalización		09/03/15
Revisado	Rodrigo Carrasco C.	Encargado de Calidad del Departamento Normalización y Acreditación, División de Fiscalización		06/03/15
Elaborado	Camilo Montes M.	Coordinador Ensayos de Aptitud, Departamento Normalización y Acreditación, División de Fiscalización		05/03/15

## Tabla de Contenidos

<b>Tema</b>	<b>Página</b>
<b>LABORATORIOS PARTICIPANTES</b>	<b>5</b>
<b>DECLARACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD</b>	<b>6</b>
<b>1 DEFINICIONES</b>	<b>7</b>
<b>2 INTRODUCCIÓN</b>	<b>8</b>
<b>3 OBJETIVOS</b>	<b>9</b>
<b>4 ACTIVIDADES SUBCONTRATADAS</b>	<b>9</b>
<b>5 INTEGRANTES DEL COMITÉ DE REVISIÓN</b>	<b>9</b>
<b>6 ACTIVIDADES DEL ENSAYO DE APTITUD INTERLABORATORIOS</b>	<b>10</b>
<b>7 PREPARACIÓN DE LOS ITEMS DE ENSAYO (LAS MUESTRAS)</b>	<b>11</b>
<b>8 HOMOGENEIDAD Y ESTABILIDAD</b>	<b>11</b>
<b>9 INSTRUMENTOS Y GASES DE REFERENCIA UTILIZADOS</b>	<b>12</b>
<b>10 INFORMACIÓN REPORTADA</b>	<b>12</b>
<b>11 MÉTODOS ANALÍTICOS INFORMADOS</b>	<b>13</b>
<b>12 PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS</b>	<b>13</b>
<b>12.1 REVISIÓN INICIAL</b>	<b>13</b>
<b>12.2 DETERMINACIÓN DEL VALOR ESPERADO</b>	<b>13</b>
<b>12.3 CÁLCULO DE LA DIFERENCIA ESPERADA</b>	<b>13</b>
<b>12.4 CÁLCULO DE LA COTA Z</b>	<b>14</b>
<b>12.5 DETERMINACIÓN DEL DESEMPEÑO.</b>	<b>14</b>
<b>12.6 USO DE DECIMALES.</b>	<b>15</b>
<b>13 REPORTE DE RESULTADOS</b>	<b>15</b>
<b>14 CONCLUSIONES</b>	<b>18</b>

<b><u>15</u></b>	<b><u>COMENTARIOS Y RECOMENDACIONES.</u></b>	<b><u>19</u></b>
<b><u>16</u></b>	<b><u>REFERENCIAS</u></b>	<b><u>20</u></b>
<b><u>17</u></b>	<b><u>ANEXO 1 – EVALUACIÓN DE CONCENTRACIONES GENERADAS POR RED MACAM</u></b>	<b><u>21</u></b>
<b><u>18</u></b>	<b><u>ANEXO 2 – ACTIVIDADES DE VERIFICACIÓN / CALIBRACIÓN</u></b>	<b><u>21</u></b>
<b><u>19</u></b>	<b><u>ANEXO 3 – ERRORES ABSOLUTOS Y RELATIVOS</u></b>	<b><u>22</u></b>

## LABORATORIOS PARTICIPANTES

- Asesorías Algoritmos Ltda.
- CESMEC Ltda.
- SGS Chile Ltda.

## **DECLARACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD**

La información de la identidad de los participantes en los Programas de Ensayos de Aptitud referida a sus resultados, así como toda la información proporcionada por los mismos, es tratada como confidencial, según lo establecido en el documento DNA-REG-010 “Confidencialidad de Ensayos de Aptitud”, del Departamento de Normalización y Acreditación de la División de Fiscalización de la Superintendencia del Medio Ambiente.

Para ello, a los participantes se les asignó un número confidencial, el cual fue utilizado para el envío de los resultados y en la elaboración del informe de desempeño de los participantes. La codificación de cada participante asegura su confidencialidad, según se menciona en el documento indicado anteriormente.

