





MINISTERIO  
DE ECONOMÍA  
Y COMPETITIVIDAD



Laboratorio Nacional de Referencia  
(RD 102/2011 de 28 de enero)

**INFORME FINAL EI 01/2015(G2)  
DEL SEGUNDO EJERCICIO DE INTERCOMPARACIÓN DE  
MONÓXIDO DE NITRÓGENO Y DIÓXIDO DE NITRÓGENO  
DEL PROGRAMA DE EJERCICIOS DE  
INTERCOMPARACIÓN“IN SITU” DE GASES  
ATMOSFÉRICOS (2015)**

 <p>MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD</p> <p>Laboratorio Nacional de Referencia (RD 102/2011 de 28 de enero)</p>	<p><b>INFORME FINAL DEL SEGUNDO EJERCICIO DE INTERCOMPARACIÓN DE MÓNOXIDO DE NITRÓGENO Y DIÓXIDO DE NITRÓGENO. GRUPO 2. (2015)</b></p>	
---	--	---

## 1 OBJETO

El objeto del programa de ejercicios de intercomparación de medida “in situ” de gases atmosféricos desarrollado por el Área de Contaminación Atmosférica (ACA) del Centro Nacional de Sanidad Ambiental del Instituto de Salud Carlos III (ISCIII) es garantizar a los organismos participantes la trazabilidad y la calidad de los datos generados por sus analizadores.

La participación en ejercicios de intercomparación permite a las redes de medida de la calidad del aire y/o laboratorios de calidad del aire que participan en los mismos, evaluar el desempeño, verificar la adecuación de los procedimientos que utilizan para la determinación de contaminantes atmosféricos en aire ambiente, y en el caso concreto de las redes de calidad del aire, cumplir con los objetivos de calidad de los datos establecidos en la legislación (Anexo V del RD 102/2011 de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire). En definitiva, los objetivos de estos ejercicios de intercomparación son:

- garantizar a las redes de vigilancia de la calidad del aire en España la trazabilidad y la calidad de los datos;
- cumplir con los objetivos de calidad de los datos fijados en la legislación pertinente, y
- garantizar que las distintas redes proporcionen datos comparables y que la evaluación (medición) de la calidad del aire se realice de una forma armonizada.



En el marco del citado programa de ejercicios de intercomparación de medida “in situ” de gases atmosféricos, el ISCIII ha organizado en el año 2015 el segundo ejercicio de intercomparación “in situ” de NO y NO<sub>2</sub>.

## 2 ANTECEDENTES

Con fecha 29 de enero de 2011 se publicó el RD 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire, según el cual el Centro Nacional de Sanidad Ambiental (CNSA) del ISCIII es designado Laboratorio Nacional de Referencia de calidad del Aire, y como tal tiene, entre otras funciones, la coordinación a escala nacional de la correcta utilización de los métodos de referencia y la demostración de la equivalencia de los métodos que no sean de referencia.

Además, el citado RD indica en el punto III del anexo V que:

*“Con el fin de asegurar la exactitud de las mediciones y el cumplimiento de los objetivos de calidad de los datos fijados en el apartado I, las autoridades y organismos competentes designados en virtud del apartado 3.a) del artículo 3 deberán:*

 <p>MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD</p> <p>Laboratorio Nacional de Referencia (RD 102/2011 de 28 de enero)</p>	<p><b>INFORME FINAL DEL SEGUNDO EJERCICIO DE INTERCOMPARACIÓN DE MÓNOXIDO DE NITRÓGENO Y DIÓXIDO DE NITRÓGENO. GRUPO 2. (2015)</b></p>	
---	--	---

- *asegurar el establecimiento de un proceso de garantía y control de calidad para las actividades de compilación y comunicación de datos y la participación activa de las instituciones designadas para esa tarea en los programas afines de garantía de la calidad de la Comunidad”.*

A su vez en la Directiva 2015/1480/CE de 28 de agosto de 2015, en la que se establecen las normas relativas a los métodos de referencia, la validación de datos y la ubicación de los puntos de muestreo para la evaluación de la calidad del aire ambiente, se reitera de nuevo este aspecto, por lo que para su cumplimiento el Laboratorio Nacional de Referencia pone a su disposición la organización periódica de ejercicios de intercomparación como una herramienta fundamental dentro de las actividades de control de calidad.

Desde el año 2010 el ISCIII organiza anualmente, ejercicios de intercomparación “in situ” de gases atmosféricos en el laboratorio de intercomparaciones del Área de Contaminación Atmosférica del Centro Nacional de Sanidad Ambiental.

El ACA tiene implantado un sistema de calidad UNE-EN ISO/IEC 17025 y está acreditado por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) como laboratorio de ensayo desde el año 2000. En el alcance de su acreditación 223/LE460 se incluyen los métodos de determinación de contaminantes gaseosos SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO y C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> en aire ambiente de acuerdo a los métodos de referencia establecidos en el RD 102/2011, y en la Directiva 2015/1480/CE.



Por otro lado, el ISCIII, es a través del ACA del CNSA laboratorio asociado al Centro Español de Metrología por ser depositario del Patrón Nacional de Ozono (RD 250/2004 de 6 de febrero, modificado por el RD 1587/2009 de 16 de octubre), lo cual lo sitúa en el nivel más alto de la cadena metrológica para este parámetro.

En este marco metrológico y para dar cumplimiento al Anexo II de la Directiva 2015/1480/CE el ACA, como Laboratorio Nacional de Referencia, participa periódicamente en los ejercicios de intercomparación comunitarios organizados por el Laboratorio de Referencia Europeo para la Contaminación Atmosférica (ERLAP) del Joint Research Centre (JRC) y cuenta para ello con un Laboratorio de Intercomparaciones destinado a la organización de intercomparaciones de medida “in situ” de gases en aire ambiente.

## 2 PLANIFICACIÓN

En abril de 2015, el ISCIII informó a las redes de calidad del aire de la organización durante el segundo semestre de 2015 de un ejercicio de intercomparación “in situ” de NO y NO<sub>2</sub>, en el laboratorio de intercomparaciones del ISCIII. Para ello, se envió, vía mail, un formulario de registro en el ejercicio de intercomparación, que fue contestado afirmativamente por 16 redes.

El ejercicio fue programado en dos fechas distintas con 8 participantes en cada una de ellas, respectivamente:

 <p>MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD</p> <p>Laboratorio Nacional de Referencia (RD 102/2011 de 28 de enero)</p>	<p><b>INFORME FINAL DEL SEGUNDO EJERCICIO DE INTERCOMPARACIÓN DE MÓNOXIDO DE NITRÓGENO Y DIÓXIDO DE NITRÓGENO. GRUPO 2. (2015)</b></p>	
---	--	---

Grupo 1: del 10 al 11 de noviembre de 2015

Grupo 2: del 12 al 13 de noviembre de 2015

En el mes de junio, el ISCIII remitió por correo electrónico a los participantes, la documentación que se cita a continuación, solicitando además la confirmación final de asistencia al ejercicio:

- Protocolo para la organización de ejercicios de intercomparación de gases “*in situ*”;
- Listado de participantes, distribución y fechas.

Finalmente, confirmaron su asistencia al ejercicio de intercomparación de NO y NO<sub>2</sub> en las fechas correspondientes al grupo 2, los siguientes participantes:

- Aragón
- Principado de Asturias
- Islas Baleares
- Castilla y Leon
- Cataluña
- Comunidad de Madrid
- Extremadura
- Ayuntamiento de Valladolid

Participó también en este grupo la red de Galicia, que por problemas técnicos con su analizador durante el ejercicio de intercomparación del grupo 1, no pudo participar como estaba inicialmente programado.

El personal participante del ISCIII, fue

D.ª Mª del Pilar Morillo Gómez

D.ª María Rodríguez García

Con el fin de preservar la confidencialidad de los resultados, los distintos participantes han sido identificados con un código alfanumérico X\_Y, donde X es una letra correlativa del alfabeto e Y se corresponde con el número de grupo en el que se ha participado. Este informe corresponde al grupo 2 de la intercomparación de NO y NO<sub>2</sub>.

### 3 DESARROLLO DEL EJERCICIO DE INTERCOMPARACIÓN

#### 3.1 CRONOGRAMA

La duración del ejercicio de intercomparación fue de 2 días, contando con el tiempo necesario para la instalación, estabilización y desmontaje de los equipos, siendo el cronograma final el siguiente:

➤ Día 12/11/2015:

- |                    |  |
|--------------------|--|
| 08:30 h a 13:00 h: | Llegada de los participantes e instalación de los equipos en los distintos puestos de trabajo Comprobación del estado de los analizadores (verificación/calibración y/o diagnósticos y mantenimientos pertinentes) |
| 13:30 h a 14:30 h: | Comida   |
| 14:30 h a 15:30 h: | Continuación de la instalación de equipos para aquellos participantes que no hubieran finalizado antes de la comida  |
| 15:30 h a 0:00 h:  | Generación de las mezclas de gas para la intercomparación  |

➤ Día 13/11/2015:

- |                   |  |
|-------------------|--|
| 0:00 h a 12:30 h  | Continuación de la generación de las mezclas de gas para la intercomparación   |
| 12:30 h – 15:00 h | Generación de gas cero. Recogida de datos, comprobación del estado de los analizadores, si procede y desmontaje de los equipos |

#### 3.2 EQUIPOS Y MATERIAL NECESARIO

Cada participante aportó el equipo (analizador, material de referencia, aire cero y sistema de adquisición de datos), que consideraron necesario para la comprobación “in situ” del estado de su analizador de NO<sub>x</sub> (verificación/calibración previa al ensayo), la realización de las mediciones y la adquisición de datos del gas de ensayo.

Las tablas 1 y 2 muestran los analizadores, aire cero y materiales de referencia aportados por cada participante para la realización del ejercicio de intercomparación en el ISCIII:



MARCA/MODELO
Teledyne API 200E
Thermo 42i
Teledyne API 200E
Teledyne API 200E
Teledyne API 200A
Teledyne API T200
Thermo 42i
Thermo 42i
Teledyne API T200

Tabla 1 – Analizadores de óxidos de nitrógeno aportados por los distintos participantes

PARTICIPANTE	AIRE CERO	MATERIAL DE REFERENCIA	
A_2	Teledyne API	Mezcla de NO/N <sub>2</sub>	
		Fabricante	Abelló Linde
		Concentración	21,21 µmol/mol
		U (k =2)	1 %
		Caducidad	07/03/2016
		Certificado	ENAC
B_2	SIRSA 1000-C	Mezcla de NO+SO <sub>2</sub> +CO/N <sub>2</sub>	
		Fabricante	Abelló Linde
		Concentración	20,04 µmol/mol de NO
		U (k =2)	2 %
		Caducidad	23/07/2016
		Certificado	No ENAC
C_2	Teledyne API 701	Mezcla de NO/N <sub>2</sub>	
		Fabricante	Praxair
		Concentración	40,45 µmol/mol
		U (k =2)	0,43 µmol/mol



**INFORME FINAL DEL SEGUNDO EJERCICIO DE  
INTERCOMPARACIÓN DE  
MÓNOXIDO DE NITRÓGENO Y DIÓXIDO DE  
NITRÓGENO. GRUPO 2. (2015)**



		<b>Caducidad</b>	20/04/2017
		<b>Certificado</b>	ENAC
<b>D_2</b>	<b>Teledyne API 701</b>	Mezcla de NO/N <sub>2</sub>	
		<b>Fabricante</b>	Air Liquide
		<b>Concentración</b>	30,12 µmol/mol
		<b>U (k =2)</b>	0,25 µmol/mol
		<b>Caducidad</b>	04/05/2018
		<b>Certificado</b>	No indicado
<b>E_2</b>	<b>Thermo 1160</b>	Mezcla de NO/N <sub>2</sub>	
		<b>Fabricante</b>	Abelló Linde
		<b>Concentración</b>	19,95 µmol/mol
		<b>U (k =2)</b>	2 %
		<b>Caducidad</b>	30/09/2014
		<b>Certificado</b>	No ENAC
<b>F_2</b>	<b>SIR S 1000</b>	Mezcla de NO/N <sub>2</sub>	
		<b>Fabricante</b>	Praxair
		<b>Concentración</b>	35,32 µmol/mol
		<b>U (k =2)</b>	0,39 µmol/mol
		<b>Caducidad</b>	27/04/2017
		<b>Certificado</b>	ENAC
<b>G_2</b>	<b>SIR S 1000</b>	Dos mezclas de NO/N <sub>2</sub>	
		<b>Fabricante</b>	Air Liquide      Air Liquide
		<b>Concentración</b>	50,59 µmol/mol      40,9 µmol/mol
		<b>U (k =2)</b>	0,51 µmol/mol      0,818 µmol/mol
		<b>Caducidad</b>	29/09/2019      24/09/2017
		<b>Certificado</b>	ENAC      No ENAC
<b>H_2</b>	<b>MCV</b>	Mezcla de NO/N <sub>2</sub>	
		<b>Fabricante</b>	Air Liquide
		<b>Concentración</b>	20,078 µmol/mol

		<b>U (k =2)</b>	0,063 μmol/mol
		<b>Caducidad</b>	06/05/2017
		<b>Certificado</b>	COFRAC
<b>I_2</b>	<b>Teledyne API 701</b>	Mezcla de NO/N <sub>2</sub>	
		<b>Fabricante</b>	Linde
		<b>Concentración</b>	20,95 μmol/mol
		<b>U (k =2)</b>	0,21 μmol/mol
		<b>Caducidad</b>	07/02/2016
		<b>Certificado</b>	ENAC

Tabla 2 – Gas cero y material de referencia aportados por los distintos participantes para la realización del control de calidad y/o calibración en el ISCIII

Todos los participantes trajeron equipos y material para llevar a cabo alguna actuación de calibración y control de calidad en las instalaciones del ISCIII, con carácter previo y/o posterior a la medición de las mezclas de gas para la comparación.

