

**PROYECTO de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-020-SSA1-2014, Salud ambiental. Valor límite permisible para la concentración de ozono (O<sub>3</sub>) en el aire ambiente y criterios para su evaluación.**

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

MIKEL ANDONI ARRIOLA PEÑALOSA, Comisionado Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario, con fundamento en los artículos 39, de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 4, de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo; 3o., fracción XIII, 13, Apartado A, fracciones I y IX, 116, 117, 118, fracción I y 119, fracción I, de la Ley General de Salud; 40, fracciones III, VII y XI, 41, 43 y 47, fracción I, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 33, del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, y 3, fracción I, inciso, n y 10, fracciones IV y VIII, del Reglamento de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios, he tenido a bien ordenar la publicación en el Diario Oficial de la Federación del

**PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA PROY-NOM-020-SSA1-2014, SALUD AMBIENTAL.  
VALOR LÍMITE PERMISIBLE PARA LA CONCENTRACIÓN DE OZONO (O<sub>3</sub>)  
EN EL AIRE AMBIENTE Y CRITERIOS PARA SU EVALUACIÓN**

El presente proyecto se publica a efecto de que los interesados, dentro de los siguientes 60 días naturales, al de la fecha de su publicación presenten sus comentarios por escrito, en idioma español y con el sustento técnico suficiente ante el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario, sito en Oklahoma número 14, planta baja, colonia Nápoles, código postal 03810, México, D.F., teléfono 50-80-52-00, extensión 1333, fax 55-11-14-99, correo electrónico rfs@cofepris.gob.mx.

Durante el plazo mencionado, los documentos que sirvieron de base para la elaboración del proyecto y la Manifestación de Impacto Regulatorio (MIR) quedan a disposición del público para su consulta, en el domicilio del Comité.

**PREFACIO**

En la elaboración de la presente Norma participaron las siguientes dependencias, instituciones y organismos:

SECRETARÍA DE SALUD.

Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios.

Dirección General de Epidemiología.

HOSPITAL INFANTIL DE MÉXICO FEDERICO GÓMEZ.

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD PÚBLICA.

INSTITUTO NACIONAL DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS ISMAEL COSÍO VILLEGAS.

INSTITUTO NACIONAL DE CANCEROLOGÍA.

INSTITUTO NACIONAL DE PEDIATRÍA.

SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES.

Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL.

Secretaría del Medio Ambiente.

Secretaría de Salud.

GOBIERNO DEL ESTADO DE MÉXICO.

Secretaría del Medio Ambiente.

Secretaría de Salud.

GOBIERNO DEL ESTADO DE GUANAJUATO.

Instituto de Ecología del Estado.

INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO.  
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL.  
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados.  
SECRETARÍA DE ENERGÍA.  
PETRÓLEOS MEXICANOS.  
RED POR LOS DERECHOS DE LA INFANCIA EN MÉXICO.

## ÍNDICE

0. Introducción.
1. Objetivo y campo de aplicación.
2. Referencias.
3. Definiciones.
4. Símbolos.
5. Especificaciones.
6. Métodos de prueba.
7. Concordancia con normas internacionales y mexicanas.
8. Bibliografía.
9. Observancia de la Norma.
10. Vigencia.

### 0. Introducción.

En la actualidad, los problemas relacionados con la contaminación atmosférica y el deterioro de la calidad del aire se han convertido en una prioridad de las grandes ciudades, los cuales se han incrementado como consecuencia del creciente desarrollo industrial y el incremento del flujo vehicular, principalmente. La contaminación atmosférica se ha venido incrementando tanto a nivel mundial como en países de América Latina. En México, la calidad del aire se ha visto afectada por la presencia de múltiples contaminantes (partículas, dióxido de nitrógeno, ozono, etcétera), lo que representa un serio problema de salud pública y deteriora la calidad de vida de sus habitantes. Cada vez son más las personas expuestas a concentraciones ambientales de contaminantes atmosféricos que representan un riesgo alto de sufrir daños irreversibles en su salud, lo que transgrede el derecho humano a disfrutar de un ambiente limpio y sano, y a vivir con una mejor calidad de vida.

La contaminación atmosférica se presenta por un desequilibrio en las concentraciones de los componentes del aire y se favorece por la presencia cada vez mayor de los contaminantes primarios y secundarios. El ozono es un contaminante secundario que se forma por una reacción fotoquímica entre emisiones primarias de óxidos de nitrógeno (NOx), compuestos orgánicos volátiles (COVs) o hidrocarburos (HCs) en presencia de la radiación solar, aunado a las condiciones geográficas, climatológicas y meteorológicas del medio ambiente. El tiempo de vida del ozono en la atmósfera depende de la presencia y abundancia de sus precursores y de las condiciones antes mencionadas, registrándose las concentraciones más elevadas durante las horas del día en que se registra la mayor temperatura. De acuerdo al Inventario Nacional de Emisiones de México 2008, la emisión total de precursores de ozono fue de 4, 792, 620 toneladas de NOx y 17, 007, 528 toneladas de COVs, de acuerdo a la siguiente distribución: 24.08% por fuentes móviles, 3.73% por fuentes fijas, 16.36% por fuentes de área y 55.82% por fuentes naturales.