## 1 DEFINICIONES

- **Valor Esperado (VE):** Valor atribuido a una propiedad particular de un ítem de Ensayo de Aptitud.
- **Diferencia Esperada (DE):** Diferencia máxima aceptable del valor del resultado analítico de un laboratorio con respecto al Valor Esperado.
- **Coefficiente de Variación (CV):** Valor (en %) correspondiente a la variación máxima aceptable del resultado analítico.
- **Valores Atípicos:** Miembro de un conjunto de datos que es inconsistente con los otros miembros de dicho conjunto.
- **Laboratorio de Referencia:** laboratorio utilizado para validar las muestras sometidas a Ensayos de Aptitud.
- **Cero:** Punto de calibración para analizadores de gases, en el cual se observa la respuesta del analizador a una muestra de aire puro, libre de contaminantes gaseosos. A esta muestra de aire limpio o puro se le llama “Aire Cero” o “Gas Cero”.
- **Span:** Punto de calibración para analizadores de gases, en el cual se observa la respuesta del analizador a una concentración entre el 80% y 90% de su rango de medición.
- **Calibración:** La comparación de un patrón de medición, instrumento o elemento con una norma o instrumento de una mayor precisión para detectar y cuantificar las inexactitudes e informar o eliminar esas imprecisiones por ajuste.

## 2 INTRODUCCIÓN

La Superintendencia de Medio Ambiente (SMA) es la entidad responsable de organizar, ejecutar y coordinar el seguimiento y fiscalización de las Resoluciones de Calificación Ambiental (RCA), de las medidas de los Planes de Prevención y/o de Descontaminación Ambiental, del contenido de las Normas de Calidad Ambiental y Normas de Emisión, de los Planes de Manejo, y de todos aquellos otros instrumentos de carácter ambiental que establezca la Ley 20.417.

La SMA a través de su Departamento de Normalización y Acreditación (DNA) administra el Reglamento de organismos que serán autorizados como Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental (ETFA) por la misma SMA. Estas Entidades, según establece la Ley Orgánica de la SMA, podrán realizar actividades tales como inspección, verificación, medición y/o análisis, incluido el muestreo, según la experticia de la misma. Por ello, el DNA diseña, organiza y ejecuta Ensayos de Aptitud en distintos ámbitos, para demostrar la competencia técnica de dichos organismos.

Los Ensayos de Aptitud forman parte importante en el Aseguramiento de la Calidad de las ETFAs, cuyo objetivo principal es determinar, a través de intercomparaciones, la capacidad de cada una de ellas, de producir resultados analíticos de calidad.

El Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) implementado para el desarrollo de los Programas de Ensayos de Aptitud por el DNA, con la asesoría técnica de expertos del Ministerio de Desarrollo Sustentable de Canadá -Centre d'Expertise en Analyse Environmental-, está basado en la norma ISO/IEC 17043:2010.

La Superintendencia del Medio Ambiente, a través de su Departamento de Normalización y Acreditación, de la División de Fiscalización (DNA/DFZ), ha desarrollado el presente Ensayo de Aptitud Piloto (EA-SMA-03-14) para Calidad del Aire, dirigido a laboratorios de medición de contaminantes atmosféricos. La realización de los Ensayos de Aptitud ha sido establecida de manera regular y sistemática, a fin contar con un monitoreo del desempeño de los distintos laboratorios a lo largo del tiempo.

Los participantes de este Ensayo de Aptitud Piloto fueron convocados por la SMA de forma voluntaria, en atención a que corresponden a los principales laboratorio que operan las redes de monitoreo de calidad del aire a nivel nacional.

Este primer Ensayo de Aptitud consideró al parámetro SO<sub>2</sub> como contaminante a evaluar debido a que se encuentra dentro de los principales contaminantes primarios regulados por la normativa nacional y representa un riesgo para la salud de la población, debido a las fuentes de emisión que lo generan.

### **3 OBJETIVOS**

Verificar el desempeño de laboratorios que realizan mediciones de concentraciones ambientales de contaminantes atmosféricos y que podrán ser autorizadas por la SMA, en el marco del D.S. N° 38/2013 del MMA “Reglamento de las Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental” que establece la Ley Orgánica de la SMA.

### **4 ACTIVIDADES SUBCONTRATADAS**

En el presente Ensayo de Aptitud no fueron utilizadas actividades subcontratadas.

No obstante, por medio de un acuerdo de colaboración establecido entre el Departamento de Calidad de Aire del Ministerio del Medio Ambiente y la SMA, el gas de referencia utilizado en el ejercicio, así como las instalaciones e instrumentación necesaria para la generación de las concentraciones de gas y el caudal a los participantes, fue provista por el Departamento de Redes de Calidad del Aire – Sección Red MACAM, laboratorio también designado como de referencia para este ejercicio de intercomparación, ya que está acreditado bajo la norma internacional ISO/IEC 17025 :2005 por el Centre d’Expertise en Analyse Environmental du Quebec. Dentro de su alcance de acreditación se encuentra el parámetro SO<sub>2</sub>, evaluado en esta oportunidad.