El material de referencia aportado por el participante E\_2 estaba caducado.

### 3.3 ITEMS DE ENSAYO

Los ítems de ensayo son mezclas de gas de concentración conocida, generadas a partir de un material de referencia certificado, un gas de dilución que no debe contener el máximo de impureza permitida del gas que se va comparar y de un sistema de dilución dinámica.

Por tratarse de ítems de ensayo, producidos y medidos “in situ”, no procede almacenamiento, manipulación o distribución de los mismos, sin embargo, debe evaluarse la distribución uniforme de la mezcla a lo largo del sistema de distribución.

Las mezclas de gas para la comparación de NO se generaron mediante un generador de aire cero y un sistema de dilución dotado de dos controladores de caudal másico, con capacidad suficiente para garantizar el caudal necesario y la distribución uniforme de la mezcla de gas a cada participante. En el caso del NO<sub>2</sub>, se realizó una valoración en fase gaseosa (GPT) de NO con O<sub>3</sub>. El ISCIII, a su vez, midió las concentraciones generadas mediante la utilización de dos analizadores de NO<sub>x</sub>, situados al principio y final de la línea de distribución con el fin de confirmar que no se produce ninguna incidencia que pueda afectar a la medida a lo largo de la misma.



Los equipos empleados para la generación de las concentraciones de NO y NO<sub>2</sub> son los que se describen a continuación:

- Sistema de dilución dotado de dos controladores de caudal másico y de un sistema generador de ozono para la generación de las concentraciones de NO y NO<sub>2</sub>, marca MCZ, código interno ZA-JÑ-01;
- Analizadores de NO<sub>x</sub>, marca Thermo 42i (código interno ZA-AN-41) y marca Teledyne API modelo 200E (código interno ZA-AN-52);
- Sistema de filtrado de aire cero, marca MCZ, código interno ZA-AZ-04.

El material de referencia empleado para la generación de las mezclas de gas fue el siguiente:

Mezcla de NO/N <sub>2</sub> :	Fabricante:	Carbueros Metálicos
	Concentración:	79,0 μmol/mol
	Incertidumbre:	1,1 μmol/mol
	Fecha de caducidad:	08/06/2018
	Certificado:	Carbueros Metálicos Nº 7239/15 (ENAC)

### 3.4 PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN

Para la realización del ejercicio de intercomparación se generó un gas cero (c0) y cinco concentraciones diferentes de NO (c1, c2, c3, c4 y c5), con una concentración teórica máxima de 500 nmol/mol, y cinco concentraciones diferentes de NO<sub>2</sub> (c6, c7, c8, c9 y c10), con una concentración teórica máxima de 225 nmol/mol.

El gas cero se generó durante una hora, desechándose la primera media hora y tomando como resultado de la comparación el promedio de 30 min de la siguiente media hora. El resto de las concentraciones de NO y NO<sub>2</sub> se generaron durante un periodo de tiempo de 2 h. La primera media hora se desechó al considerarse periodo de estabilización y de la siguiente hora y media se realizaron tres medidas de cada concentración (tomadas igualmente como promedios de 30 min).

La figura 1 muestra la secuencia de concentraciones generadas para el ejercicio de intercomparación:

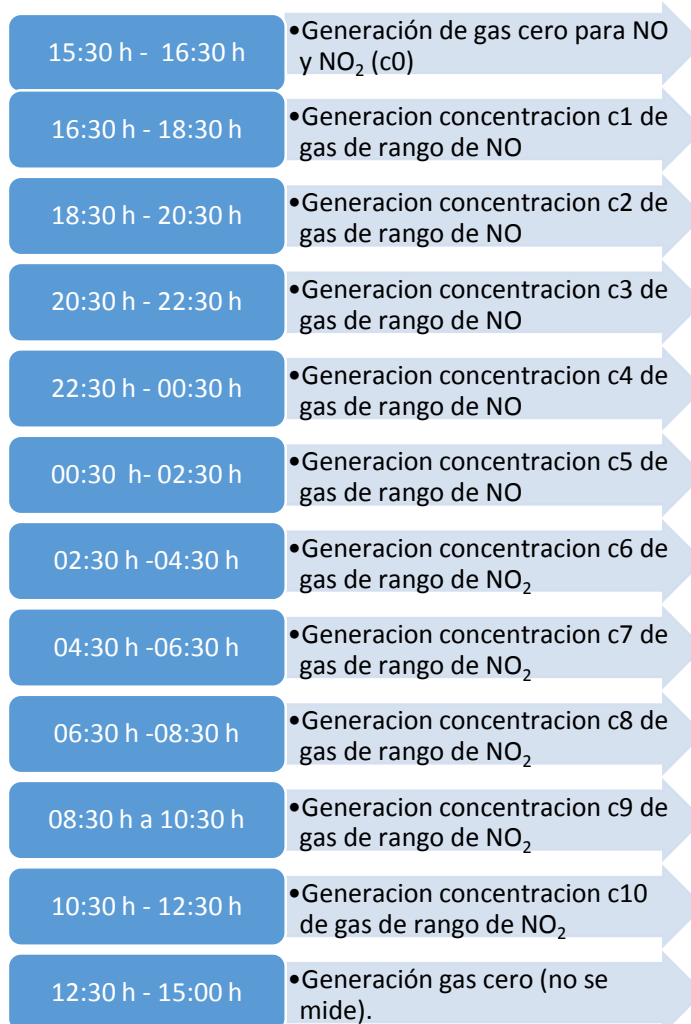


Figura 1: Cronograma de la generación de concentraciones de NO y NO<sub>2</sub>

## 4 RESULTADOS DE LAS MEDIDAS DE LOS PARTICIPANTES

### 4.1 MONOXIDO DE NITROGENO

Las tablas 3, 4, 5, 6, 7 y 8 muestran los resultados obtenidos por cada participante para cada una de las concentraciones (c0, c1, c2, c3, c4 y c5) generadas durante el ejercicio de intercomparación para NO.



**INFORME FINAL DEL SEGUNDO EJERCICIO DE  
INTERCOMPARACIÓN DE  
MÓNOXIDO DE NITRÓGENO Y DIÓXIDO DE  
NITRÓGENO. GRUPO 2. (2015)**



PARTICIPANTE	c0 (nmol/mol)
A_2	0,00
B_2	-0,05
C_2	-0,51
D_2	-0,39
E_2	0,08
F_2	0,59
G_2	0,45
H_2	-0,13
I_2	0,23

Tabla 3. - Resultados de la concentración c0 de NO, informada por los distintos participantes.

PARTICIPANTE	c1 (nmol/mol)	U (k=2) (nmol/mol)
A_2	420,00	15,27
B_2	403,43	16,16
C_2	419,93	31,36
D_2	415,72	37,82
E_2	410,49	15,93
F_2	428,51	2,74
G_2	424,63	28,50
H_2	432,36	23,14
I_2	416,99	27,56

Tabla 4. - Resultados de la concentración c1 de NO informada por los distintos participantes.



**INFORME FINAL DEL SEGUNDO EJERCICIO DE  
INTERCOMPARACIÓN DE  
MÓNOXIDO DE NITRÓGENO Y DIÓXIDO DE  
NITRÓGENO. GRUPO 2. (2015)**



PARTICIPANTE	c2 (nmol/mol)	U (k=2) (nmol/mol)
A_2	255,00	15,00
B_2	244,36	10,30
C_2	251,88	19,58
D_2	251,49	22,88
E_2	246,17	10,06
F_2	257,37	2,74
G_2	258,08	17,30
H_2	259,15	13,62
I_2	251,74	16,74

Tabla 5. - Resultados de la concentración c2 de NO informada por los distintos participantes.

PARTICIPANTE	c3 (nmol/mol)	U (k=2) (nmol/mol)
A_2	115,00	17,00
B_2	110,03	5,33
C_2	111,10	9,34
D_2	113,12	10,30
E_2	109,45	5,22
F_2	114,08	2,74
G_2	116,64	7,80
H_2	112,48	6,07
I_2	112,45	7,66

Tabla 6. - Resultados de la concentración c3 de NO informada por los distintos participantes.



**INFORME FINAL DEL SEGUNDO EJERCICIO DE  
INTERCOMPARACIÓN DE  
MÓNOXIDO DE NITRÓGENO Y DIÓXIDO DE  
NITRÓGENO. GRUPO 2. (2015)**



PARTICIPANTE	c4 (nmol/mol)	U (k=2) (nmol/mol)
A_2	506,00	15,00
B_2	483,45	19,11
C_2	503,06	37,90
D_2	498,82	45,34
E_2	495,27	18,92
F_2	514,31	2,76
G_2	508,68	34,10
H_2	520,66	28,38
I_2	501,96	33,06

Tabla 7. - Resultados de la concentración c4 de NO informada por los distintos participantes.

PARTICIPANTE	c5 (nmol/mol)	U (k=2) (nmol/mol)
A_2	311,00	15,03
B_2	297,94	12,27
C_2	310,62	23,28
D_2	307,18	27,94
E_2	301,50	12,04
F_2	314,00	2,74
G_2	314,07	21,10
H_2	318,41	16,59
I_2	308,04	20,42

Tabla 8. - Resultados de la concentración c5 de NO informada por los distintos participantes.

## 4.2 DIOXIDO DE NITROGENO

Las tablas 9, 10, 11, 12, 13 y 14 muestran los resultados obtenidos por cada participante para cada una de las concentraciones (c0, c6, c7, c8, c9 y c10) generadas durante el ejercicio de intercomparación para NO<sub>2</sub>.



INFORME FINAL DEL SEGUNDO EJERCICIO DE  
INTERCOMPARACIÓN DE  
MÓNOXIDO DE NITRÓGENO Y DIÓXIDO DE  
NITRÓGENO. GRUPO 2. (2015)



PARTICIPANTE	c0 (nmol/mol)
A_2	1,00
B_2	-0,10
C_2	0,26
D_2	0,20
E_2	0,42
F_2	0,07
G_2	-0,30
H_2	-0,22
I_2	-0,01

Tabla 9. - Resultados de la concentración c0 de NO<sub>2</sub> informada por los distintos participantes

PARTICIPANTE	c6 (nmol/mol)	U (k=2) (nmol/mol)
A_2	214,00	14,40
B_2	200,34	12,57
C_2	211,80	16,60
D_2	204,10	18,56
E_2	209,11	12,78
F_2	210,83	2,41
G_2	211,24	18,70
H_2	213,96	12,43
I_2	207,79	14,90

Tabla 10. - Resultados de la concentración c6 de NO<sub>2</sub> informada por los distintos participantes.



INFORME FINAL DEL SEGUNDO EJERCICIO DE  
INTERCOMPARACIÓN DE  
MÓNOXIDO DE NITRÓGENO Y DIÓXIDO DE  
NITRÓGENO. GRUPO 2. (2015)



PARTICIPANTE	c7 (nmol/mol)	U (k=2) (nmol/mol)
A_2	113,00	14,03
B_2	102,00	8,41
C_2	111,45	10,90
D_2	104,92	9,54
E_2	110,26	8,70
F_2	108,20	2,41
G_2	108,34	9,60
H_2	112,78	6,16
I_2	106,46	7,74

Tabla 11. - Resultados de la concentración c7 de NO<sub>2</sub> informada por los distintos participantes.

PARTICIPANTE	c8 (nmol/mol)	U (k=2) (nmol/mol)
A_2	160,00	14,24
B_2	147,77	10,29
C_2	157,34	13,36
D_2	150,26	13,66
E_2	157,39	10,60
F_2	156,02	2,41
G_2	155,94	13,80
H_2	159,94	8,60
I_2	153,56	10,92

Tabla 12. - Resultados de la concentración c8 de NO<sub>2</sub> informada por los distintos participantes.

PARTICIPANTE	c9 (nmol/mol)	U (k=2) (nmol/mol)
A_2	39,00	15,04
B_2	29,17	5,43
C_2	34,15	4,14



D_2	31,34	2,84
E_2	36,62	5,79
F_2	31,39	2,41
G_2	31,88	2,80
H_2	38,21	2,20
I_2	31,39	2,58

Tabla 13. - Resultados de la concentración c9 de NO<sub>2</sub> informada por los distintos participantes.

PARTICIPANTE	c10 (nmol/mol)	U (k=2) (nmol/mol)
A_2	68,00	15,04
B_2	57,67	6,60
C_2	64,19	6,74
D_2	59,90	5,44
E_2	65,58	6,93
F_2	61,22	2,41
G_2	61,64	5,40
H_2	67,15	3,63
I_2	60,32	4,54

Tabla 14. - Resultados de la concentración c10 de NO<sub>2</sub> informada por los distintos participantes.

## 5 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO

El tratamiento estadístico diseñado para el programa de ejercicios de intercomparación de medida “in situ” de gases atmosféricos y por tanto para el presente ejercicio de intercomparación de NO y NO<sub>2</sub>, incluye:

- Comprobación de la distribución uniforme de las mezclas de gas.
- Determinación del valor asignado como valor de referencia y de su incertidumbre típica.
- Comprobación por comparación del valor asignado y su incertidumbre típica con parámetros obtenidos por estadística robusta.
- Determinación de la desviación típica objetivo del ejercicio de intercomparación.



### 5.5.1 Comprobación de la distribución uniforme de las mezclas de gas

La comprobación de la distribución uniforme de la muestra se realiza “in situ” en el mismo momento en que se está realizando la comparación. Para ello, los analizadores de referencia instalados al inicio (anализador ISCIII\_A) y al final (anализador ISCIII\_B), del distribuidor, han medido a la vez y en las mismas condiciones que los participantes durante todo el ejercicio de intercomparación. De este modo, se han obtenido dos grupos de observaciones (anализador ISCIII\_A y anализador ISCIII\_B) que se emplean para comprobar que la mezcla que miden todos los participantes es la misma.

