

**NORMA Oficial Mexicana NOM-CCAM-004-ECOL/1993, que establece los métodos de medición para determinar la concentración de bióxido de nitrógeno en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.-  
Secretaría de Desarrollo Social.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-CCAM-004-ECOL/1993, QUE ESTABLECE LOS METODOS DE MEDICION PARA DETERMINAR LA CONCENTRACION DE BIOXIDO DE NITROGENO EN EL AIRE AMBIENTE Y LOS PROCEDIMIENTOS PARA LA CALIBRACION DE LOS EQUIPOS DE MEDICION.

SERGIO REYES LUJAN, Presidente del Instituto Nacional de Ecología, con fundamento en los artículos 32 fracción XXV de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 5o. fracción VIII, 8o. fracciones II y VII, 9o. apartado A) fracción V, 36, 43, 111 fracción III, 112 fracción VI, 160 y 171 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 7o. fracciones II y VI, 42 y 43 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera; 38 fracción II, 40 fracción X, 41, 43, 46, 47, 52, 62, 63 y 64 de la Ley Federal Sobre Metrología y Normalización; Primero y Segundo del Acuerdo por el que se delega en el Subsecretario de Vivienda y Bienes Inmuebles y en el Presidente del Instituto Nacional de Ecología, la facultad de expedir las normas oficiales mexicanas en materia de vivienda y ecología, respectivamente, y

**CONSIDERANDO**

Que la evaluación de la calidad del aire en los asentamientos humanos para efectos de difusión o información al público o cuando los resultados tengan validez oficial, requiere que los equipos de las estaciones y los sistemas de monitoreo, apliquen métodos homogéneos y confiables de medición para cada contaminante.

Que habiéndose cumplido el procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la elaboración de proyectos de normas oficiales mexicanas, el C. Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental ordenó la publicación del proyecto de norma oficial mexicana NOM-PA-CCAM-004/93, que establece los métodos de medición para determinar la concentración de bióxido de nitrógeno en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 23 de junio de 1993 con el objeto de que los interesados presentaran sus comentarios al citado Comité Consultivo.

Que la Comisión Nacional de Normalización determinó en sesión de fecha 1o. de julio de 1993, la sustitución de la clave NOM-PA-CCAM-004/93, con que fue publicado el proyecto de la presente norma oficial mexicana, por la clave NOM-CCAM-004-ECOL/1993, que en lo subsecuente la identificará.

Que durante el plazo de noventa días naturales contados a partir de la fecha de la publicación de dicho proyecto de norma oficial mexicana, los análisis a que se refiere el artículo 45 del citado ordenamiento jurídico, estuvieron a disposición del público para su consulta.

Que dentro del mismo plazo, los interesados presentaron sus comentarios al proyecto de norma, los cuales fueron analizados en el citado Comité Consultivo Nacional de Normalización, realizándose las modificaciones procedentes. La Secretaría de Desarrollo Social, por conducto del Instituto Nacional de Ecología, ordenó la publicación de las respuestas a los comentarios recibidos en la Gaceta Ecológica, Volumen V, número especial de octubre de 1993.

Que previa aprobación del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, en sesión de fecha 23 de septiembre del año en curso, he tenido a bien expedir la siguiente

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-CCAM-004-ECOL/1993, QUE ESTABLECE LOS METODOS DE MEDICION PARA DETERMINAR LA CONCENTRACION DE BIOXIDO DE NITROGENO EN EL AIRE AMBIENTE Y LOS PROCEDIMIENTOS PARA LA CALIBRACION DE LOS EQUIPOS DE MEDICION.**

## PREFACIO

En la elaboración de esta norma oficial mexicana participaron:

- SECRETARIA DE DESARROLLO SOCIAL
- . Instituto Nacional de Ecología
- SECRETARIA DE ENERGIA, MINAS E INDUSTRIA PARAESTATAL
- . Subsecretaría de Minas e Industria Básica
- . Comisión Nacional para el Ahorro de Energía
- DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL
- . Dirección General de Proyectos Ambientales
- GOBIERNO DEL ESTADO DE MEXICO
- . Secretaría de Ecología
- PETROLEOS MEXICANOS
- . Auditoría de Seguridad Industrial, Protección Ambiental y Ahorro de Energía
- . Gerencia de Protección Ambiental y Ahorro de Energía
- . Pemex-Gas y Petroquímica Básica
- . Gerencia de Seguridad Industrial y Protección Ambiental
- . Gerencia de Protección Ambiental
- INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
- CONFEDERACION PATRONAL DE LA REPUBLICA MEXICANA (COPARMEX)
- CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA TRANSFORMACION (CANACINTRA)
- ENVASES ZACATECAS, S.A. DE C.V.
- TAPAS Y TAPONES DE ZACATECAS, S.A. DE C.V.
- PINTURAS DE LARAPLAS, S.A.
- PROCTER & GAMBLE DE MEXICO, S.A. DE C.V.
- SERVICIOS PROFESIONALES EN CONTROL DE CONTAMINANTES, S.A.

## 1. OBJETO

Esta norma oficial mexicana establece el método de medición para determinar la concentración de bióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.

## 2. CAMPO DE APLICACION

Esta norma oficial mexicana es de observancia obligatoria en la operación de los equipos, estaciones o sistemas de monitoreo de la calidad del aire con fines de difusión o información al público o cuando los resultados tengan validez oficial.

### 3. REFERENCIAS

NMX-AA-23-1986 Terminología

### 4. DEFINICIONES

#### 4.1 Aire ambiente

Atmósfera en espacio abierto.

#### 4.2 Aire cero

El aire sometido a un proceso de depuración por métodos artificiales.

#### 4.3 Bióxido de nitrógeno

El gas cuya molécula compuesta por dos átomos de oxígeno y uno de nitrógeno, se forma en la atmósfera a partir del óxido de nitrógeno emitido por los procesos de combustión industrial y vehicular, a altas temperaturas y la acción de la radiación solar.

#### 4.4 Cilindro con gas patrón certificado

El recipiente cuyo contenido ha sido medido y certificado por la autoridad competente.

#### 4.5 Condiciones de referencia

La temperatura y presión barométrica a que se deben corregir los resultados de los muestreos y análisis de un contaminante en el aire. Estas condiciones son: temperatura 298 K (25°C) y presión barométrica 101 kPa (760 mm Hg).

#### 4.6 Equipo de calibración

El dispositivo o conjunto de dispositivos que permiten establecer el patrón de referencia contra el que se comparará la operación del equipo de medición.

#### 4.7 Equipo de medición

El conjunto de dispositivos instrumentales necesarios para medir la concentración de un contaminante.

#### 4.8 Estación de monitoreo

El conjunto de elementos técnicos diseñados para medir la concentración de contaminantes en el aire en forma simultánea, con el fin de evaluar la calidad del aire en una área determinada.

#### 4.9 Método de referencia

El procedimiento de análisis y medición descrito en una norma oficial mexicana, que debe aplicarse para determinar la concentración de un contaminante en el aire ambiente y que sirve también, en su caso, para contrastar el método equivalente, cuando éste se haya establecido por la Secretaría.

#### 4.10 Sistema de monitoreo

El conjunto de estaciones de monitoreo.