### **5 INTEGRANTES DEL COMITÉ DE REVISIÓN**

Por parte de la Superintendencia del Medio Ambiente, el Comité de Revisión fue constituido por profesionales que ocupan los siguientes cargos:

- Jefe de la División de Fiscalización de la SMA.
- Jefe del Departamento de Normalización y Acreditación, División de Fiscalización de la SMA
- Coordinador de Ensayos de Aptitud del Departamento de Normalización y Acreditación, División de Fiscalización de la SMA.
- Encargado de Calidad del Departamento de Normalización y Acreditación, División de Fiscalización de la SMA.
- Profesionales de la Unidad Técnica de la División de Fiscalización de la SMA

Por parte del Ministerio del Medio Ambiente, el Comité de Revisión fue constituido por profesionales que ocupan los siguientes cargos:

- Encargado de Operaciones y Logística del Departamento de Redes de Monitoreo, División de Calidad de Aire del MMA.
- Encargado de Área de Instrumentación del Departamento de Redes de Monitoreo, División de Calidad de Aire del MMA.

## 6 ACTIVIDADES DEL ENSAYO DE APTITUD INTERLABORATORIOS

El presente Ensayo de Aptitud se ejecutó durante los días 7 y 8 de enero de 2015, y contó con la participación de 3 laboratorios de mediciones (Ver página 5 “Laboratorios Participantes”), los cuales tuvieron dos días para la ejecución de los ensayos y el reporte de los resultados a la SMA, de acuerdo al siguiente cronograma:

- Día 1 (7-01-2015)

09:00 - 09:30 : Recepción de los participantes.

09:30 - 10:00 : Reunión inicial

10:00 - 13:00 : Instalación y comprobación del estado de los analizadores de SO<sub>2</sub>, por parte de los participantes (verificación, calibración y/o diagnósticos y mantenimientos pertinentes).

13:00 - 14:00 : Almuerzo.

14:00 - 16:00 : Continuación de la instalación y comprobación.

16:00 : Inicio de la intercomparación.

- Día 2 (8-01-2015)

09:00 - 12:00 : Descarga de datos, comprobación del estado de los analizadores de SO<sub>2</sub> (si procede) y desmontaje de los equipos.

12:00 - 12:30 : Entrega de resultados (formato digital “Reporte de Resultados” – DNA-REG-008).

12:30 - 13:00 : Reunión final.

La actividad fue desarrollada según lo establecido en el “Protocolo para los Ejercicios Intercomparación de gases in situ - DNA-PRO-017”, documento previamente enviado a los participantes.

Para ello, cada participante proporcionó todos los equipos y materiales que consideró necesarios (analyzer de SO<sub>2</sub>, gas de referencia, aire cero, sistema de adquisición de datos, otros) para la correcta instalación y comprobación “in situ” del estado de funcionamiento de su analyzer (verificación y/o calibración), la realización de las mediciones y la adquisición de los datos generados.

Durante el ejercicio de intercomparación los participantes procedieron a realizar las mediciones de la misma forma que éstas son llevadas a cabo de manera rutinaria en sus instalaciones, utilizando para ello, analizadores que cumplen con los métodos de medición indicados en la normativa<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> D.S. N° 113, del 6 de agosto de 2002, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República – Establece norma primaria de calidad de aire para dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>).

## 7 PREPARACIÓN DE LOS ITEMS DE ENSAYO (LAS MUESTRAS)

Las concentraciones de SO<sub>2</sub> utilizadas en este Ensayo de Aptitud, fueron preparadas por el Departamento de Redes de Calidad del Aire – Sección Red MACAM<sup>2</sup>. Estas fueron generados mediante un sistema generador de aire cero y un sistema de dilución con controladores de caudal másico, asegurando el caudal para cada participante y la distribución homogénea del gas a través de la línea.

Las concentraciones evaluadas en este ejercicio de intercomparación fueron generadas de acuerdo al siguiente rango de concentración: 0 – 500 (ppbv). El rango de las concentraciones utilizadas consideró los valores establecidos en la norma de calidad del aire para SO<sub>2</sub> (D.S. N° 113/2002 del MINSEGPRES).

Para la generación de las concentraciones se utilizó un Gas Protocolo EPA, cuyas características se indican en el punto 9 Instrumentos y gases de referencia utilizados.

## 8 HOMOGENEIDAD Y ESTABILIDAD

Las concentraciones fueron generadas por la Red MACAM, mediante un sistema generador de aire cero y un sistema de dilución con controladores de caudal másico, con capacidad suficiente para garantizar el caudal necesario para cada participante y la distribución homogénea del gas a través de la línea. Esta homogeneidad fue medida por la Red MACAM durante el ejercicio de intercomparación utilizando analizadores de SO<sub>2</sub> instalados al comienzo y final de la línea. Entre ambos analizadores (uno instalado al comienzo y otro al final de la línea), se instalaron los equipos de los participantes (Ver ANEXO 1 – EVALUACIÓN DE CONCENTRACIONES GENERADAS POR RED MACAM).