A partir de los resultados de este ensayo se calcula la incertidumbre típica debido a la falta de uniformidad de la mezcla ( $u_{\text{uniformidad}}$ ) a lo largo del sistema de distribución, la cual se tiene en consideración en la estimación de la incertidumbre del valor asignado.

Para comprobar si realmente existe una diferencia significativa entre la mezcla medida por el analizador A situado al inicio del distribuidor de muestra y la medida por el analizador B situado al final del mismo, se realiza la determinación del estadístico D, calculado según establece el anexo A de la Norma UNE-EN ISO 16664:2008, de acuerdo con la ecuación:

$$D = \frac{x_{i,ISCIII\_A} - x_{i,ISCIII\_B}}{\sqrt{u_{ISCIII\_A}^2 + u_{ISCIII\_B}^2}}$$

donde

$x_{i,ISCIII\_A}$  es la concentración de gas medida por el analizador ISCIII\_A, situado al inicio de la línea de distribución, en nmol/mol;

$x_{i,ISCIII\_B}$  es la concentración de gas medida por el analizador ISCIII\_B, situado al final de la línea de distribución, en nmol/mol;

$u_{ISCIII\_A}$  es la incertidumbre típica estimada para la concentración de gas medida por el analizador ISCIII\_A, situado al inicio de la línea de distribución, en nmol/mol;

$u_{ISCIII\_B}$  es la incertidumbre típica estimada para la concentración de gas medida por el analizador ISCIII\_B, situado al final de la línea de distribución, en nmol/mol.

Los criterios de aceptación son:

$D \leq 2$  las concentraciones medidas por los analizadores ISCIII\_A y ISCIII\_B son equivalentes y se ha producido una distribución uniforme de la mezcla;

$D > 2$  las concentraciones medidas por los analizadores ISCIII\_A y ISCIII\_B no son equivalentes.

A partir de los resultados obtenidos en el ensayo de uniformidad se determina la incertidumbre debida a la falta de uniformidad que será considerada en la determinación de la incertidumbre típica del valor asignado.

La tabla 15 muestra los resultados obtenidos por los analizadores ISCIII\_A e ISCIII\_B, situados al inicio y al final de la línea de distribución, respectivamente, para las concentraciones ensayadas de NO durante la intercomparación, la diferencia absoluta entre ambos y el valor del estadístico D.

	ISCIII_A		ISCIII_B		Dif. absoluta	D
	NO	u <sub>ISCIII_A</sub>	NO	u <sub>ISCIII_B</sub>	nmol/mol	
<b>c1</b>	421,21	7,46	415,04	7,43	6,18	0,6
<b>c2</b>	256,38	4,57	251,56	4,54	4,83	0,7
<b>c3</b>	116,65	2,18	113,36	2,13	3,28	1,1
<b>c4</b>	504,37	8,92	501,76	8,98	2,62	0,2
<b>c5</b>	311,73	5,54	309,48	5,56	2,25	0,3

Tabla 15.- Resultados obtenidos por los analizadores ISCIII\_A e ISCIII\_B, diferencia absoluta entre ambos y valor del estadístico D, para cada concentración de NO generada

Todos los valores del estadístico D son inferiores a 2, por lo que no existe evidencia de que se haya producido una distribución no uniforme de las diferentes mezclas de gas NO generadas a lo largo del distribuidor de muestra.

La incertidumbre típica de uniformidad estimada para la distribución de las mezclas de NO, a partir de los resultados obtenidos es  $u_{\text{uniformidad}} = 0,9 \%$ .

La tabla 16 muestra los resultados obtenidos por los analizadores ISCIII\_A e ISCIII\_B, situados al inicio y al final de la línea de distribución, respectivamente, para las concentraciones ensayadas de NO<sub>2</sub> durante la intercomparación, la diferencia absoluta entre ambos y el valor del estadístico D.

	ISCIII_A		ISCIII_B		Dif. absoluta	D
	NO <sub>2</sub>	u <sub>ISCIII_A</sub>	NO <sub>2</sub>	u <sub>ISCIII_B</sub>	nmol/mol	
<b>c6</b>	209,43	4,04	203,86	4,04	5,57	1,0
<b>c7</b>	107,36	2,14	105,26	2,12	2,10	0,7

<b>c8</b>	154,53	2,98	151,67	2,97	2,86	0,7
<b>c9</b>	31,74	0,90	32,04	0,92	0,29	0,2
<b>c10</b>	60,78	1,33	60,96	1,34	0,17	0,1

Tabla 16.- Resultados obtenidos por los analizadores ISCIII\_A e ISCIII\_B, diferencia absoluta entre ambos y valor del estadístico D, para cada concentración de NO<sub>2</sub> generada

Todos los valores del estadístico D son inferiores a 2, por lo que no existe evidencia de que se haya producido una distribución no uniforme de las diferentes mezclas de gas NO<sub>2</sub> generadas a lo largo del distribuidor de muestra.

La incertidumbre típica de uniformidad estimada para la distribución de las mezclas de NO<sub>2</sub>, a partir de los resultados obtenidos es  $u_{\text{uniformidad}} = 0,9 \%$ .

### 5.5.2 Determinación del valor asignado como valor de referencia y de su incertidumbre típica

Se entiende por valor asignado ( $c_i$ ), el valor atribuido como concentración de referencia a cada una de las concentraciones ensayadas, y que junto con su incertidumbre típica ( $u_{ci}$ ) se ajusta al propósito del ejercicio de intercomparación.

Para la determinación del valor asignado se emplean como valores de referencia los determinados por los analizadores del ACA con trazabilidad a materiales de referencia certificados.

Para cada concentración de gas, el valor asignado se determina como el valor promedio de las mediciones realizadas por el analizador ISCIII\_A y el analizador ISCIII\_B:

$$c_i = \frac{X_{i,ISCIII\_A} + X_{i,ISCIII\_B}}{2}$$

donde

- $c_i$  es el valor asignado para cada concentración ensayada de NO o NO<sub>2</sub>, según corresponda, durante el ejercicio de intercomparación, en nmol/mol
- $X_{i,ISCIII\_A}$  es la concentración medida de NO o NO<sub>2</sub>, según corresponda, por el analizador ISCIII\_A, en nmol/mol
- $X_{i,ISCIII\_B}$  es la concentración medida de NO o NO<sub>2</sub>, según corresponda, por el analizador ISCIII\_B, en nmol/mol



**INFORME FINAL DEL SEGUNDO EJERCICIO DE  
INTERCOMPARACIÓN DE  
MÓNOXIDO DE NITRÓGENO Y DIÓXIDO DE  
NITRÓGENO. GRUPO 2. (2015)**



La incertidumbre típica de medida de la mezcla de gas se determina para cada analizador, a partir de la incertidumbre típica de calibración del analizador y de la incertidumbre típica de repetibilidad de las 3 mediciones que se informan. Finalmente, la incertidumbre típica del valor asignado, se calcula considerando las incertidumbres típicas de medida con cada analizador y la incertidumbre típica de uniformidad descrita en el apartado 5.5.1.

Las tablas 17 y 18 muestran los valores asignados y la incertidumbre típica asociada a los mismos, para cada concentración generada de NO y de NO<sub>2</sub> respectivamente.

	NO	
	c <sub>i</sub> (nmol/mol)	u <sub>ci</sub> (nmol/mol)
c1	418,13	6,48
c2	253,97	3,96
c3	115,01	1,84
c4	503,07	7,79
c5	310,60	4,83

Tabla 17.- Valor asignado e incertidumbre típica asociada al mismo, para cada concentración generada de NO

	NO <sub>2</sub>	
	c <sub>i</sub> (nmol/mol)	u <sub>ci</sub> (nmol/mol)
c6	206,65	2,97
c7	106,31	1,51
c8	153,10	2,20
c9	31,89	0,72
c10	60,87	1,06

Tabla 18.- Valor asignado e incertidumbre típica asociada al mismo, para cada concentración generada de NO<sub>2</sub>

### 5.1.3 Comprobación por comparación del valor asignado y su incertidumbre típica con parámetros obtenidos por estadística robusta

El valor asignado para cada una de las concentraciones ensayadas se compara con el valor obtenido por métodos estadísticos robustos que evitan la influencia de valores extremos. Para la determinación de la media robusta ( $x^*$ ) y de su desviación típica ( $s^*$ ), se han seguido las directrices establecidas en el Algoritmo A del Anexo C de la Norma ISO 13528:2015, que se apoya en propiedades de la mediana que no se ven afectados por el tipo de población existente.

El sistema del algoritmo A, establecido en la Norma ISO 13528, se basa en la realización de un proceso reiterativo hasta la convergencia de los datos obtenidos, para finalmente obtener un valor central como media y una desviación típica robusta, a partir de los datos de los laboratorios participantes.

Seguidamente, se determina la diferencia entre la media robusta y el valor asignado, ( $|x^* - c_i|$ ) y la incertidumbre típica de dicha diferencia ( $u(x^*-c_i)$ ) estimada de acuerdo con la ecuación:

$$u_{(x^*-c_i)} = \sqrt{\frac{(1,25 \times s^*)^2}{p} + u_{c_i}^2}$$

donde

$s^*$  es la desviación típica de la media robusta  $x^*$

$p$  es el número de mediciones realizadas

$u_{c_i}$  es la incertidumbre típica del valor asignado

si la diferencia  $|x^* - c_i|$  es menor o igual a dos veces su incertidumbre se considera correcto el valor asignado ( $c_i$ ), si es superior a dos se debe investigar el motivo y se toma como valor asignado el valor obtenido para  $x^*$ .

Las tablas 19 y 20, muestran los valores asignados  $c_i$  y su incertidumbre típica asociada  $u_{c_i}$ , la media robusta ( $x^*$ ) y la desviación típica robusta ( $s^*$ ) obtenida tras la aplicación del algoritmo A, la diferencia  $|x^* - c_i|$ , y el cumplimiento con el criterio de aceptación establecido para la aceptación del valor asignado de  $\text{NO}$  y  $\text{NO}_2$ , respectivamente.

	$c_i$ (nmol/mol)	$u_{c_i}$ (nmol/mol)	$x^*$ (nmol/mol)	$s^*$ (nmol/mol)	$u_{x^*}$ (nmol/mol)	$x^* - c_i$ (nmol/mol)	$u_{x^* - c_i}$ (nmol/mol)	Resultado cumplimiento del criterio	CUMPLIMIENTO
c1	418,13	6,48	419,57	8,30	3,46	1,44	8,83	0,1	VÁLIDO
c2	253,97	3,96	252,80	5,85	2,44	1,16	5,79	0,2	VÁLIDO
c3	115,01	1,84	112,71	2,64	1,10	2,30	2,65	0,7	VÁLIDO
c4	503,07	7,79	503,93	11,35	4,73	0,87	11,31	0,1	VÁLIDO
c5	310,60	4,83	309,90	5,86	2,44	0,70	6,42	0,1	VÁLIDO

Tabla 19.- Valor asignado, incertidumbre típica del valor asignado, media robusta, desviación típica robusta, diferencia  $|x^* - c_i|$ , incertidumbre típica de la diferencia  $|x^* - c_i|$  y resultado y cumplimiento del criterio de aceptación del valor asignado para NO

Todos los valores asignados  $c_i$  son compatibles con los valores obtenidos por estadística robusta, por lo que la evaluación del desempeño se realizará tomando como valores asignados de NO e incertidumbres típicas de los mismos, los valores medidos por los analizadores del ISCIII que se mostraban en la tabla 17.

	$c_i$ (nmol/mol)	$u_{c_i}$ (nmol/mol)	$x^*$ (nmol/mol)	$s^*$ (nmol/mol)	$u_{x^*}$ (nmol/mol)	$x^* - c_i$ (nmol/mol)	$u_{x^* - c_i}$ (nmol/mol)	Resultado cumplimiento del criterio	CUMPLIMIENTO
c6	206,65	2,97	209,66	4,24	1,77	3,01	3,53	3,53	VÁLIDO
c7	106,31	1,51	108,66	4,06	1,69	2,36	3,38	3,38	VÁLIDO
c8	153,10	2,20	155,70	4,01	1,67	2,60	3,34	3,34	VÁLIDO
c9	31,89	0,72	33,31	3,31	1,38	1,42	2,76	2,76	VÁLIDO
c10	60,87	1,06	62,78	3,88	1,62	1,91	3,23	3,23	VÁLIDO

Tabla 20.- Valor asignado, incertidumbre típica del valor asignado, media robusta, desviación típica robusta, diferencia  $|x^* - c_i|$ , incertidumbre típica de la diferencia  $|x^* - c_i|$  y resultado y cumplimiento del criterio de aceptación del valor asignado para NO<sub>2</sub>

Todos los valores asignados  $c_i$  son compatibles con los valores obtenidos por estadística robusta, por lo que la evaluación del desempeño se realizará tomando como valores asignados de NO<sub>2</sub> e incertidumbre típica de los mismos, los valores medidos por los analizadores del ISCIII que se mostraban en la tabla 18.

#### 5.5.4 Determinación de la desviación típica para la evaluación del desempeño

Para la determinación de la desviación típica objetivo, se ha seguido el procedimiento usado por la Asociación de Laboratorios Nacionales de Referencia de Calidad del Aire en Europa (AQUILA), específico para ejercicios

de intercomparación de gases en aire ambiente, según el cual la desviación típica se determina para el rango de aplicación de la comparación, por regresión lineal.