La exposición a los contaminantes atmosféricos como el ozono, se asocian con diferentes daños a la salud humana y la magnitud de los efectos depende de las concentraciones que se encuentran en el aire, de la dosis que se inhala, del tiempo y la frecuencia de exposición, así como de las características de la población expuesta. Por tal motivo y con el objetivo de prevenir los posibles efectos negativos de la exposición a dichos contaminantes en la salud humana, el Estado mexicano reconoce en el Artículo 4 constitucional, el derecho de toda persona a la protección de su salud, así como el derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. En este sentido, los artículos 116 y 118, de la Ley General de Salud, señalan que las autoridades sanitarias establecerán las normas, tomarán las medidas y realizarán las actividades tendientes a la protección de la salud humana ante los riesgos y daños dependientes de las condiciones del ambiente, para tal efecto, corresponde a esta Dependencia del Ejecutivo Federal, determinar los valores de concentración máxima permisible para el ser humano de contaminantes en el ambiente.

Las normas de salud ambiental en materia de contaminación atmosférica son un instrumento regulatorio que pretende contribuir a que se cumplan los objetivos de mejoramiento de la calidad del aire en el territorio nacional, a fin de garantizar la protección de la salud de la población. Las políticas públicas para mejorar la calidad del aire implementadas en los últimos 20 años en el Valle de México, han permitido reducir los niveles de algunos de los contaminantes criterio, dentro de ellos se encuentra el ozono, reduciendo sus

concentraciones promedio de manera continua desde 1992, representando una disminución neta del 33% en el año 2010.

Asimismo, de acuerdo al Cuarto Almanaque de Datos y Tendencias de la Calidad del Aire en 20 Ciudades Mexicanas (2000-2009), la información disponible generada por 16 sistemas de monitoreo atmosférico para el contaminante ozono indica que las dos ciudades más contaminadas en 2009 fueron la Zona Metropolitana del Valle de México y la de Guadalajara, y las menos contaminadas Silao y San Luis Potosí. La Zona Metropolitana del Valle de México a pesar de ser la más contaminada mostró una clara tendencia decreciente en las concentraciones de ozono. Por el contrario, en algunas ciudades la situación con respecto del ozono empeoró, ya que no sólo rebasaron los límites de 1 hora y 8 horas, sino que además mostraron una tendencia creciente en las concentraciones del contaminante, tal es el caso de la Zona Metropolitana de Guadalajara y León. Por tal motivo y bajo estos escenarios, es necesario continuar con las investigaciones que proporcionen evidencia reciente que permita a los tomadores de decisiones plantear y desarrollar políticas públicas que fortalezcan la gestión de la calidad del aire ambiente y favorezcan la modificación y actualización de los niveles normados de este contaminante.

Diversos estudios experimentales, así como estudios epidemiológicos en humanos, incluidos en el apartado de Bibliografía de esta Norma, claramente han señalado que la exposición a ozono está asociada con una amplia gama de efectos adversos, tanto agudos como crónicos. Siendo el ozono un gas potencialmente irritante y altamente oxidante, el daño que se produce derivado de la exposición impacta principalmente en las mucosas, a través de procesos de oxidación, como consecuencia del incremento de radicales libres y la peroxidación lipídica. Sin embargo, los productos reactivos que se generan son capaces de propiciar reacciones en cadena amplificando el daño biomolecular y, por ende, la afectación de otros órganos o sistemas. Si bien, la mayoría de los reportes apuntan a que el sistema respiratorio y cardiovascular son los mayormente afectados, los efectos negativos sobre la salud, atribuibles a la exposición a este tipo de contaminante, van desde la afectación en la calidad de vida de personas con enfermedades preexistentes y el incremento en las tasas de morbilidad (síntomas respiratorios y enfermedades respiratorias, el incremento de inflamación de vías aéreas, disminución en la función pulmonar, una respuesta inmunológica alterada, exacerbación de cuadros asmáticos), hasta el incremento en las tasas de mortalidad por algunas enfermedades.