Los resultados de dicha medición se presentan a continuación<sup>3</sup>:

**Tabla 8-1.** Resultados de la homogeneidad de la línea de gas durante la intercomparación. Datos generados por la Red MACAM.

	Unidad	Zero	#1	#2	#3	#4
SO <sub>2</sub> (A)	ppbv	0,13	49,30	126,03	212,90	339,05
SO <sub>2</sub> (B)	ppbv	-0,12	48,64	123,26	208,83	332,63
PROMEDIO	ppbv	0,00	48,97	124,65	210,87	335,84
DIFERENCIA	ppbv	0,25	0,66	2,78	4,07	6,42
DESV EST	ppbv	0,18	0,46	1,96	2,88	4,54
COEF. VARIACIÓN			0,01	0,02	0,01	0,01
% VARIACIÓN			1%	2%	2%	2%

(A) Comienzo de línea de gas.

(B) Final de la línea de gas.

<sup>2</sup> Laboratorio acreditado por el Centre d'expertise en analyse Environnementale bajo la norma internacional ISO/IEC 17025:2005. Fuente : <http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/accreditation/PALA/lla06.htm>

<sup>3</sup> La evaluación estadística de las concentraciones generadas por la Red MACAM para ambos puntos está incluida en el ANEXO 1 – EVALUACIÓN DE CONCENTRACIONES GENERADAS POR RED MACAM.

La estabilidad del Gas de referencia utilizado para la generación de las concentraciones se asegura por su uso previo a la fecha de expiración del cilindro (ver Tabla 9-2. Gases de referencia utilizados por los laboratorios.).

## 9 INSTRUMENTOS Y GASES DE REFERENCIA UTILIZADOS

Los analizadores y gases de referencia utilizados durante el desarrollo del ejercicio de intercomparación (información proporcionada por los participantes<sup>4</sup>) fueron los siguientes:

**Tabla 9-1.** Analizadores utilizados.

ANALIZADOR						
Código Laboratorio	Marca	Modelo	N° Serie	Rango de trabajo (ppbv)	Código designación	Método de medición
3031	Teledyne	T100	311	0 - 500	EQSA-0495-0100	Fluorescencia UV
4677	Thermo Scientific	43 i	902734265	0 - 500	EQSA-0486-060	Fluorescencia UV
6041	Teledyne	T100	1009	0 - 500	EQSA-0495-100	Fluorescencia UV
Red MACAM (A)	Thermo Scientific	43i	29330	0 - 500	EQSA-0486-060	Fluorescencia UV
Red MACAM (B)	Thermo Scientific	43i	29597	0 - 500	EQSA-0486-060	Fluorescencia UV

En la Tabla 9-2 se presentan los gases de referencia empleados por cada uno de los laboratorios participantes en el ensayo, así como por Red MACAM.

**Tabla 9-2.** Gases de referencia utilizados por los laboratorios.

GAS DE REFERENCIA					
Código Laboratorio	Fabricante	Concentración (ppmv)	Incertidumbre	Fecha expiración	Protocolo EPA
3031	Airgas	50,25	±1%	09-12-2021	No informado
4677	Airgas	55,09	±1%	04-04-2022	Sí
6041	Airgas	67,39	±1% NIST	07-02-2022	No informado
Red MACAM <sup>5</sup>	Airgas	50,00	± 1.1% NIST	24-06-2017	Sí

Todos los participantes utilizaron Generador de Aire Cero.

## 10 INFORMACIÓN REPORTADA

Los resultados solicitados a los participantes en este Ensayo de Aptitud, fueron reportados en ppbv y correspondió al promedio horario de las concentraciones medidas. Asimismo, se solicitó a los laboratorios que indicaran los datos del analizador, las especificaciones de los gases utilizados por cada uno y las actividades de verificación/calibración desarrolladas, si corresponde, con el propósito de conocer los controles de calidad aplicados por los participantes en sus mediciones (Ver ANEXO 2 – ACTIVIDADES DE VERIFICACIÓN / CALIBRACIÓN).

<sup>4</sup> Los datos de las tablas fueron incluidos tal cual lo informó el laboratorio participante en el documento DNA-REG-008.