La regresión lineal se ha realizado entre el valor medido en el gas de dilución y la repetibilidad permitida para cada gas en el límite superior del rango de la comparación. De acuerdo con la Norma UNE-EN 14211:2013, la desviación típica de repetibilidad permitida en el gas de rango es el 1,5 %.

La dispersión se calcula según la siguiente ecuación para cada concentración [ ] ensayada durante la comparación.

$$\hat{\sigma} = a \times [ ] + b$$

donde

$\hat{\sigma}$  es la desviación típica objetivo del ejercicio de intercomparación

a es la pendiente obtenida de la regresión lineal

b es el término independiente de la regresión lineal

[ ] es la concentración ensayada durante la comparación

Los valores de a y b obtenidos para el presente ejercicio de intercomparación son:

Para NO: a = 0,006 y b = 1

Para NO<sub>2</sub>: a = 0,004 y b = 1

Las tablas 21 y 22 muestran los valores de  $\hat{\sigma}$  obtenidos para cada concentración de NO y NO<sub>2</sub> respectivamente. El valor de  $\hat{\sigma}$  obtenido se utilizará para la determinación del estadístico de desempeño z' score, pertinente.

	$\hat{\sigma}$ (NO)
<b>c1</b>	3,4
<b>c2</b>	2,5
<b>c3</b>	1,7
<b>c4</b>	3,9
<b>c5</b>	2,8

Tabla 21.- Valores de  $\hat{\sigma}$  obtenidos para cada concentración de NO



	$\hat{\sigma}(\text{NO}_2)$
c6	1,7
c7	1,4
c8	1,5
c9	1,1
c10	1,2

Tabla 22.- Valores de  $\hat{\sigma}$  obtenidos para cada concentración de  $\text{NO}_2$

## 6 EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO

La evaluación del desempeño de los laboratorios participantes, se realiza a partir de los siguientes estadísticos:

- Estimación del sesgo del laboratorio
- Determinación del z'score
- Número  $E_n$

### 6.1 Estimación del sesgo del laboratorio

Considerando  $x_i$  como el resultado informado por los laboratorios participantes para cada concentración de gas ensayada, se estima el sesgo  $S$  como:

$$S = x_i - c_i$$

donde  $c_i$  es el valor asignado.

Los criterios establecidos para la evaluación del sesgo son:

$ S  \leq 2,0 \times \hat{\sigma}$	Resultados satisfactorios
$3,0 \times \hat{\sigma} \geq  S  > 2,0 \times \hat{\sigma}$	Resultados cuestionables
$ S  > 3,0 \times \hat{\sigma}$	Resultados no satisfactorios





### 6.1.1 Monóxido de nitrógeno

Las tablas 23, 24, 25, 26 y 27 muestran el valor del sesgo (S) expresado en nmol/mol y el error relativo (ER) expresado en %, obtenidos por cada uno de los participantes con respecto al valor asignado a cada concentración de NO.

c1	x* = 418,13 nmol/mol	EA nmol/mol)	ER
A_2	420,00	-1,87	-0,4%
B_2	403,43	14,70	3,5%
C_2	419,93	-1,80	-0,4%
D_2	415,72	2,41	0,6%
E_2	410,49	7,64	1,8%
F_2	428,51	-10,38	-2,5%
G_2	424,63	-6,50	-1,6%
H_2	432,36	-14,23	-3,4%
I_2	416,99	1,14	0,3%

Tabla 23. – Sesgo y error relativo de los participantes para la concentración c2 de NO (418,13 nmol/mol)

c2	x* = 253,97 nmol/mol	EA nmol/mol	ER
A_2	255,00	-1,03	-0,4%
B_2	244,36	9,61	3,8%
C_2	251,88	2,09	0,8%
D_2	251,49	2,48	1,0%
E_2	246,17	7,80	3,1%
F_2	257,37	-3,40	-1,3%
G_2	258,08	-4,11	-1,6%
H_2	259,15	-5,18	-2,0%
I_2	251,74	2,23	0,9%

Tabla 24. – Sesgo y error relativo de los participantes para la concentración c2 de NO (253,97 nmol/mol)



INFORME FINAL DEL SEGUNDO EJERCICIO DE  
INTERCOMPARACIÓN DE  
MÓNOXIDO DE NITRÓGENO Y DIÓXIDO DE  
NITRÓGENO. GRUPO 2. (2015)



c3	x* = 115,01 nmol/mol	EA nmol/mol	ER
A_2	115,00	0,01	0,0%
B_2	110,03	4,98	4,3%
C_2	111,10	3,91	3,4%
D_2	113,12	1,89	1,6%
E_2	109,45	5,56	4,8%
F_2	114,08	0,93	0,8%
G_2	116,64	-1,63	-1,4%
H_2	112,48	2,53	2,2%
I_2	112,45	2,56	2,2%

Tabla 25. – Sesgo y error relativo de los participantes para la concentración c3 de NO (115,01 nmol/mol)

c4	x* = 503,07 nmol/mol	EA nmol/mol	ER
A_2	506,00	-2,93	-0,6%
B_2	483,45	19,62	3,9%
C_2	503,06	0,01	0,0%
D_2	498,82	4,25	0,8%
E_2	495,27	7,80	1,5%
F_2	514,31	-11,24	-2,2%
G_2	508,68	-5,61	-1,1%
H_2	520,66	-17,59	-3,5%
I_2	501,96	1,11	0,2%

Tabla 26. – Sesgo y error relativo de los participantes para la concentración c4 de NO (503,07 nmol/mol)



INFORME FINAL DEL SEGUNDO EJERCICIO DE  
INTERCOMPARACIÓN DE  
MÓNOXIDO DE NITRÓGENO Y DIÓXIDO DE  
NITRÓGENO. GRUPO 2. (2015)



c5	x* = 310,60 nmol/mol	EA nmol/mol	ER
A_2	311,00	-0,40	-0,1%
B_2	297,94	12,66	4,1%
C_2	310,62	-0,02	0,0%
D_2	307,18	3,42	1,1%
E_2	301,50	9,10	2,9%
F_2	314,00	-3,40	-1,1%
G_2	314,07	-3,47	-1,1%
H_2	318,41	-7,81	-2,5%
I_2	308,04	2,56	0,8%

Tabla 27. – Sesgo y error relativo de los participantes para la concentración c5 de NO (310,60 nmol/mol)

Las figuras 2, 3, 4, 5 y 6 muestran el grado de cumplimiento de los criterios de aceptación establecidos para la evaluación del sesgo de los participantes, para cada una de las concentraciones ensayadas.

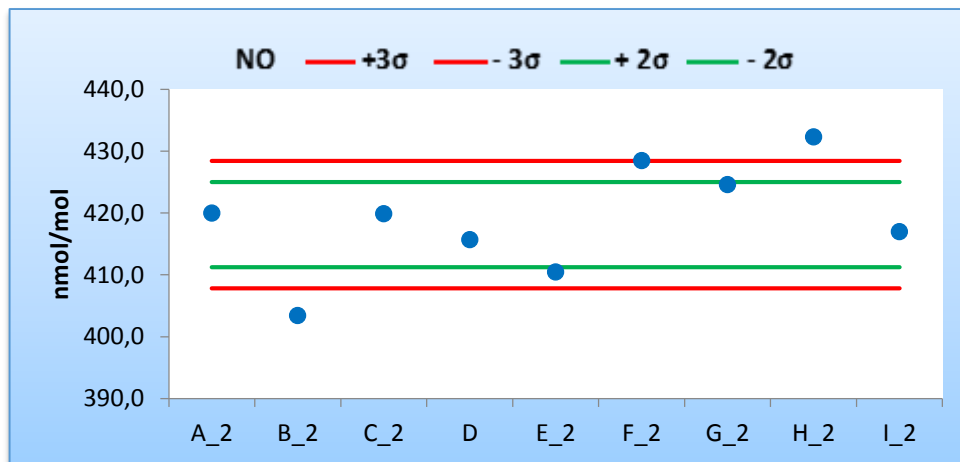


Figura 2 - Resultados y cumplimiento de los criterios de aceptación de sesgo de los laboratorios participantes para la concentración c1 de NO (418,13 nmol/mol)

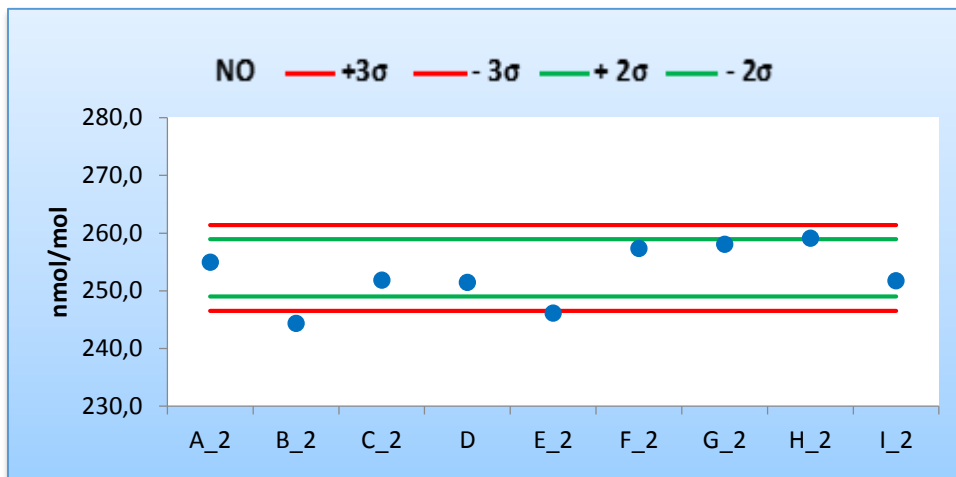


Figura 3 - Resultados y cumplimiento de los criterios de aceptación de sesgo de los laboratorios participantes para la concentración c2 de NO (253,97 nmol/mol)

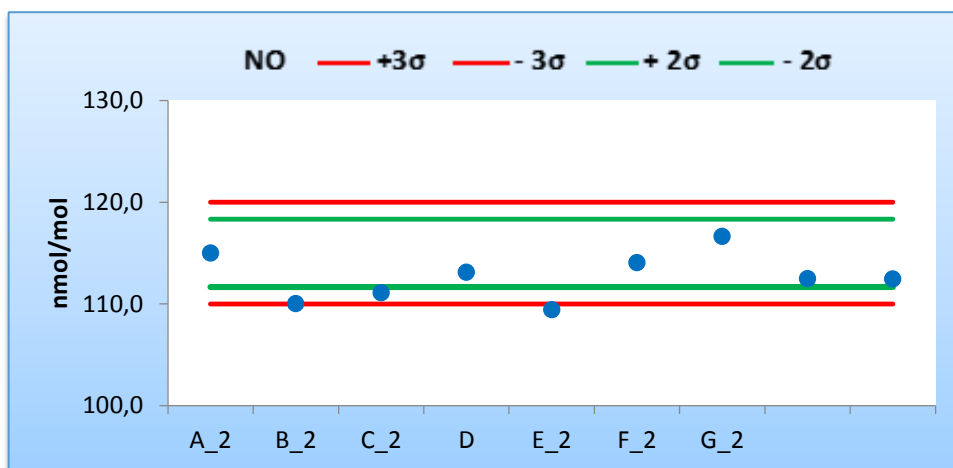


Figura 4 - Resultados y cumplimiento de los criterios de aceptación de sesgo de los laboratorios participantes para la concentración c3 de NO (115,01 nmol/mol)

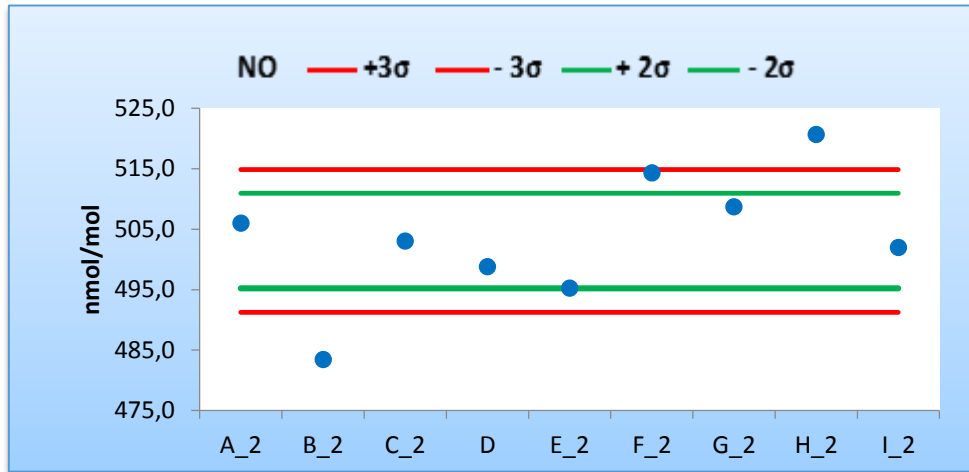


Figura 5 - Resultados y cumplimiento de los criterios de aceptación de sesgo de los laboratorios participantes para la concentración c4 de NO (503,07 nmol/mol)

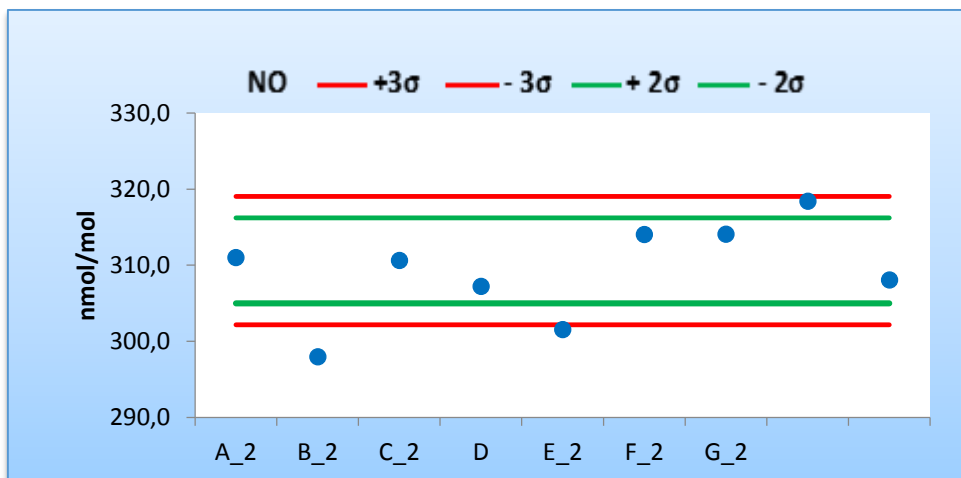


Figura 6 - Resultados y cumplimiento de los criterios de aceptación de sesgo de los laboratorios participantes para la concentración c5 de NO (310,60 nmol/mol)

La tabla 28, muestra un resumen de los resultados obtenidos por los distintos participantes para el valor de sesgo en la intercomparación de NO.