### 5. SIMBOLOS

#### 5.1 Notación

Símbolo	Concepto
FD	Flujo del aire de dilución cm <sup>3</sup> /min
FNO	Flujo de NO cm <sup>3</sup> /min
FT	Flujo total necesario a la salida del múltiple
F0	Flujo de aire en el generador de O <sub>3</sub> cm <sup>3</sup> ptn/min.
LSR	Límite superior del rango para el canal de NO en ppm.
NO <sub>optn</sub>	Concentración de NO sin diluir ppm.
[NO] <sub>orig</sub>	Concentración original de NO antes de la adición de O <sub>3</sub> , ppm.
[NO] <sub>RC</sub>	Concentración de NO en la cámara de reacción en ppm.
[NO] <sub>rem</sub>	Concentración de NO después de la adición de O <sub>3</sub> , ppm.
NO <sub>sal</sub>	Concentración de NO a la salida del múltiple en ppm.
[NO <sub>x</sub> ] <sub>orig</sub>	Concentración de NO <sub>x</sub> original antes de la adición de O <sub>3</sub> , ppm.
[NO <sub>x</sub> ] <sub>rem</sub>	Concentración de NO <sub>x</sub> remanente después de la adición de O <sub>3</sub> , ppm.
[NO <sub>x</sub> ] <sub>sal</sub>	Concentración diluída de NO <sub>x</sub> a la salida del múltiple, ppm.
[NO <sub>2</sub> ] <sub>conv</sub>	Concentración de NO <sub>2</sub> convertido, ppm.
[NO <sub>2</sub> ] <sub>IMP</sub>	Concentración de NO <sub>2</sub> como impureza del gas patrón NO, ppm.
[NO <sub>2</sub> ] <sub>sal</sub>	Concentración de NO <sub>2</sub> diluido a la salida del múltiple, ppm.
PR	Especificación del parámetro dinámico, determinado empíricamente, para asegurar la reacción completa del O <sub>3</sub> ppm-min.
tR	Tiempo de residencia de los gases reactantes en la cámara de reacción.
VRC	Volumen de la cámara de reacción en cm <sup>3</sup> ptn.

## 5.2 Unidades

Símbolo	Unidad
°C	Grados Celsius
K	Grados Kelvin
mm de Hg	Milímetros de mercurio
nm	Nanómetros
Pa	Pascales

## 6. METODO DE REFERENCIA

6.1 El método de referencia para determinar la concentración de bióxido de nitrógeno en el aire ambiente, es el de quimioluminiscencia en fase gaseosa.

### 6.2 Principio y descripción del método de referencia

6.2.1 El método de referencia permite medir la concentración de bióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) en el aire ambiente de forma indirecta, por la determinación fotométrica de la intensidad de la luz a longitudes de onda superiores a 600 nanómetros (nm), que resulta de la reacción de quimioluminiscencia del óxido nítrico (NO) con el ozono (O<sub>3</sub>) generado dentro del mismo instrumento. En este método se reduce cuantitativamente el NO<sub>2</sub> a NO por medio de un convertidor. El NO que existe normalmente en el aire junto con el NO<sub>2</sub> pasa sin cambiar a través del convertidor, causando una concentración resultante total de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) igual a NO + NO<sub>2</sub>. Se mide también una muestra del aire de entrada sin que haya pasado a través del convertidor. Esta última medición de NO se resta de la primera medición (NO + NO<sub>2</sub>) para dar la medición final de NO<sub>2</sub>. Las mediciones de NO se pueden hacer de manera conjunta, utilizando un sistema dual o en forma cíclica, con el mismo sistema, cuando la duración del ciclo no sea mayor de un minuto.

6.2.2 Los analizadores de quimioluminiscencia para NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> son también sensibles a otros compuestos nitrogenados, como el nitrato de peroxiacetilo (PAN), el cual puede reducirse a NO en el convertidor térmico. Las concentraciones atmosféricas de estas interferencias potenciales son bajas en general, comparadas con NO<sub>2</sub>, por lo que se pueden obtener mediciones válidas de NO<sub>2</sub>.

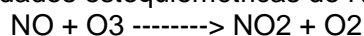
6.2.3 El uso de frascos integradores en la línea de entrada de la muestra de los analizadores de quimioluminiscencia para NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> es opcional y se deja al criterio del usuario. El tiempo de residencia de la muestra entre el punto de muestreo y el analizador debe ser mínimo, para evitar lecturas erróneas de NO<sub>2</sub> que puedan resultar de la reacción entre niveles ambientales de NO y O<sub>3</sub> en el sistema de muestreo.

6.2.4 El uso de filtros de partículas en la línea de entrada de la muestra de los analizadores de quimioluminiscencia para NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> es opcional y se deja también al criterio del usuario o del fabricante. El uso de filtros depende de la susceptibilidad del analizador a la interferencia, mal funcionamiento o daño debido a las partículas. Se advierte a los usuarios que las partículas concentradas en un filtro pueden causar mediciones erróneas de NO<sub>2</sub>, por lo que los filtros deben ser cambiados con frecuencia.