<sup>5</sup> N° de Referencia certificado: 82-124438205-1

## 11 MÉTODOS ANALÍTICOS INFORMADOS

El principio de medición de los analizadores utilizados por los participantes fue Fluorescencia Ultravioleta, mediante analizadores automáticos de SO<sub>2</sub> incluidos en la lista de Métodos Equivalentes de la EPA<sup>6</sup>.

La Red MACAM utilizó instrumentos incluidos dentro de los Métodos Equivalentes de la EPA, que trabajan bajo el principio de Fluorescencia Ultravioleta.

## 12 PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

Los resultados del Ensayo de Aptitud EA-SMA-03-14 se evaluaron a partir del siguiente procedimiento:

1. Revisión inicial.
2. Determinación del Valor Esperado.
3. Cálculo de la Diferencia Esperada.
4. Cálculo de la Cota Z.
5. Determinación del puntaje por parámetro.
6. Evaluación del desempeño.

### 12.1 Revisión inicial

Se evaluaron los resultados a fin de verificar la no existencia de datos mal registrados o errores crasos.

### 12.2 Determinación del Valor Esperado

El Valor Esperado para cada concentración se determinó a partir del valor de preparación de las concentraciones de la mezcla de gases. El Valor Esperado se calculó a partir del promedio de las concentraciones medidas del valor de preparación.

La validación de los valores de preparación se realizó mediante la medición de las concentraciones al comienzo y final de la línea, por parte de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire – Red MACAM, laboratorio designado como de referencia debido a que se encuentra acreditado bajo la norma internacional ISO/IEC17025:2005.

### 12.3 Cálculo de la Diferencia Esperada

La determinación de la “Diferencia Esperada” se obtuvo a partir de la siguiente fórmula:

$$DE = VE \times CV$$

Ecuación 12-1. Diferencia Esperada.

---

<sup>6</sup> Actualizado al 18 de diciembre de 2014 (Fuente: <http://www.epa.gov/ttn/amtic/files/ambient/criteria/reference-equivalent-methods-list.pdf>)

Donde,

DE = Diferencia Esperada

VE = Valor Esperado

CV = Coeficiente de Variación

Para efectos de este ejercicio de intercomparación, el Coeficiente de Variación corresponde a un valor preestablecido de 10%, determinado a partir de la exactitud máxima permitida para los analizadores de gases.

#### 12.4 Cálculo de la Cota Z

La Cota Z se calculó mediante la Ecuación 12-2:

$$CotaZ = \frac{X - VE}{DE}$$

Ecuación 12-2. Cálculo de la Cota Z.

Donde :

X : Resultado del Laboratorio;  
VE : Valor Esperado;  
DE : Diferencia Esperada.

#### 12.5 Determinación del Desempeño.

El puntaje obtenido por cada laboratorio, para cada muestra por parámetro, se evaluó a partir de la Cota Z obtenida para cada muestra, considerando la siguiente tabla:

Tabla 12-1. Puntaje Ensayo Aptitud.

Cota z	Desempeño
$ Z  \leq 1$	Satisfactorio
$ Z  > 1$	Insatisfactorio

Un participante debe conseguir un valor de **Cota Z**  $\leq 1$  en todos los niveles de concentración evaluados (Muestras #1 a #4) para obtener un desempeño satisfactorio.

En el caso de que un laboratorio participante no haya informado sus resultados, sin entregar una adecuada justificación, obtiene una nota insatisfactoria para aquellas concentraciones no informadas.

El detalle de los “Valores Esperados”, así como de los resultados analíticos de cada laboratorio, se presentan en el punto 13. Los errores relativos y absolutos para cada laboratorio y muestra, son presentados en ANEXO 3.

El Error Absoluto se calculó a partir de la diferencia entre el valor medido por el laboratorio y el Valor Esperado (VE). El Error Relativo se calculó como el cociente entre el Error Absoluto y el Valor Esperado (VE). Ambos se muestran en el ANEXO 3 – ERRORES ABSOLUTOS Y RELATIVOS.

### 12.6 Uso de decimales.

El número de decimales asignado al “Valor Esperado” procedente del cálculo estadístico, se establece por el redondeo de la desviación estándar dividida por 10. La “Diferencia Esperada” se informa con el número de decimales correspondiente a las cifras significativas del “Valor Esperado” con respecto a los CV, tal como se ilustra en la Tabla 12-2. **Ejemplo de determinación de números decimales.**

**Tabla 12-2.** Ejemplo de determinación de números decimales.

Distribución de los resultados		Resultados transmitidos		
Mediana Proporcional	Desviación estándar/10	Valor Esperado	CV	Diferencia Esperada
6,58	0,1	6,6	10 %	0,66
5,415	0,04	5,42	10 %	0,542

El resultado obtenido para la Cota Z se redondea a un solo decimal, para simplificar la presentación y proporciona una información sobre la situación de un laboratorio con referencia al Valor Esperado.