**INFORME FINAL DEL SEGUNDO EJERCICIO DE  
INTERCOMPARACIÓN DE  
MÓNOXIDO DE NITRÓGENO Y DIÓXIDO DE  
NITRÓGENO. GRUPO 2. (2015)**



	c1	c2	c3	c4	c5
A_2	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
B_2	No satisfactorio	No satisfactorio	Cuestionable	No satisfactorio	No satisfactorio
C_2	Satisfactorio	Satisfactorio	Cuestionable	Satisfactorio	Satisfactorio
D_2	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
E_2	Cuestionable	No satisfactorio	No satisfactorio	Satisfactorio	No satisfactorio
F_2	No satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Cuestionable	Satisfactorio
G_2	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
H_2	No satisfactorio	Cuestionable	Satisfactorio	No satisfactorio	Cuestionable
I_2	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio

Tabla 28.- Resultados de sesgo obtenidos por los participantes para las distintas concentraciones de NO ensayadas

### 6.1.2 Dióxido de nitrógeno

Las tablas 29, 30, 31, 32 y 33 muestran el valor del sesgo (S) expresado en nmol/mol y el error relativo (ER) expresado en %, obtenidos por cada uno de los participantes con respecto al valor asignado a cada concentración de NO<sub>2</sub>.

c6	x* = 206,65 nmol/mol	EA nmol/mol	ER
A_2	214,00	-7,35	-0,04
B_2	200,34	6,31	0,03
C_2	211,80	-5,15	-0,02
D_2	204,10	2,55	0,01
E_2	209,11	-2,46	-0,01
F_2	210,83	-4,18	-0,02
G_2	211,24	-4,59	-0,02
H_2	213,96	-7,31	-0,04
I_2	207,79	-1,14	-0,01

Tabla 29. – Sesgo y error relativo de los participantes para la concentración c6 de NO<sub>2</sub> (206,65 nmol/mol)



INFORME FINAL DEL SEGUNDO EJERCICIO DE  
INTERCOMPARACIÓN DE  
MÓNOXIDO DE NITRÓGENO Y DIÓXIDO DE  
NITRÓGENO. GRUPO 2. (2015)



c7	x* = 106,31 nmol/mol	EA nmol/mol	ER
A_2	113,00	-6,69	-6,3%
B_2	102,00	4,31	4,1%
C_2	111,45	-5,14	-4,8%
D_2	104,92	1,39	1,3%
E_2	110,26	-3,95	-3,7%
F_2	108,20	-1,89	-1,8%
G_2	108,34	-2,03	-1,9%
H_2	112,78	-6,47	-6,1%
I_2	106,46	-0,15	-0,1%

Tabla 30. – Sesgo y error relativo de los participantes para la concentración c7 de NO<sub>2</sub> (106,31 nmol/mol)

c8	x* = 153,10 nmol/mol	EA nmol/mol	ER
A_2	160,00	-6,90	-4,5%
B_2	147,77	5,33	3,5%
C_2	157,34	-4,24	-2,8%
D_2	150,26	2,84	1,9%
E_2	157,39	-4,29	-2,8%
F_2	156,02	-2,92	-1,9%
G_2	155,94	-2,84	-1,9%
H_2	159,94	-6,84	-4,5%
I_2	153,56	-0,46	-0,3%

Tabla 31. – Sesgo y error relativo de los participantes para la concentración c8 de NO<sub>2</sub> (153,10 nmol/mol)



INFORME FINAL DEL SEGUNDO EJERCICIO DE  
INTERCOMPARACIÓN DE  
MÓNOXIDO DE NITRÓGENO Y DIÓXIDO DE  
NITRÓGENO. GRUPO 2. (2015)



c9	x* = 31,89 nmol/mol	EA nmol/mol	ER
A_2	39,00	-7,11	-22,3%
B_2	29,17	2,72	8,5%
C_2	34,15	-2,26	-7,1%
D_2	31,34	0,55	1,7%
E_2	36,62	-4,73	-14,8%
F_2	31,39	0,50	1,6%
G_2	31,88	0,01	0,0%
H_2	38,21	-6,32	-19,8%
I_2	31,39	0,50	1,6%

Tabla 32. – Sesgo y error relativo de los participantes para la concentración c9 de NO<sub>2</sub> (31,89 nmol/mol)

c10	x* = 60,87 nmol/mol	EA nmol/mol	ER
A_2	68,00	-7,13	-11,7%
B_2	57,67	3,20	5,3%
C_2	64,19	-3,32	-5,5%
D_2	59,90	0,97	1,6%
E_2	65,58	-4,71	-7,7%
F_2	61,22	-0,35	-0,6%
G_2	61,64	-0,77	-1,3%
H_2	67,15	-6,28	-10,3%
I_2	60,32	0,55	0,9%

Tabla 33. – Sesgo y error relativo de los participantes para la concentración c10 de NO<sub>2</sub> (60,87 nmol/mol)

Las figuras 7, 8, 9, 10 y 11 muestran el grado de cumplimiento de los criterios de aceptación establecidos para la evaluación del sesgo de los participantes, para cada una de las concentraciones de NO<sub>2</sub> ensayadas.



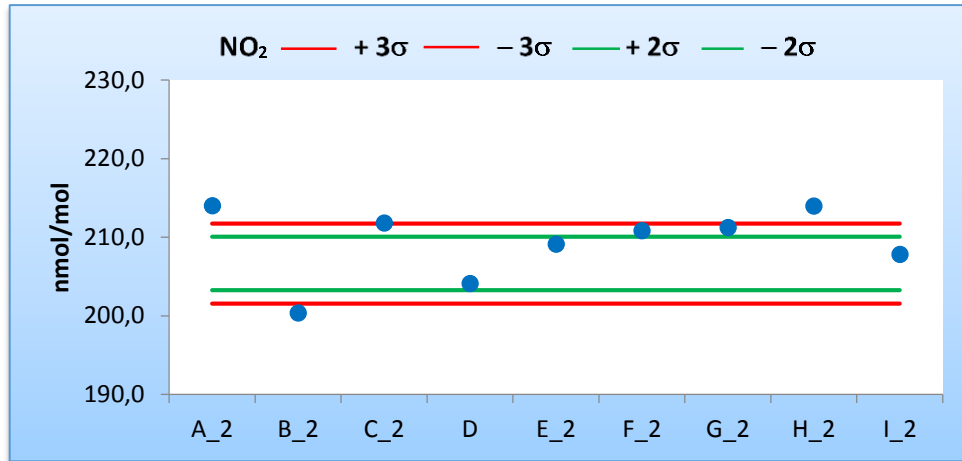


Figura 7 - Resultados y cumplimiento de los criterios de aceptación de sesgo de los laboratorios participantes para la concentración c6 de NO<sub>2</sub> (206,65 nmol/mol)

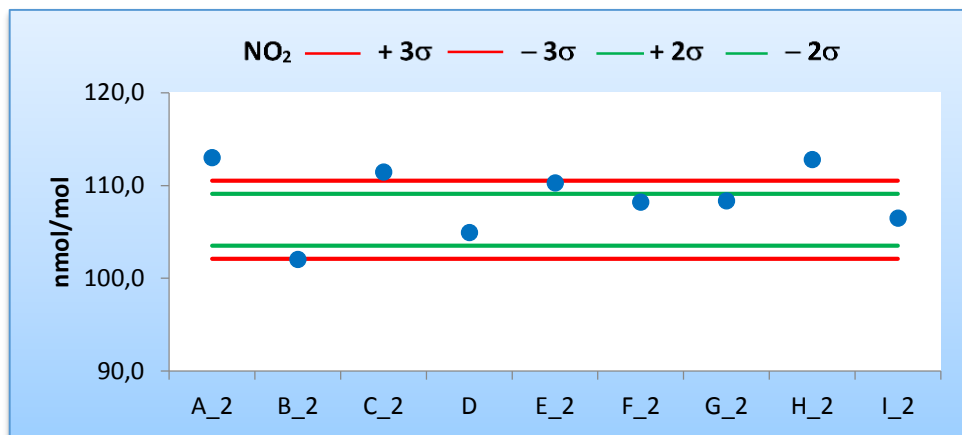


Figura 8 - Resultados y cumplimiento de los criterios de aceptación de sesgo de los laboratorios participantes para la concentración c7 de NO<sub>2</sub> (106,31 nmol/mol)

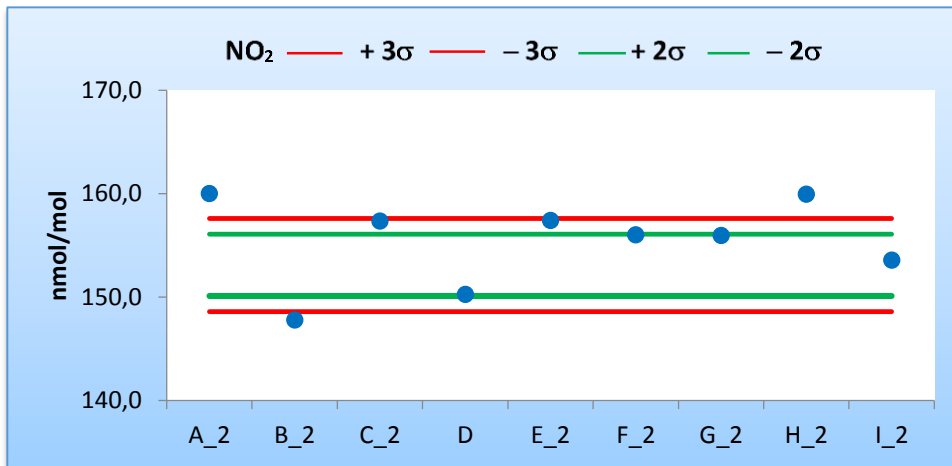


Figura 9 - Resultados y cumplimiento de los criterios de aceptación de sesgo de los laboratorios participantes para la concentración c8 de NO<sub>2</sub> (153,10 nmol/mol)

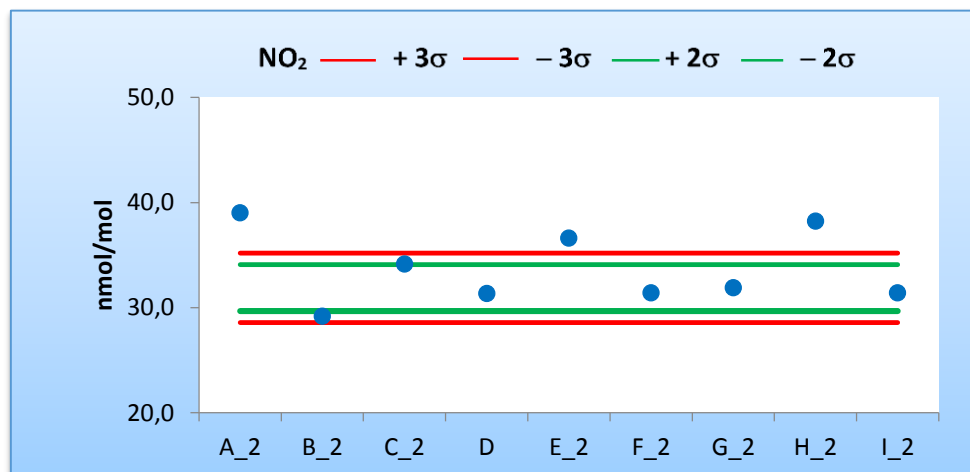


Figura 20 - Resultados y cumplimiento de los criterios de aceptación de sesgo de los laboratorios participantes para la concentración c9 de NO<sub>2</sub> (31,89 nmol/mol)

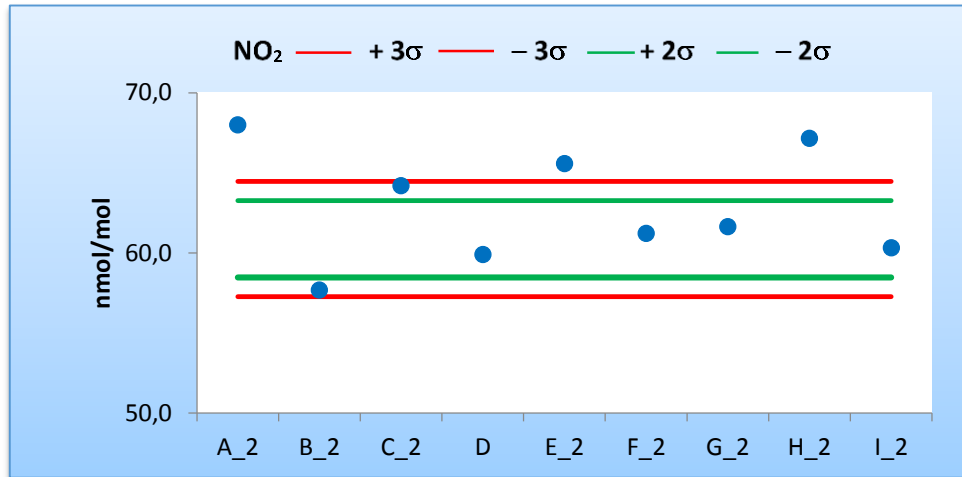


Figura 22 - Resultados y cumplimiento de los criterios de aceptación de sesgo de los laboratorios participantes para la concentración c10 de NO<sub>2</sub> (60,87 nmol/mol)