## 7. CALIBRACION DEL EQUIPO DE MEDICION

7.1 El método para la calibración del analizador de quimioluminiscencia es el de titulación en fase gaseosa (TFG) del NO patrón con O<sub>3</sub>.

Este método de calibración se basa en la reacción rápida entre el NO y el O<sub>3</sub> para producir cantidades estequiométricas de NO<sub>2</sub>, de acuerdo con la siguiente reacción:



La naturaleza cuantitativa de esta reacción es tal, que cuando se conoce la concentración de NO, puede determinarse la concentración de NO<sub>2</sub>. Se añade ozono a un exceso de NO en un sistema dinámico de calibración y el canal de NO del analizador de quimioluminiscencia de NO/NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> se usa como un indicador de los cambios en la concentración de NO.

Después de la adición de O<sub>3</sub>, la disminución observada en la concentración de NO en el canal calibrado de NO es equivalente a la concentración del NO<sub>2</sub> producido. La cantidad de NO<sub>2</sub> generado puede variarse por adición de cantidades variables de O<sub>3</sub> obtenidas en un generador estable de O<sub>3</sub> sin calibrar.

### 7.2 Aparatos

En el anexo 1 que es una representación esquemática de un equipo típico de TFG, se muestra la configuración de los componentes del equipo requerido. Todas las conexiones entre los componentes en el sistema de calibración, que están colocadas después del generador de O<sub>3</sub>, deben estar hechas de vidrio, de teflón o de cualquier otro material inerte.

#### 7.2.1 Controladores de flujo de aire y de flujo de NO

Los dispositivos capaces de mantener flujos constantes de aire y de NO, dentro del ± 2% de la velocidad de flujo requerida. Los componentes que estén en contacto con el NO, deben ser de algún material inerte.

## 7.2.2 Medidores de flujo de aire y de flujo de NO

Los medidores de flujo calibrados capaces de medir y monitorear la velocidad de flujo de aire y de NO con una precisión de  $\pm 2\%$ .

## 7.2.3 Regulador de presión para el cilindro con NO patrón

El dispositivo capaz de mantener una presión adecuada de salida por medio de un diafragma, éste y sus partes internas deben estar fabricados de material inerte.

## 7.2.4 Generador de ozono

El dispositivo capaz de producir niveles de ozono que sean suficientes y estables en la reacción con el NO para producir concentraciones NO<sub>2</sub> en el intervalo requerido.

## 7.2.5 Válvula

Como se muestra en el anexo 1, se puede usar una válvula para desviar el flujo de NO cuando se requiere aire cero en el múltiple de salida. Esta válvula debe ser de vidrio, de teflón o de algún otro material inerte.

## 7.2.6 Cámara de reacción

La cámara construida de vidrio, de teflón o de algún material inerte, para llevar a cabo la reacción cuantitativa del ozono con un exceso de NO. La cámara debe tener un volumen suficiente (VRC), de modo que el tiempo de residencia (tR) cumpla con los requerimientos de la especificación del parámetro dinámico. Por razones de índole práctica (tR) debe ser inferior a dos minutos.

## 7.2.7 Cámara de mezclado

La cámara de vidrio, teflón o cualquier otro material inerte, diseñada para lograr una mezcla completa de los productos de la reacción con el aire diluyente. El tiempo de residencia no es crítico si se cumple con la especificación del parámetro dinámico.

## 7.2.8 Múltiple de salida

Este debe ser de vidrio, teflón o de cualquier otro material inerte y debe tener suficiente diámetro para asegurar que la caída de presión en la conexión con el analizador sea insignificante. El sistema debe tener un desfogue diseñado para asegurar que haya presión atmosférica en el múltiple y evitar la entrada de aire.

## 7.3 Reactivos

7.3.1 Cilindros de gas patrón de NO patrón con una concentración de 50 a 100 ppm de NO en nitrógeno con menos de 1 ppm de NO<sub>2</sub>.