## 13 REPORTE DE RESULTADOS

La siguiente tabla presenta el Coeficiente de Variación (CV), el Valor Esperado (VE) y la Diferencia Esperada (DE) para cada número de muestra, respecto a la cual se determinará el desempeño de los laboratorios:

**Tabla 13-1.** Valor Esperado y Diferencia Esperada

	Unidades	Muestras			
		#1	#2	#3	#4
CV	%	10,0	10,0	10,0	10,0
VE	ppbv	49,0	124,7	210,9	335,8
DE	ppbv	4,89	12,4650	21,0870	33,5840

La siguiente tabla presenta los resultados reportados por los participantes y el valor de cota Z obtenido para cada muestra.

**Tabla 13-2.** Resultados analíticos laboratorios participantes.

Código Laboratorio	RESULTADOS INFORMADOS (ppbv)*				COTA Z				DESEMPEÑO**				EVALUACIÓN
	#1	#2	#3	#4	#1	#2	#3	#4	#1	#2	#3	#4	
3031	50,26	125,48	212,36	341,86	0,3	0,1	0,1	0,2	S	S	S	S	S
4677	51,03	127,57	216,55	324,35	0,4	0,2	0,3	-0,3	S	S	S	S	S
6041	56,00	141,14	239,00	360,46	1,4	1,3	1,3	0,7	I	I	I	S	I

<b>CVR (%)</b>	10,00	10,00	10,00	10,00
<b>VE (ppbv)</b>	49,0	124,7	210,9	335,8
<b>DE (ppbv)</b>	4,897	12,4650	21,0870	33,5840

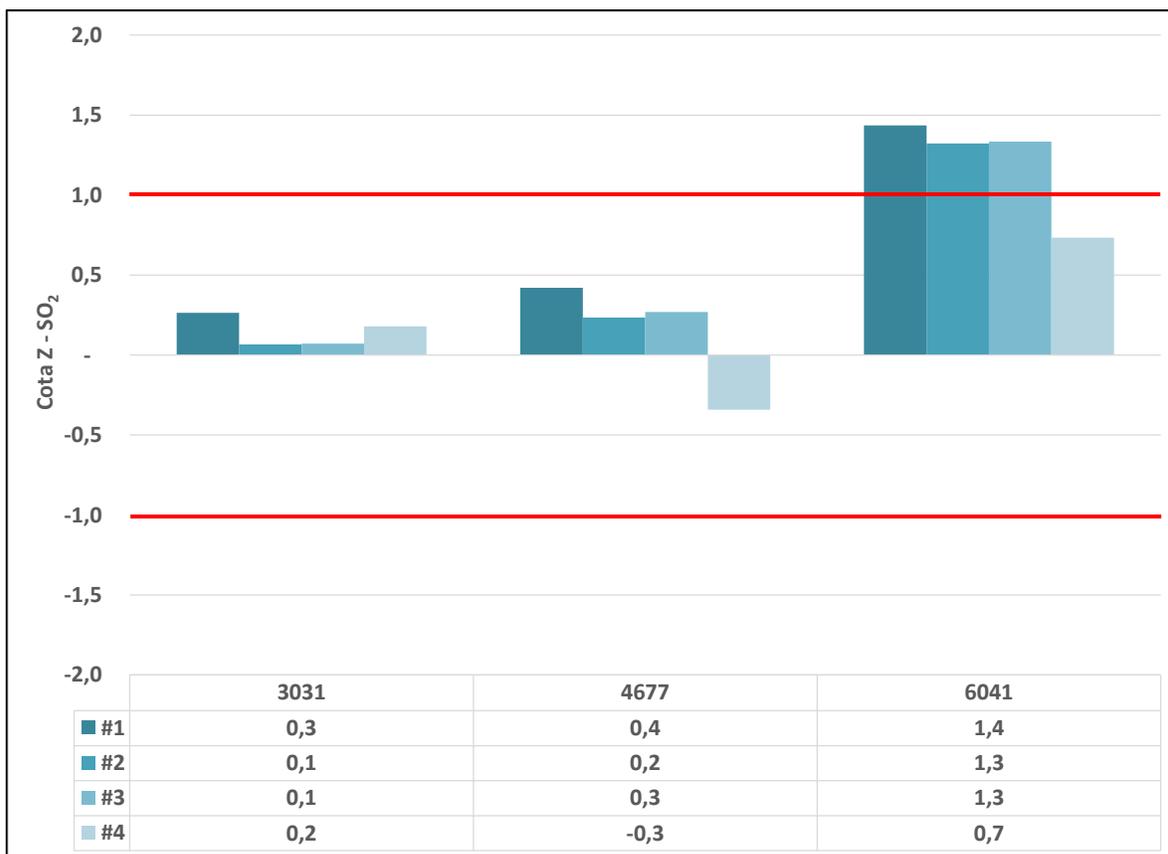
\* Expresados como promedio horario.