La tabla 34, muestra un resumen de los resultados obtenidos por los distintos participantes para el valor de sesgo en la intercomparación de NO<sub>2</sub>.

	c6	c7	c8	c9	c10
A_2	No satisfactorio	No satisfactorio	No satisfactorio	No satisfactorio	No satisfactorio
B_2	No satisfactorio	No satisfactorio	No satisfactorio	Cuestionable	Cuestionable
C_2	No satisfactorio	No satisfactorio	Cuestionable	Cuestionable	Cuestionable
D_2	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
E_2	Satisfactorio	Cuestionable	Cuestionable	No satisfactorio	No satisfactorio
F_2	Cuestionable	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
G_2	Cuestionable	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
H_2	No satisfactorio	No satisfactorio	No satisfactorio	No satisfactorio	No satisfactorio
I_2	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio

Tabla 34.- Resultados de sesgo obtenidos por los participantes para las distintas concentraciones de NO<sub>2</sub> ensayadas

### 6.2 z' score

La determinación del z' score se realiza para comparar el desempeño del laboratorio participante con respecto al resto de participantes, teniendo en cuenta la desviación típica objetivo del ejercicio de intercomparación y la incertidumbre del valor asignado. El valor de z' score se calcula para cada concentración ensayada según la ecuación:

$$z' \text{ score} = \frac{|x_i - c_i|}{\sqrt{\hat{\sigma}^2 + u_x^2}} = \frac{|x_i - c_i|}{\sqrt{(a \times [C] + b)^2 + u_x^2}}$$

donde

- $x_i$  es la concentración informada por cada participante, en nmol/mol
- $c_i$  es el valor asignado, en nmol/mol
- $\hat{\sigma}$  es la desviación típica objetivo del ejercicio de intercomparación, en nmol/mol
- $a$  es la pendiente obtenida de la regresión lineal
- $b$  es el termino independiente de la regresión lineal  $u_{ci}$  es la incertidumbre típica del valor asignado
- $u_x$  es la incertidumbre típica del valor asignado, en nmol/mol

Los criterios establecidos para la evaluación del  $z'$  score son:

- $|z' \text{ score}| \leq 2$ : resultados satisfactorios
- $2 < |z' \text{ score}| \leq 3$ : resultados cuestionables
- $|z' \text{ score}| > 3$ : resultados no satisfactorios

### 6.2.2 Monóxido de nitrógeno

Los resultados de  $z'$  score se muestran en la figura 12, para todas las concentraciones de NO ensayadas y agrupadas por participantes.

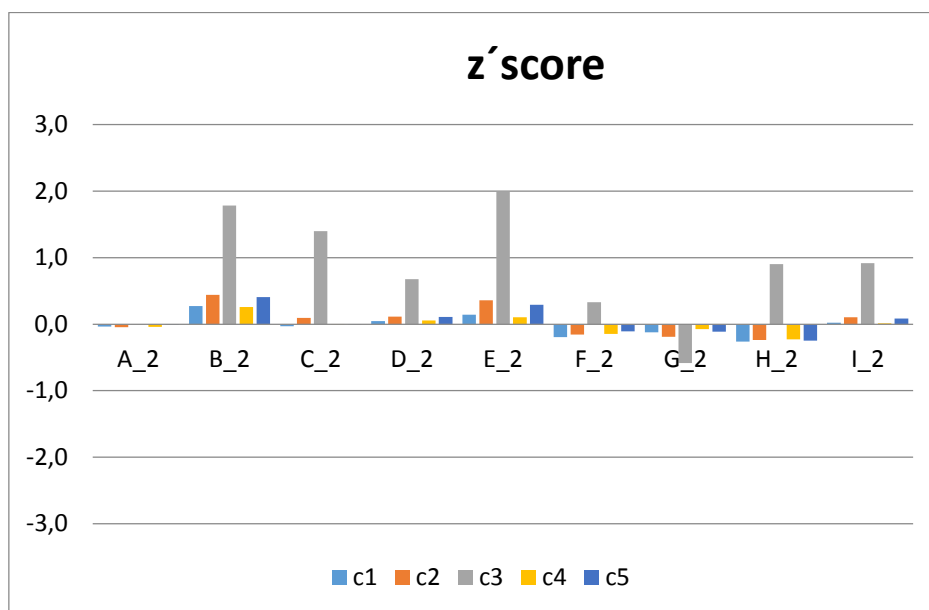


Figura 12 - Resultados de z' score para todos los participantes y todas las concentraciones de NO ensayadas

La tabla 35, muestra un resumen de los resultados obtenidos por los distintos participantes para el valor de z' score en la intercomparación de NO.

	C1	c2	c3	c4	c5
A_2	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
B_2	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
C_2	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
D_2	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
E_2	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
F_2	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
G_2	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
H_2	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
I_2	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio

Tabla 35.- Resultados obtenidos por los distintos participantes para el valor de z' score en la intercomparación de NO.

### 6.2.2 Dióxido de nitrógeno

Los resultados de z' score se muestran en la figura 13, para todas las concentraciones de NO<sub>2</sub> ensayadas y agrupadas por participantes.

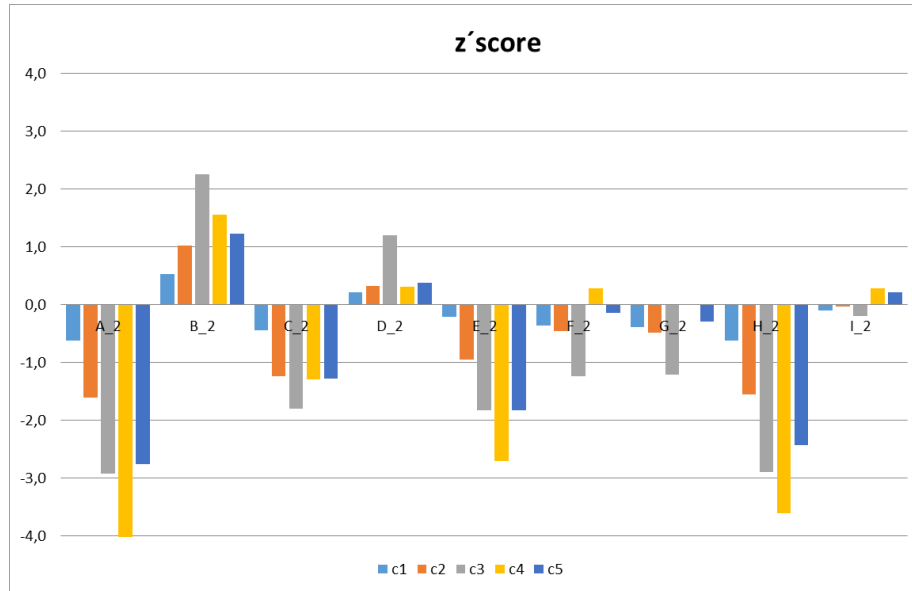


Figura 13 - Resultados de z'score para todos los participantes y todas las concentraciones de NO<sub>2</sub> ensayadas

La tabla 36, muestra un resumen de los resultados obtenidos por los distintos participantes para el valor de z'score en la intercomparación de NO<sub>2</sub>.

	c6	c7	c8	c9	c10
A_2	Satisfactorio	Satisfactorio	Cuestionable	No satisfactorio	Cuestionable
B_2	Satisfactorio	Satisfactorio	Cuestionable	Satisfactorio	Satisfactorio
C_2	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
D_2	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
E_2	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Cuestionable	Satisfactorio
F_2	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
G_2	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
H_2	Satisfactorio	Satisfactorio	Cuestionable	No satisfactorio	Cuestionable
I_2	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio

Tabla 36.- Resultados obtenidos por los distintos participantes para el valor de z'score en la intercomparación de NO<sub>2</sub>.

### 6.3 Número $E_n$

La determinación del estadístico  $E_n$  permite evaluar la compatibilidad del valor medido por los participantes y el valor asignado, considerando la incertidumbre de medida asignada a ambos. Se realiza de acuerdo con la ecuación:

$$E_n = \frac{|x_i - c_i|}{\sqrt{U_{xi}^2 + U_{ci}^2}}$$

donde

$x_i$  es el valor medido por cada uno de los participantes, en nmol/mol

$c_i$  es el valor asignado como concentración de referencia, en nmol/mol

$U_{xi}$  es la incertidumbre expandida informada por cada participante, en nmol/mol

$U_{ci}$  es la incertidumbre expandida del valor asignado, en nmol/mol

Los criterios de aceptación de los valores de  $E_n$  son:

$E_n \leq 1,0$ : resultados satisfactorios

$E_n > 1,0$ : resultados no satisfactorios

#### 6.3.1 Monóxido de nitrógeno

La tabla 37 muestra los resultados de  $E_n$  obtenidos por los distintos participantes para todas las concentraciones ensayadas.



E <sub>n</sub>					
	c1	c2	c3	c4	c5
A_2	-0,1	-0,1	0,0	-0,1	0,0
B_2	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8
C_2	-0,1	0,1	0,4	0,0	0,0
D_2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
E_2	0,4	0,6	0,9	0,3	0,6
F_2	-0,8	-0,4	0,2	-0,7	-0,3
G_2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,1	-0,1
H_2	-0,5	-0,3	0,4	-0,5	-0,4
I_2	0,0	0,1	0,3	0,0	0,1

Tabla 37.- Resultados del estadístico E<sub>n</sub> para todos los participantes y todas la concentraciones de NO ensayadas.

Todos los participantes obtienen valores de E<sub>n</sub> ≤ 1,0 para todas las concentraciones de NO generadas.

En la figura 14, se muestra el sesgo de cada participante  $|x_i - c_i|$  con respecto al denominador de la ecuación del estadístico E<sub>n</sub>. Dicho gráfico, permite observar de manera rápida que laboratorios obtienen resultados satisfactorios (los laboratorios, en los que las barras de error toquen el eje de abscisas se corresponderían con valores de E<sub>n</sub> ≤ 1,0, y por tanto satisfactorios).

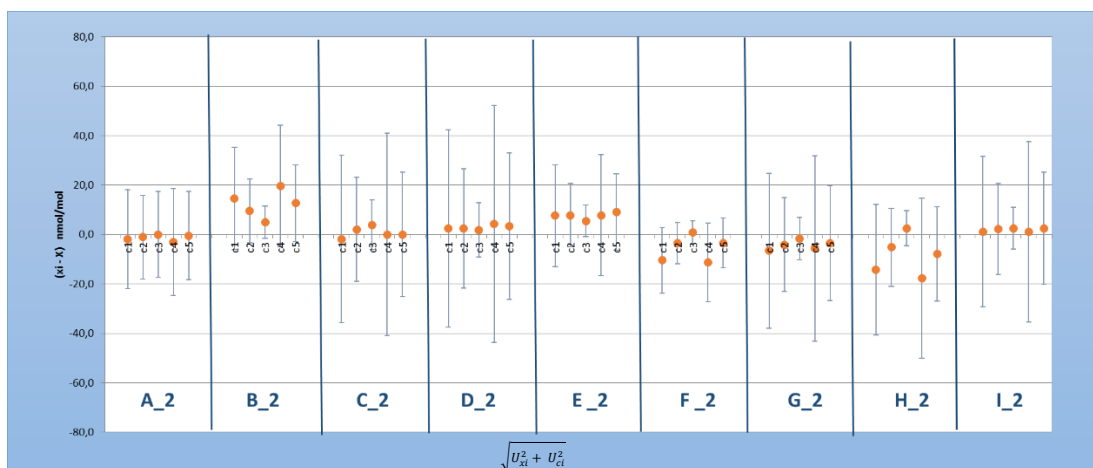


Figura 14.- Representación gráfica del sesgo de cada participante  $|x_i - c_i|$  con respecto al denominador de la ecuación del estadístico E<sub>n</sub> para las concentraciones de NO





### 6.3.2 Dióxido de nitrógeno

La tabla 38 muestra los resultados de  $E_n$  obtenidos por los distintos participantes para todas las concentraciones ensayadas.

En					
	c6	c7	c8	c9	c10
A_2	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
B_2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
C_2	-0,3	-0,5	-0,3	-0,5	-0,5
D_2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2
E_2	-0,2	-0,4	-0,4	-0,8	-0,7
F_2	-0,7	-0,5	-0,6	0,2	-0,1
G_2	-0,2	-0,2	-0,2	0,0	-0,1
H_2	-0,5	-0,9	-0,7	-2,4	-1,5
I_2	-0,1	0,0	0,0	0,2	0,1

Tabla 38.- Resultados del estadístico  $E_n$  para todos los participantes y todas las concentraciones de  $\text{NO}_2$  ensayadas.

Únicamente el participante H\_2 obtiene resultados de  $E_n$  no satisfactorios para las concentraciones c9 y c10 de  $\text{NO}_2$  ensayadas. El resto de los participantes obtienen valores de  $E_n \leq 1,0$  en todos los casos.