En la última década, el avance de la ciencia ha permitido identificar efectos a la salud en la población expuesta a concentraciones que actualmente son consideradas como seguras y las cuales se encuentran muy por debajo de los niveles establecidos por las normativas internacional y nacional. Asimismo, es importante considerar que la exposición ambiental a ozono no se presenta de manera aislada, sino que interactúa con otros contaminantes en el aire ambiente, por lo que al aumentar la permeabilidad de la membrana del epitelio respiratorio, se favorece la penetración de otros contaminantes como partículas y compuestos aromáticos policíclicos, entre otros.

Las investigaciones epidemiológicas para evaluar la asociación entre la exposición a contaminantes atmosféricos y sus efectos en la salud, incluyen ausentismo escolar, repercusiones en la calidad de vida de poblaciones susceptibles, así como sintomatología respiratoria. Sin embargo, actualmente el umbral de efectos estudiados abarca desde efectos subclínicos a nivel molecular hasta el incremento en el número de muertes derivadas de la exposición. Se ha reportado que cerca del 50% de la población escolar en zonas donde las concentraciones a ozono son elevadas (0.130-0.220 partes por millón [ppm]), llegan a faltar al menos 1 vez cada 3 meses, debido a alguna afección respiratoria y cerca del 11.7% falta en dos o más ocasiones. Por otro lado, concentraciones cercanas a 0.050 ppm han favorecido un incremento del 43% al 133% en las visitas a consultas de urgencias por exacerbaciones de asma en población infantil de 1 a 4 años. Asimismo, en concentraciones de 0.040 a 0.050 ppm, se reportó un aumento del 19.1% al 35% en hospitalizaciones por enfermedades respiratorias agudas en menores de 2 años. Un estudio realizado en la Ciudad de México en menores de 15 años, estimó que por cada incremento de 0.050 ppm en la concentración diaria de ozono, ocasionaría que al día siguiente de la exposición, la demanda de consultas de urgencias por infecciones respiratorias altas, durante el periodo invernal se incrementen en un 9.9%.

En un estudio realizado en Ciudad Juárez se reportó un aumento de 2.96% en consultas por infecciones respiratorias altas en menores de 15 años, un día después de haberse presentado un incremento de 0.020 ppm en la concentración de ozono. Otro estudio realizado en la misma Ciudad reportó que un incremento en la concentración horaria máxima de ozono de 0.020 ppm se asoció con un aumento de 8.3% en el número de consultas por afecciones de vías respiratorias superiores después de 3 días, en población infantil menor o igual a 5 años, a su vez se encontró asociación 4 días después de la exposición a concentraciones máximas de promedios móviles de 8 horas y el aumento de 12.7% en las consultas por infecciones de las vías respiratorias. A pesar de que los niveles establecidos en la norma vigente, se

rebasaron únicamente en 14 días durante 5 años, se concluye que aún a niveles de ozono por debajo de la norma, existió afectación en la salud respiratoria de la infancia.

En la Ciudad de México se reportó un aumento en síntomas respiratorios como sibilancia y tos (9% y 10%, respectivamente), así como mayor uso de broncodilatadores (9%) en niñas y niños asmáticos, por cada incremento de 0.048 ppm de ozono en la concentración máxima de 1 hora para un día anterior de exposición. De igual forma se observó un aumento de 0.5% en la frecuencia de síntomas oculares como: irritación de los ojos, picor, ardor, ojos llorosos, ojos rojos e infección ocular, por cada incremento de 0.010 ppm de ozono. Otro estudio en la Ciudad de México reporta que por cada incremento en el rango intercuartil de 0.020 ppm en el promedio móvil de 8 horas de ozono, hay un incremento significativo en la inflamación de vías aéreas, tanto en niños asmáticos como en quienes no tienen el antecedente de la enfermedad. Por otra parte, se han reportado incrementos del 9% en el número de casos de enfermedades respiratorias bajas en población en edad preescolar con asma moderado, por cada incremento de 0.050 ppm en la concentración máxima de 1 hora de ozono, así como un aumento del 11% en la frecuencia de síntomas respiratorios como tos bajo a esos mismos niveles de exposición.