7.3.2 Aire cero

## 7.4 Especificaciones de los parámetros dinámicos

7.4.1 El flujo del generador (F0) y el flujo del gas patrón NO (FNO) debe ajustarse por la siguiente relación:

Ver imagen (dar doble click con el ratón)

7.4.2 Las condiciones de flujo a ser usadas en el sistema de TFG se determinan como sigue:

7.4.2.1 Determinar el flujo total necesario a la salida del múltiple (FT es igual al flujo necesario del analizador más un 10-50% en exceso).

7.4.2.2 Establecer la concentración más alta de NO en ppm la cual se requerirá a la salida del múltiple y deberá ser aproximadamente del 90% del límite superior del rango del NO2.

7.4.2.3 Determinar el flujo de NO como sigue:

$$FNO = \frac{NO_{sal} \times FT}{NO_{ptn}} \quad \dots(4)$$

7.4.2.4 Seleccionar el volumen de la cámara de reacción conveniente o de prueba. Inmediatamente seleccionar un VRC en un rango entre 200 y 500 cm<sup>3</sup>ptn.

7.4.2.5 Calcular F0 como

Ver imagen (dar doble click con el ratón)

7.4.2.6 Calcular tR como

Ver imagen (dar doble click con el ratón)

Verificar que tR < 2 min. Si no es así, seleccionar un volumen de la cámara de reacción menor.

7.4.2.7 Calcular el flujo de dilución como

$$FD = FT \times F0 \times FNO \quad \dots(7)$$

7.4.2.8 Si F0 se volviese inoperante para el sistema, seleccionar un volumen de la cámara de reacción diferente y recalculer F0 y FD.

## 8. PROCEDIMIENTO

8.1 Ensamblar un sistema de calibración como se muestra en el anexo 1.

8.2 Asegurarse que todos los medidores de flujo sean calibrados en las condiciones de uso contra un patrón confiable como un medidor de burbuja o medidor húmedo todos los volúmenes de los flujos deben ser corregidos a 25 °C y 1.08 kPa.

8.3 Las precauciones pertinentes deben ser tomadas en cuenta para remover todo el O2 y otros contaminantes del regulador de presión y del sistema de calibración para evitar cualquier conversión de NOptn a NO2.

8.4 Seleccionar el rango de operación del analizador de NO/NOx/NO2 a ser calibrado, para obtener un máximo de precisión y exactitud para la calibración de NO2. Los tres canales del analizador deben estar en el mismo rango. Si los canales de NO y NO2 están en el rango más alto las siguientes recalibraciones de NO y NO2 se recomienda sean en el mismo rango.

8.5 Conectar el registrador a la salida del analizador a las terminales de los canales de NO/NOx/NO2. Todos los ajustes del analizador deben realizarse basándose en las lecturas del registrador.

8.6 Determinar las condiciones de flujo para la TFG como en el párrafo 7.4.

8.7 Ajustar el aire de dilución y el aire que pasa al generador como se efectuó en el párrafo 7.4.2. El flujo de aire total debe exceder la demanda total del analizador conectado a la salida del múltiple para asegurar que el aire ambiente no entre a éste por un venteo. Muestrear aire cero hasta que las respuestas de NO/NOx/NO2 sean estables. Después que las respuestas se han estabilizado, ajustar los controles de cero.

8.8 Preparación de las curvas de calibración para NO y NOx

8.8.1 Ajustar el control de NO intervalo, ajustar el flujo de NOptn para generar una concentración del 80% del límite superior del rango LSR del NO. Esta concentración se calcula con la siguiente ecuación:

$$NO_{sal} = \frac{FNO \times [NO]_{ptn}}{FNO + F_0 + F_D} \dots(8)$$

Muestrear esta concentración de NO hasta que la respuesta del NO y NOx se hayan estabilizado. Ajustar el control del intervalo del NO para obtener una respuesta de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$\left( \frac{[NO]_{sal}}{LSR} \times 100 \right) + ZNO \dots(9)$$

Nota: Algunos analizadores cuentan con controles separados para los canales de NO, NOx y NO2, mientras que otros sólo los tienen para NO y NOx, o un sólo control para los tres canales. Cuando este sea el caso, el ajuste se realiza en el canal del NO del analizador.