\*\* S = Satisfactorio

I = Insatisfactorio

En el gráfico siguiente se aprecia de izquierda a derecha el valor de la Cota Z calculada para cada muestra, respecto del Valor Esperado para cada una de ellas: #1 (49,0 ppbv); #2 (124,7 ppbv); #3 (210,9 ppbv); #4 (335,8 ppbv), por cada laboratorio participante. En él se identifica el valor límite de la Cota Z que determina si un resultado es Satisfactorio o Insatisfactorio.

**Gráfico 13-1. Cota Z**



Finalmente, a partir de los resultados previos, el desempeño de los participantes fue el siguiente:

**Tabla 13-3. Desempeño EA-SMA-03-14**

CÓDIGO LABORATORIO	EVALUACIÓN*
3031	S
4677	S
6041	I

\* S = Satisfactorio  
I = Insatisfactorio

## 14 CONCLUSIONES

Los laboratorios participaron exitosamente en el Ejercicio Piloto de Intercomparación de Calidad del Aire realizado en Chile. Todos los participantes utilizaron analizadores incluidos dentro de la lista de Métodos de Referencia y Equivalentes de la EPA y realizaron actividades de verificación y calibración de sus analizadores previo al desarrollo del ejercicio.

En este ejercicio piloto cada laboratorio empleo sus propias metodologías, dos de ellos (6041 y 4677) realizaron calibraciones multipunto previo a la ejecución de la intercomparación; el laboratorio 6041 realizó una calibración multipunto del analizador el día anterior al ejercicio. El laboratorio 3031 realizó dos calibraciones, únicamente Cero y Span, dos días previo a la ejecución de la intercomparación y una calibración del mismo tipo el día anterior. Todas las calibraciones consideraron puntos entre el Cero y el Span.

En cuanto a las actividades de verificación, el laboratorio 6041 realizó tres actividades de verificación de Cero y Span (dos el día de la intercomparación y uno el día siguiente, posterior a la finalización del ejercicio). El laboratorio 3031 realizó 4 actividades de verificación, dos de ellas realizadas dos días antes del ejercicio, una el día previo y otra el mismo día del inicio del ejercicio (tres de ellas fueron multipunto). Finalmente el laboratorio 4677 realizó 2 actividades de verificación: una el mismo día del ejercicio (multipunto) y la otra al término del ejercicio (Cero y Span).

De los tres (3) laboratorios participantes, solamente uno (1) obtuvo una nota insatisfactoria debido a que de las 4 concentraciones medidas, solo una de ellas obtuvo un valor de Cota Z menor o igual a 1 ( $|Z| \leq 1$ ), estando las otras tres mediciones por sobre dicho valor (Ver Anexo 2)

## **15 COMENTARIOS Y RECOMENDACIONES.**

La evaluación realizada se orientó al desempeño de las empresas que operan y mantienen estaciones de monitoreo de calidad del aire en Chile. Si bien no se evaluó el desempeño de los laboratorios directamente en las estaciones de monitoreo de calidad del aire, este ejercicio representa un primer acercamiento al desempeño de los laboratorios en dicha área.

En Chile, a la fecha, las actividades asociadas a las mediciones de calidad del aire no son reguladas por la autoridad competente, en cuanto a otorgar autorizaciones de funcionamiento a los laboratorios que las desarrollan. Esto conlleva un riesgo al momento de la toma de decisiones con datos que pueden no ser generados bajo condiciones mínimas de calidad y por tanto, se hace necesario evaluar la calidad de los datos generados por los laboratorios de calidad del aire.

Considerando que la SMA tiene como uno de sus objetivos, ejecutar, coordinar y organizar el seguimiento y fiscalización de las Normas de Calidad Ambiental (entre otros instrumentos de gestión ambiental), las evaluaciones que se realizan en el marco de estos Ensayos de Aptitud, son acorde a las condiciones establecidas en dichos instrumentos (en cuanto al rango de concentraciones), a fin de evaluar el desempeño de los laboratorios que sean autorizados como Entidades Técnicas de Fiscalización Ambiental.