En la figura 15, se muestra el sesgo de cada participante  $|x_i - c_i|$  con respecto al denominador de la ecuación del estadístico  $E_n$ . Dicho gráfico, permite observar de manera rápida que laboratorios obtienen resultados satisfactorios (los laboratorios, en los que las barras de error toquen el eje de abscisas se corresponderán con valores de  $E_n \leq 1,0$  y por tanto satisfactorios).

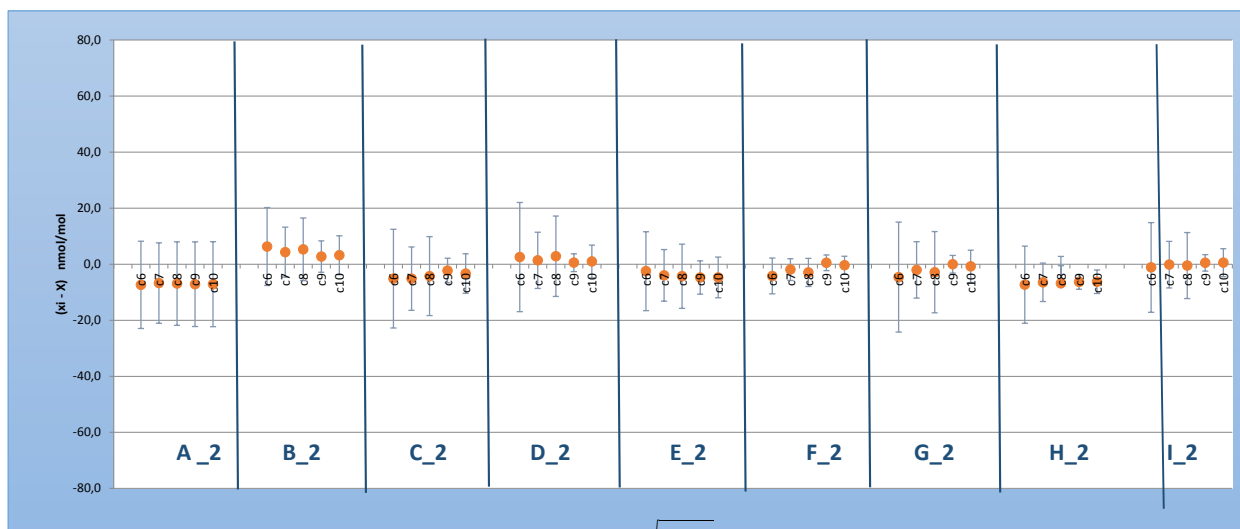


Figura 15.- Representación gráfica del sesgo de cada participante  $|x_i - c_i|$  con respecto al denominador de la ecuación del estadístico  $E_n$  para las concentraciones de  $\text{NO}_2$



### 6.4 Interpretación de los resultados

Para la interpretación de los resultados del ejercicio de intercomparación a partir de los estadísticos  $z'$  score y  $E_n$ , se ha desarrollado el siguiente diagrama, en el que se establecen 6 categorías (a2 a a6), definidas como:

- a1: resultados completamente satisfactorios ( $z'$  score satisfactorio y  $E_n$  satisfactorio).
- a2: resultados satisfactorios ( $z'$  score satisfactorio), pero  $E_n$  no satisfactorio. El valor de la incertidumbre podría estar subestimado.
- a3: resultados cuestionables ( $z'$  score cuestionable), y  $E_n$  satisfactorio. La incertidumbre informada podría estar sobreestimada.
- a4: resultados cuestionables ( $z'$  score cuestionable), y  $E_n$  no satisfactorio.
- a5: resultados no satisfactorios ( $z'$  score no satisfactorio), y  $E_n$  satisfactorio. La incertidumbre informada podría estar sobreestimada.
- a6: resultados no satisfactorios ( $z'$  score y  $E_n$  no satisfactorios).

La figura 16 muestra el diagrama de categorías establecido para evaluar los resultados de la intercomparación:

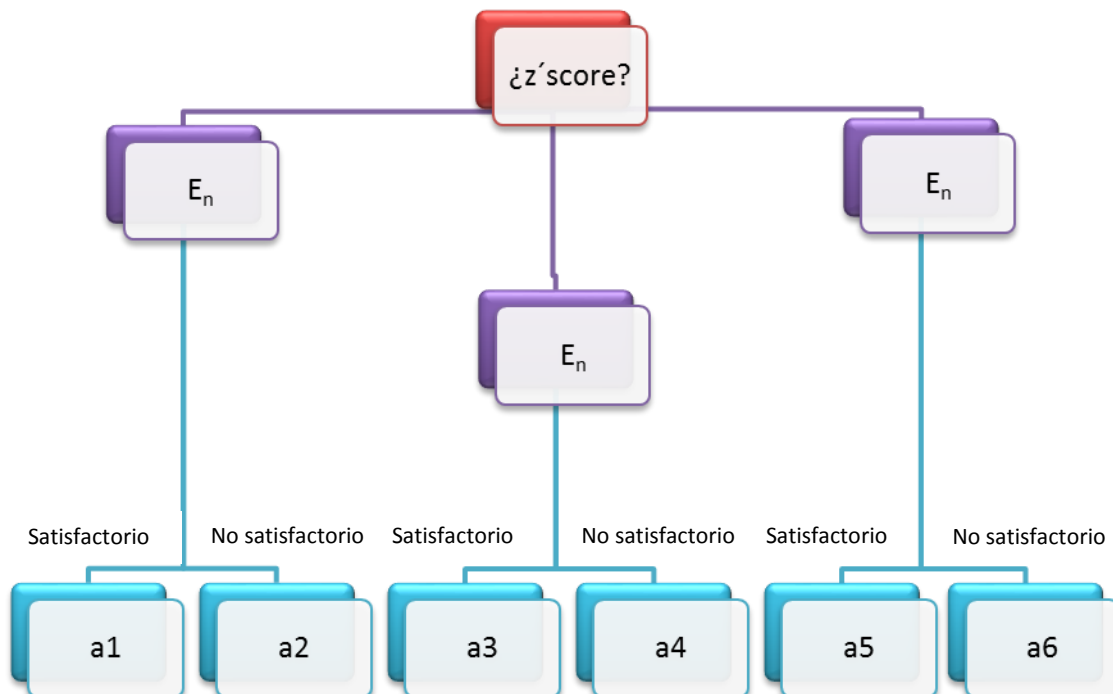


Figura 16.- Diagrama para la evaluación de los resultados obtenidos en el ejercicio de intercomparación



#### 6.4.2 Monóxido de nitrógeno

La tabla 39, muestra la categoría obtenida por cada participante para cada una de las concentraciones de NO ensayadas:

Laboratorio participante	Nivel de concentración	Categoría obtenida
A_2	c1	a1
	c2	a1
	c3	a1
	c4	a1
	c5	a1
B_2	c1	a1
	c2	a1
	c3	a1
	c4	a1
	c5	a1
C_2	c1	a1
	c2	a1
	c3	a1
	c4	a1
	c5	a1
D_2	c1	a1
	c2	a1
	c3	a1
	c4	a1
	c5	a1
E_2	c1	a1
	c2	a1
	c3	a1
	c4	a1
	c5	a1
F_2	c1	a1
	c2	a1
	c3	a1
	c4	a1
	c5	a1
G_2	c1	a1
	c2	a1
	c3	a1
	c4	a1
	c5	a1

<b>H_2</b>	c1	a1
	c2	a1
	c3	a1
	c4	a1
	c5	a1
<b>I_2</b>	c1	a1
	c2	a1
	c3	a1
	c4	a1
	c5	a1

Tabla 39.- Interpretación de los resultados obtenidos por cada participante para NO

#### 6.4.2 Dióxido de nitrógeno

La tabla 40, muestra la categoría obtenida por cada participante para cada una de las concentraciones de NO<sub>2</sub> ensayadas:

Laboratorio participante	Nivel de concentración	Categoría obtenida
<b>A_2</b>	c6	a1
	c7	a1
	c8	<b>a3</b>
	c9	<b>a5</b>
	c10	<b>a3</b>
<b>B_2</b>	c6	a1
	c7	a1
	c8	<b>a3</b>
	c9	a1
	c10	a1
<b>C_2</b>	c6	a1
	c7	a1
	c8	a1
	c9	a1
	c10	a1
<b>D_2</b>	c6	a1
	c7	a1
	c8	a1
	c9	a1
	c10	a1
<b>E_2</b>	c6	a1
	c7	a1
	c8	a1
	c9	<b>a3</b>
	c10	a1

<b>F_2</b>	c6	a1
	c7	a1
	c8	a1
	c9	a1
	c10	a1
<b>G_2</b>	c6	a1
	c7	a1
	c8	a1
	c9	a1
	c10	a1
<b>H_2</b>	c6	a1
	c7	a1
	c8	<b>a3</b>
	c9	<b>a6</b>
	c10	<b>a4</b>
<b>I_2</b>	c6	a1
	c7	a1
	c8	a1
	c9	a1
	c10	a1

Tabla 40.- Interpretación de los resultados obtenidos por cada participante para NO<sub>2</sub>

## 7 SISTEMA DE CALIDAD SEGUIDO POR LOS PARTICIPANTES

Con el fin de conocer y evaluar las actividades de control de calidad, calibración y cálculo de incertidumbres desarrollado por cada uno de los organismos participantes, el ISCIII entregó a cada participante un cuestionario sobre la trazabilidad de sus medidas, las actividades de verificación y calibración llevadas a cabo y el cálculo de incertidumbre realizado.

La tabla 41 resume la información aportada por los participantes en relación con la última calibración realizada al analizador empleado en el ejercicio de intercomparación de NO y NO<sub>2</sub>.



PARTICIPANTE	Fecha/Lugar de calibración	Rango de calibración / nº de concentraciones ensayadas	Material de referencia empleado	Incertidumbre de calibración
<b>A_2</b>	30/09/2015 No ISCIII	NO: 0 nmol/mol – 240 nmol/mol; nº de concentraciones ensayadas: 6 NO <sub>2</sub> : 0 nmol/mol – 320 nmol/mol.; nº de concentraciones ensayadas: 6	Véase la tabla 2	NO: 6,87 % NO <sub>2</sub> : 10,87 %
<b>B_2</b>	22/10/2015		Fabricante: Abelló Linde	



**INFORME FINAL DEL SEGUNDO EJERCICIO DE INTERCOMPARACIÓN DE MÓNOXIDO DE NITRÓGENO Y DIÓXIDO DE NITRÓGENO. GRUPO 2. (2015)**



	No ISCIII	NO: 0 nmol/mol – 500 nmol/mol; nº de concentraciones ensayadas: 5 NO <sub>2</sub> : 0 nmol/mol – 261 nmol/mol.; nº de concentraciones ensayadas: 4	Conc. NO: 34,57 µmol/mol U (k =2): ± 1 % F. Caducidad: 02/07/2018 Certificado: ENAC Fabricante: Abelló Linde Conc. NO: 10,2 µmol/mol U (k =2): ± 1 % F. Caducidad: 22/08/2017 Certificado: ENAC	NO: (0,035 x NO +1,3) nmol/mol NO <sub>2</sub> : (0,040 x NO <sub>2</sub> + 4,2) nmol/mol
<b>C_2</b>	04/11/2015 No ISCIII	NO: 0 nmol/mol – 962 nmol/mol; nº de concentraciones ensayadas: 6 NO <sub>2</sub> : no informa calibración de NO <sub>2</sub>	Véase la tabla 2	NO: entre 5,29 nmol/mol y 18,01 nmol/mol según la concentración ensayada
<b>D_2</b>	11/11/2015 No ISCIII	NO: 0 nmol/mol – 1 000 nmol/mol; nº de concentraciones ensayadas: 6 NO <sub>2</sub> : no informa calibración de NO <sub>2</sub>	Véase la tabla 2	NO: entre 3,5 nmol/mol y 15,6 nmol/mol según la concentración ensayada
<b>E_2</b>	20/08/2015 No ISCIII	NO: 0 nmol/mol – 500 nmol/mol; nº de concentraciones ensayadas: 5 NO <sub>2</sub> : no informa calibración de NO <sub>2</sub>	Fabricante: Abelló Linde Conc. NO: 34,99 µmol/mol U (k =2): ± 1 % F. Caducidad: 02/07/2018 Certificado: ENAC Fabricante: Abelló Linde Conc. NO: 10,1 µmol/mol U (k =2): ± 1 % F. Caducidad: 22/08/2017 Certificado: ENAC	NO: (0,035 x NO +1,3) nmol/mol NO <sub>2</sub> : (0,040 x NO <sub>2</sub> + 4,2) nmol/mol
<b>F_2</b>	01/10/2015 No ISCIII	0 nmol/mol – 300 nmol/mol; nº de concentraciones ensayadas: 5 (No especifica parámetro)	Véase la tabla 2	5, 6 nmol/mol (No especifica parámetro)
<b>G_2</b>	10/11/2015 No ISCIII	NO: 0 nmol/mol – 1 000 nmol/mol; nº de concentraciones ensayadas: 5 NO <sub>2</sub> : 0 nmol/mol – 400 nmol/mol; nº de concentraciones ensayadas: 4	Véase la tabla 2	NO: entre 5,2 nmol/mol y 19,6 nmol/mol según la concentración ensayada NO <sub>2</sub> : entre 1,31 nmol/mol y 8,11 nmol/mol según la concentración ensayada
<b>H_2</b>	09/11/2015 No ISCIII	NO: 0 nmol/mol – 900 nmol/mol; nº de concentraciones ensayadas: 6 NO <sub>2</sub> : 0 nmol/mol – 250 nmol/mol; nº de concentraciones ensayadas: 5	Véase la tabla 2	5 % (No especifica parámetro)

 <p>MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD Laboratorio Nacional de Referencia (RD 102/2011 de 28 de enero)</p>	<p><b>INFORME FINAL DEL SEGUNDO EJERCICIO DE INTERCOMPARACIÓN DE MÓNOXIDO DE NITRÓGENO Y DIÓXIDO DE NITRÓGENO. GRUPO 2. (2015)</b></p>	
--	--	---

<b>I_2</b>	14/10/2015 No ISCIII	NO: 0 nmol/mol – 400 nmol/mol; no indica nº de concentraciones ensayadas. NO <sub>2</sub> : 0 nmol/mol – 400 nmol/mol; no indica nº de concentraciones ensayadas	Fabricante: Praxair	12,8 nmol/mol (No especifica parámetro)
			Conc. NO: 20,05 µmol/mol	
			U (k =2): ± 0,28 µmol/mol	
			F. Caducidad: 14/10/2016	
			Certificado: ENAC	

Tabla 41.- Información aportada por los participantes en relación con la última calibración realizada al analizador empleado en el ejercicio de intercomparación

Todos los participantes informan la realización de una calibración previa de NO a la participación en el ejercicio de intercomparación, si bien el participante F\_2 no especifica el parámetro para el cual se realizó la calibración previa del analizador. Los participantes C\_2, D\_2 y E\_2 no informan la realización de la calibración de NO<sub>2</sub>. Algunos participantes (A\_2, F\_2 e I\_2) han realizado la calibración en un rango más bajo que el utilizado en la generación de mezclas de la intercomparación. El participante A\_2, calibra el NO<sub>2</sub> en un rango superior a la calibración realizada al NO, lo cual no es adecuado.