En caso de requerirse un ajuste importante para el intervalo, será necesario comprobar nuevamente los ajustes de cero e intervalo. Repitiendo los pasos 8.7 y 8.8.1. Registrar la concentración de NO y la respuesta del analizador.

8.8.2 Ajuste del canal de NOx.

Cuando se ajusta el control del intervalo del analizador en el canal de NOx debe tomarse en cuenta cualquier resto de NO2 presente en el gas patrón de NO, para lo cual existe un procedimiento para cuantificarlo.

La concentración exacta de NOx se calcula a partir de la fórmula

$$[NOx]_{sal} = \frac{FNO \times [NO]_{ptn} + [NO_2]_{IMP}}{\dots} \dots(10)$$

$$FNO + F0 + FD$$

Ajustar el potenciómetro del intervalo de NOx para obtener una respuesta en el registrador de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$\text{Respuesta del registrador} = \left( \frac{\text{NOx}_{\text{sal}}}{\text{LSR}} \times 100 \right) + Z\text{NOx} \quad \dots(11)$$

(% de la escala)

Nota: Si el analizador cuenta solamente con un potenciómetro de ajuste del intervalo, éste se realiza en el canal de NO y no se requiere un posterior ajuste del canal de NOx. Si se requiere un ajuste importante del control del intervalo de NOx puede ser necesario verificar nuevamente el cero y el intervalo repitiendo los pasos 8.7 y 8.8.2. Registrar la concentración de NOx y la respuesta del analizador.

8.8.3 Generar algunas concentraciones adicionales (por lo menos cinco, dentro del rango para verificar la linealidad), ya sea disminuyendo el FNO o incrementando el FD. Para cada concentración generada calcular la concentración exacta de NO, NOx usando las ecuaciones 8 y 10, respectivamente. Registrar la respuesta del analizador para cada concentración de NO y NOx. Graficar la respuesta del analizador contra la concentración calculada de NO y NOx, trazar o calcular la curva de calibración. En las siguientes calibraciones se puede estimar la linealidad mediante la verificación de dos puntos, el del aire cero y el de la concentración del 80% del límite superior del rango para los canales de NO y NOx.

### 8.9 Procedimiento para el canal de NO2

8.9.1 Asumiendo que el ajuste del cero en el canal de NO2 se efectuó en el inciso 8.7, ajuste F0 y FD como se realizó en 7.4.2. Ajustar el flujo FNO para generar una concentración de NO cercana al 90% del límite superior del rango de NO. Muestrear esta concentración hasta que las respuestas de NO y NOx se estabilicen. Usando la curva de calibración de NO obtenida en 8.8 medir y registrar la concentración de NO como NOorig. Usando la curva de calibración para NOx obtenida en la sección 8.8 medir y registrar la concentración de NOx como [NOx]orig.

8.9.2 Ajustar el generador de O3 para disminuir la concentración de NO, equivalente a aproximadamente el 80% del límite superior del rango del NO2. La disminución no debe exceder el 90% de la concentración determinada en 8.9.1. Después de que la respuesta del analizador se haya estabilizado registrar la concentración resultante de NO y NOx como [NO]rem y [NOx]rem.

8.9.3 Calcular la concentración resultante de NO2 con la siguiente ecuación:

$$[\text{NO}_2]_{\text{sal}} = [\text{NO}]_{\text{orig}} - [\text{NO}]_{\text{rem}} + \frac{FNO \times [\text{NO}_2]_{\text{IMP}}}{FNO + F0 + FD} \dots(12)$$

Ajustar el control del intervalo del canal de NO2 para obtener una respuesta en el registrador con la siguiente ecuación:

$$\text{Respuesta del registrador} = \left( \frac{[\text{NO}_2]_{\text{sal}}}{\text{LSR}} \times 100 \right) + Z\text{NO}_2 \quad \dots(13)$$

(% escala)

Nota: Si el analizador tiene uno o dos controles para el ajuste del intervalo, éste se debe hacer en el canal de NO ó NOx y NO2, sin hacer ajuste posterior al canal de NO2.