Las evaluaciones a los laboratorios que realizan mediciones de calidad del aire serán realizadas de manera periódica, incluyendo otros parámetros normados con el objeto de tener una visión completa del estado de situación de dichas mediciones en el país, incluyendo a todas aquellas empresas que prestan dichos servicios, ya sea a organismos públicos como privados.

Finalmente, se recomienda que aquel laboratorio que obtuvo una nota insatisfactoria, revise y evalúe las posibles causas de tales resultados, a fin de implementar las correspondientes medidas correctivas.

## 16 REFERENCIAS

- ISO 13528 (2005). Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons. ISO.
- DNA-PRO-017. Protocolo para los Ejercicios Intercomparación de gases in situ. Departamento de Normalización y Acreditación, División de Fiscalización de la SMA.
- DNA-REG-010. Confidencialidad de Ensayos de Aptitud. Departamento de Normalización y Acreditación, División de Fiscalización de la SMA.

## 17 ANEXO 1 – EVALUACIÓN DE CONCENTRACIONES GENERADAS POR RED MACAM

**Tabla 17-1.** Evaluación de concentraciones Red MACAM.

Muestra	Mín (ppbv)	Máx (ppbv)	Media (ppbv)	Mediana (ppbv)	s (ppbv)	Coefficiente Variación
#1 (A)	37,3	63,2	49,3	49,6	5,6	0,115
#1 (B)	36,9	62,6	48,6	48,8	5,6	0,115
#2 (A)	122,7	142,0	126,0	124,7	5,1	0,041
#2 (B)	120,3	138,2	123,3	122,1	4,8	0,039
#3 (A)	210,0	235,1	212,9	211,2	7,0	0,033
#3 (B)	205,5	230,8	208,8	206,9	6,9	0,033
#4 (A)	338,1	339,6	339,0	339,1	0,4	0,001
#4 (B)	331,6	333,3	332,6	332,6	0,5	0,002

## 18 ANEXO 2 – ACTIVIDADES DE VERIFICACIÓN / CALIBRACIÓN

Las siguientes actividades de verificación y calibración fueron reportadas por los participantes (actividades de verificación y/o calibración, llevadas a cabo, antes, durante y/o posterior al ejercicio de intercomparación). La siguiente información fue transcrita de la misma forma reportada por los participantes.

**Tabla 18-1.** Actividades de Verificación / Calibración - Laboratorio 3031

Verificación						
Fecha	Puntos (ppbv)					
05-01-2014	0	400	300	200	100	50
05-01-2014	0	400	-	-	-	-
06-01-2014	0	400	300	200	100	50
07-01-2014	0	400	300	200	100	-
Calibración						
Fecha	Puntos (ppbv)					
05-01-2014	0	400	-	-	-	-
05-01-2014	0	400	-	-	-	-
06-01-2014	0	400	-	-	-	-

**Tabla 18-2.** Actividades de Verificación / Validación - Laboratorio 4677

Verificación						
Fecha	Puntos (ppbv)					
07-01-2015	0	400	300	200	100	0
08-01-2015	0	400	0	-	-	-
Calibración						
Fecha	Puntos (ppbv)					
07-01-2015	0	400	300	200	100	0

**Tabla 18-3.** Actividades de Verificación / Validación - Laboratorio 6041

<b>Verificación</b>						
<b>Fecha</b>	<b>Puntos (ppbv)</b>					
07-01-2015	0,66	402,6	-	-	-	-
07-01-2015	0,306	405,4	-	-	-	-
08-01-2015	0,7	399,2	-	-	-	-
<b>Calibración</b>						
<b>Fecha</b>	<b>Puntos (ppbv)</b>					
06-01-2015	1,7	375	185,4	94,3	-	-
07-01-2015	0,191	404	293,9	192,8	93,6	-

## 19 ANEXO 3 – ERRORES ABSOLUTOS Y RELATIVOS

**Tabla 19-1.** Errores absolutos y relativos.

<b>CÓDIGO LABORATORIO</b>	<b>ERROR ABSOLUTO (ppbv)</b>			
	<b>#1</b>	<b>#2</b>	<b>#3</b>	<b>#4</b>
3031	1,29	0,83	1,49	6,02
4677	2,06	2,92	5,68	-11,49
6041	7,03	16,49	28,13	24,62

<b>CÓDIGO LABORATORIO</b>	<b>ERROR RELATIVO</b>			
	<b>#1</b>	<b>#2</b>	<b>#3</b>	<b>#4</b>
3031	3%	1%	1%	2%
4677	4%	2%	3%	-3%
6041	14%	13%	13%	7%



Superintendencia del Medio Ambiente  
Gobierno de Chile