En relación a los materiales de referencia empleados para la calibración de los analizadores, a excepción del participante D\_2, todos los participantes emplean para la calibración un material de referencia acreditado. El participante D\_2 no indica si el material de referencia empleado en la calibración del analizador cuenta con certificado ENAC o equivalente.

Los participantes F\_2, H\_2 e I\_2 informan una incertidumbre de calibración sin especificar a qué parámetro se refiere. Los participantes C\_2 y D\_2 no informan incertidumbre expandida de calibración de NO<sub>2</sub>.

La tabla 42 resume la información aportada por los participantes en relación con la última verificación realizada al analizador empleado en el ejercicio de intercomparación.

PARTICIPANTE	Fecha/Lugar de verificación	Concentraciones ensayadas	Material de referencia empleado
<b>A_2</b>	12/11/2015 ISCIII	NO: 0 nmol/mol, 200 nmol/mol y 400 nmol/mol NO <sub>2</sub> : 0 nmol/mol y 200 nmol/mol	Véase la tabla 2
<b>B_2</b>	12/11/2015 ISCIII	NO: 0 nmol/mol, 100 nmol/mol y 400 nmol/mol NO <sub>2</sub> : no informa su realización	Véase la tabla 2
<b>C_2</b>	04/11/2015 No ISCIII	NO: 0 nmol/mol, y 760,7 nmol/mol NO <sub>2</sub> : no informa verificación de NO <sub>2</sub>	Fabricante: Praxair
			Conc. NO: 43,1 µmol/mol
			U (k =2): ± 1,72 µmol/mol
			F. Caducidad: 27/06/2017
<b>D_2</b>	11/11/2015 No ISCIII	NO: 0 nmol/mol, y 800 nmol/mol NO <sub>2</sub> : no informa verificación de NO <sub>2</sub>	Fabricante: Air Liquide
			Conc. NO: 30,41 µmol/mol
			U (k =2): ± 0,25 µmol/mol

			F. Caducidad: 11/07/2017
<b>E_2</b>	12/11/2015 ISCIH	NO: 0 nmol/mol, 100 nmol/mol, 300 nmol/mol y 400 nmol/mol NO <sub>2</sub> : no informa su realización	Véase la tabla 2
<b>F_2</b>	12/11/2015 ISCIH	0 nmol/mol y 300 nmol/mol (no se especifica parámetro)	Véase la tabla 2
<b>G_2</b>	12/11/2015 ISCIH	NO: 0 nmol/mol y 800 nmol/mol NO <sub>2</sub> : 0 nmol/mol y 200 nmol/mol	Véase la tabla 2
<b>H_2</b>	11/11/2015 ISCIH	NO: 200 nmol/mol y 700 nmol/mol NO <sub>2</sub> : 50 nmol/mol y 200 nmol/mol	Véase la tabla 2
<b>I_2</b>	12 y 13/11/2015 ISCIH	0 nmol/mol y 500 nmol/mol (No especifica parámetro)	Fabricante: Linde Conc. NO: 20,95 µmol/mol U (k =2): ± 0,21 µmol/mol F. Caducidad: 07/02/2016

Tabla 42.- Información aportada por los participantes en relación con la última verificación realizada al analizador empleado en el ejercicio de intercomparación

Todos los participantes realizaron una verificación de NO, posterior a la calibración indicada en la tabla 41. A excepción de los participantes A\_2, G\_2 y H\_2, no hay evidencia de que los participantes realicen verificación de NO<sub>2</sub>.

Algunos participantes (A\_2, F\_2, G\_2 y H\_2) utilizan para la verificación del analizador el mismo material de referencia que el empleado para la calibración del mismo, lo que no es adecuado.

Finalmente, la tabla 43 resume la información aportada por los participantes en relación con los componentes de incertidumbre considerados en la estimación de la incertidumbre de medida durante el ejercicio de intercomparación.

PARTICIPANTE	Componentes					Otros componentes
	Calibración	Resolución	Repetibilidad	Deriva	Promedio	
<b>A_2</b>	X	X	X	X	X	Variación de voltaje, temperatura, presión, temperatura circundante. Deriva cero. Diferencia entre el puerto de muestreo. Y el de calibración. Interferentes
<b>B_2</b>	X	X	X	X	X	---
<b>C_2</b>	X	X	X	X	X	Eficiencia del convertidor
<b>D_2</b>	X	X	X	X	X	Eficiencia del convertidor. Falta de ajuste en el valor límite horario. Variación de voltaje, temperatura, presión, temperatura circundante. Diferencia



						entre el puerto de muestreo y el de calibración. Interferentes
E_2	X	X	X	X	X	---
F_2	X	X	X	X	X	---
G_2	X	X	X	X	X	Control de calidad. Eficiencia del convertidor
H_2	X	---	X	X	---	Repetibilidad del cero Falta de ajuste Eficiencia del convertidor
I_2	X	X	---	X	---	Indicación de la medida. Eficiencia del convertidor

Tabla 43.- Información aportada por los participantes en relación con los componentes de incertidumbre considerados en la estimación de la incertidumbre de medida de NO y NO<sub>2</sub>

En la estimación de la incertidumbre de medida, únicamente el participante G\_2 considera la incertidumbre del criterio de aceptación del control de calidad, lo que es necesario. Algunos participantes no consideran algunos componentes importantes como la incertidumbre de resolución y del promedio (H\_2), o la incertidumbre de repetibilidad y del promedio (I\_2). Únicamente los participantes C\_2, D\_2, G\_2 y H\_2 consideran la incertidumbre de la eficiencia del convertidor como un componente de la incertidumbre de medida e NO<sub>2</sub>.

## 8 CONCLUSIONES

A partir de los resultados del ejercicio de intercomparación de NO, se concluye que:

- Los participantes A\_2, D\_2, G\_2 e I\_2 obtienen resultados satisfactorios de sesgo. El participante C\_2 obtiene un valor de sesgo cuestionable para la concentración c3. El resto de participantes obtiene valores de sesgo no satisfactorios para alguna de las concentraciones ensayadas.
- Todos los participantes obtienen resultados de z' score satisfactorios.
- Todos los participantes obtienen valores satisfactorios de E<sub>n</sub>.

De acuerdo con el modelo para la interpretación de los resultados del ejercicio de intercomparación de NO a partir de los estadísticos z' score y E<sub>n</sub>, se concluye que todos los participantes obtienen resultados completamente satisfactorios para NO.

A partir de los resultados del ejercicio de intercomparación de NO<sub>2</sub>, se concluye que:

- Los participantes D\_2 e I\_2 obtienen resultados satisfactorios de sesgo para todas las concentraciones de NO<sub>2</sub> generadas. Los participantes F\_2 y G\_2 obtienen un resultado cuestionable de sesgo para la

concentración c6. El resto de los participantes obtienen algunos resultados de sesgo no satisfactorios para más de una de las concentraciones ensayadas.



- Los participantes C\_2, D\_2, F\_2, G\_2 e I\_2 obtienen resultados de z'score satisfactorio. Los participante4s B\_2 y E\_2 obtienen un resultado de z'score cuestionable para las concentraciones c8 y c9 respectivamente. EL resto de los participantes (A\_2 y H\_2) obtienen resultados cuestionables para las concentraciones c8 y c10 y no satisfactorio para la concentración c9.

De acuerdo con el modelo para la interpretación de los resultados del ejercicio de intercomparación de NO<sub>2</sub> a partir de los estadísticos z'score y E<sub>n</sub>, se concluye que:

- Los participantes C\_2, D\_2, F\_2, G\_2 e I\_2 obtienen para NO<sub>2</sub>, resultados completamente satisfactorios (a1), lo cual se traduce, en una adecuado desempeño teniendo en cuenta la desviación típica objetivo del ejercicio de intercomparación y en una adecuada compatibilidad del valor medido por los participantes y el valor asignado, considerando la incertidumbre de medida de ambos.
- Los participantes A\_2, B\_2 E\_2 y H\_2 obtienen calificación a3 para alguna de las concentraciones generadas.
- El participante H\_2 obtiene calificación a4 para la concentración c10, ya que a incertidumbre informada podría estar sobreestimada.
- El participante A\_2 obtiene calificación a5 para la concentración c9, lo que podría indicar que incertidumbre informada puede estar sobreestimada.
- Finalmente el participante H\_2 obtiene calificación a6 para la concentración c9, lo que indica que el resultado no es compatible con el valor asignado para dicha concentración.

De la evaluación de la información aportada por los participantes en cuanto a las actividades de calibración y control de calidad llevada a cabo antes, durante y una vez finalizado el ejercicio de intercomparación, en función de los requisitos de la norma UNE – EN ISO/IEC 27025 se puede concluir que:

- Todos los participantes informan la realización de una calibración previa de NO a la participación en el ejercicio de intercomparación, si bien el participante F\_2 no especifica el parámetro para el cual se realizó la calibración previa del analizador.
- Los participantes C\_2, D\_2 y E\_2 no informan la realización de la calibración de NO<sub>2</sub>.
- Algunos participantes (A\_2, F\_2 e I\_2) han realizado la calibración en un rango más bajo que el utilizado en la generación de mezclas de la intercomparación.
- El participante A\_2, calibra el NO<sub>2</sub> en un rango superior a la calibración realizada al NO, lo cual no es adecuado.
- Los participantes F\_2, H\_2 e I\_2 informan una incertidumbre de calibración sin especificar a qué parámetro se refiere. Los participantes C\_2 y D\_2 no informan incertidumbre expandida de calibración de NO<sub>2</sub>.
- Todos los participantes realizaron una verificación de NO, posterior a la calibración

 <p>MINISTERIO DE ECONOMÍA Y COMPETITIVIDAD</p> <p>Laboratorio Nacional de Referencia (RD 102/2011 de 28 de enero)</p>	<p><b>INFORME FINAL DEL SEGUNDO EJERCICIO DE INTERCOMPARACIÓN DE MÓNOXIDO DE NITRÓGENO Y DIÓXIDO DE NITRÓGENO. GRUPO 2. (2015)</b></p>	
---	--	---

- A excepción de los participantes A\_2, G\_2 y H\_2, no hay evidencia de que los participantes realicen verificación de NO<sub>2</sub>.
- Algunos participantes (A\_2, F\_2, G\_2 y H\_2) utilizan para la verificación del analizador el mismo material de referencia que el empleado para la calibración del mismo.
- En la estimación de la incertidumbre de medida, únicamente el participante G\_2 considera la incertidumbre del criterio de aceptación del control de calidad.
- Algunos participantes no consideran algunos componentes importantes, como la incertidumbre típica de resolución y de promedio (H\_2), o la incertidumbre típica de repetibilidad y de promedio (I\_2).
- Únicamente los participantes C\_2, D\_2, G\_2 y H\_2 consideran la incertidumbre de la eficiencia del convertidor como un componente de la incertidumbre de medida e NO<sub>2</sub>.

## 9 RECOMENDACIONES

- Revisar, en aquellos casos en los que resulte procedente, la metodología y las actividades de control de calidad con el objetivo de obtener resultados satisfactorios en los diferentes parámetros de evaluación del desempeño.
- Realizar las actividades de calibración y control de calidad pertinentes para el NO<sub>2</sub>.
- Verificar los analizadores con materiales de referencia distintos a los utilizados en la calibración, y llevando a cabo también la verificación del gas cero.
- Revisar la estimación de la incertidumbre y las contribuciones a la misma para la medida de NO.
- Realizar la estimación de la incertidumbre de medida de NO<sub>2</sub>.

## 10 COMPROMISO DE CONFIDENCIALIDAD DE LOS DATOS

El ISCIII ha asignado a cada participante un código alfanumérico que solo le ha sido comunicado a él, de modo que pueda consultar sus resultados en el informe y no ser identificado por ningún otro participante u organismo externo sin su consentimiento

Por su parte, la aceptación de participación en estos ejercicios de intercomparación conlleva el compromiso por parte de los participantes de tratar como confidencial cualquier información obtenida durante su estancia en el laboratorio de intercomparaciones, relacionada con la realización y resultados del ejercicio.

Fecha de emisión: 04/05/2016