Si el ajuste del control del intervalo para el NO<sub>2</sub> es necesario, debe reajustarse el cero e intervalo repitiendo 8.7 y 8.9.3. Registrar la concentración de NO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> y la respuesta correspondiente del analizador.

8.9.4 Manteniendo los mismos flujos para FNO, F0 y FD como en la sección 8.9.1 ajustar el generador de O<sub>3</sub> para obtener algunas otras concentraciones de NO<sub>2</sub> para el rango de NO<sub>2</sub> (por lo menos cinco puntos espaciados). Calcular la concentración de NO<sub>2</sub> usando la ecuación 12 y registrar la respuesta correspondiente del analizador para NO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>. Graficar la respuesta del analizador para NO<sub>2</sub> contra la concentración calculada de NO<sub>2</sub> correspondiente y dibujar o calcular la curva de calibración de NO<sub>2</sub>.

#### 8.10 Determinar la eficiencia del convertidor

8.10.1 Para cada concentración de NO<sub>2</sub> generada durante la calibración de NO<sub>2</sub> (ver sección 8.9), calcular la concentración de NO<sub>2</sub> convertido:  
 $[NO_2]_{conv} = [NO_2]_{sal} ([NO_x]_{orig} [NO_x]_{rem})$

8.10.2 Graficar  $[NO_2]_{conv}$  eje de las (y) contra  $[NO_2]_{sal}$  en el eje de las (x) y graficar o calcular la curva de la eficiencia del convertidor. La pendiente de la curva por 100 es el promedio de la eficiencia del convertidor ( $E_c$ ). El promedio de la eficiencia del convertidor debe ser de más del 96%, en caso de ser menor se deberá cambiar o reparar el convertidor.

#### 8.11 Frecuencia de calibración

La frecuencia de calibración, así como los puntos para realizar la curva respectiva y la frecuencia de otro tipo de verificaciones del buen funcionamiento, será diferente de un analizador a otro.

El programa de control de calidad proporcionará los lineamientos para el establecimiento inicial de esta variable y de cualquier cambio subsecuente.

### 9. CALCULO DEL REPORTE

9.1 La medición se realiza en forma continua mediante el uso de procesos automatizados.

9.2 Para reportar los valores al público, se calculan las concentraciones en partes por millón, en promedios por minuto, calculando a partir de éstos los promedios horarios, reportándose el valor máximo del día.

### 10. VIGILANCIA

10.1 La Secretaría de Desarrollo Social por conducto de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, es la autoridad competente para vigilar el cumplimiento de la presente norma oficial mexicana.

### 11. SANCIONES

11.1 El incumplimiento de la presente norma oficial mexicana será sancionado conforme a lo dispuesto por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, su

Reglamento en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

## 12. BIBLIOGRAFIA

12.1 Code of Federal Regulations 40, Part 50, appendix F, revised July 1990, U.S.A. (Código Federal de Reglamentaciones 40, Parte 50, apéndice F, revisado en julio 1990, Estados Unidos de América).

## 13. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

13.1 Esta norma oficial mexicana coincide totalmente con la norma contenida en el Code of Federal Regulations 40, Part 50, appendix F, revised July 1990, U.S.A. (Código Federal de Reglamentaciones 40, Parte 50, apéndice F, revisado en julio 1990, Estados Unidos de América).

## 14. VIGENCIA

14.1 La presente norma oficial mexicana entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

14.2 Se abroga el Acuerdo por el que se expidió la norma técnica ecológica NTE-CCAM-004/91, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 24 de septiembre de 1991.

Dada en la Ciudad de México, Distrito Federal, a los catorce días del mes de octubre de mil novecientos noventa y tres.- El Presidente del Instituto Nacional de Ecología, Sergio Reyes Lujan.- Rúbrica.