En estudios sobre función pulmonar en niñas y niños asmáticos y no asmáticos, incluidos en el apartado de Bibliografía de esta Norma, se reportan disminuciones significativas después de semanas de seguimiento, observándose que por cada incremento de 0.010 ppm en la concentración de ozono un día antes de las pruebas espirométricas, niñas y niños con asma moderado y severo tuvieron una disminución en el flujo espiratorio forzado de -13.32 mililitros, el volumen espiratorio forzado en un segundo fue de -4.59 mililitros, mientras que el flujo espiratorio pico registró valores de -15.01 mililitros. En un estudio de seguimiento realizado en la Ciudad de México se concluyó que el incremento en la exposición promedio anual de ozono de 0.0113 ppm se asoció con un déficit anual de 12 mililitros en niñas y 4 mililitros en niños en el volumen espiratorio forzado en un segundo. Aunado a los efectos sobre la función pulmonar, se han reportado incrementos en biomarcadores de inflamación en vías respiratorias por la exposición a ozono, como es el caso del malonaldehído, para el cual se observó un aumento de 1.16 nanomoles cuando la concentración del promedio móvil de 8 horas se incrementaba en 0.0159 ppm. En la evaluación de potencial de hidrógeno (pH) del aire exhalado condensado de niñas y niños asmáticos, se observó una alta concentración de especies reactivas del oxígeno y especies reactivas de nitrógeno, reflejando cambios en el tracto respiratorio inferior durante la inflamación y afectando los niveles de pH, que en el caso de niñas y niños asmáticos disminuyó en -0.07 unidades por cada incremento de 0.022 ppm del promedio móvil de 8 horas. Esta acidificación puede contribuir a la exacerbación de la fisiopatología del asma.

Asimismo, la Organización Mundial de la Salud reconoce que aun por debajo de una concentración promedio de 8 horas de 0.050 ppm, pueden producirse algunos efectos en la salud de la población expuesta. Señalando también que la exposición a este nivel de ozono se asocia con efectos fisiológicos e inflamatorios en los pulmones de adultos jóvenes sanos que hacen ejercicio expuestos durante periodos de 6,6 horas, con efectos en la salud de la población infantil y un aumento de 3-5% de la mortalidad diaria.

Recientemente, se ha investigado la relación entre los factores genéticos y los efectos del ozono en personas con diferentes características genéticas, observándose que individuos con deficiencias en la expresión de genes relacionados con la respuesta al estrés oxidativo inducido por el ozono pueden ser más susceptibles a efectos nocivos sobre las vías respiratorias. Como es el caso observado en individuos con delección homocigota del gen GSTM1 para los cuales se ha asociado la disminución de 2.9% en el flujo espiratorio forzado por incremento de 0.050 ppm de ozono. Se ha sugerido que la suplementación con vitaminas y modificaciones en la dieta, podría ofrecer cierta protección contra la respuesta inflamatoria nasal aguda inducida por ozono y cambios en la función pulmonar.

En relación a las enfermedades cardiovasculares, se ha encontrado que el ozono es capaz de modular la regulación del tono vascular y aumentar el estrés oxidativo a nivel mitocondrial dañando su ácido desoxirribonucleico, también disminuye el óxido nítrico sintasa endotelial y, en consecuencia, la biodisponibilidad del óxido nítrico, alterando la vasodilatación. Aunado a esto, el ozono puede reducir el componente de alta frecuencia de la variabilidad de la frecuencia cardíaca, siendo las personas de edad avanzada y con problemas de hipertensión particularmente susceptibles, observándose cambios de 2% por incremento de 0.010 ppm de la concentración horaria máxima. Es posible que esto ocurra mediante la estimulación de receptores de irritación, favoreciendo el estado inflamatorio crónico y la oxidación inducida por el ozono, conduciendo a cambios en la variabilidad de la frecuencia cardíaca o potenciar el efecto de partículas inhaladas.

En estudios poblacionales sobre mortalidad total y por causas específicas se han encontrado asociaciones significativas por la exposición a ozono. Se han observado mayores efectos en personas de 65 años y más, así como en menores de 15 años con enfermedades preexistentes de tipo cardiovascular y respiratorio, reportándose incrementos en el total de las muertes por causas no externas de 0.65% a 2.4% y de 1.39% a

3.9% en personas mayores de 65 años por cada 0.010 ppm y 0.100 ppm en la concentración horaria máxima de ozono respectivamente. Otros resultados mostraron un incremento de 5.6% por incremento de 0.040 ppm en la concentración máxima de 1 hora de ozono 2 días antes también en personas de más de 65 años. En relación a mortalidad en menores de 1 año, se presentaron incrementos de 2.78% por cada aumento de 0.010 ppm en la concentración de ozono 3 días antes. El Instituto Nacional de Ecología señaló que la contaminación del aire se ha relacionado con la muerte de 38 mil personas ocurridas entre 2001 y 2005, por padecimientos como el cáncer de pulmón, enfermedades cardiopulmonares e infecciones respiratorias. Indicando igualmente que de acuerdo a datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática, la contaminación atmosférica representó en 2009 costos ambientales de 520 mil 300 millones de pesos, lo que equivale al 4.4% del producto interno bruto.

En el Estudio de Salud y Contaminación del Aire en Latinoamérica que incluyó a 9 ciudades de 3 países del continente americano, incluyendo la Ciudad de México, se reportó un aumento significativo en la mortalidad general asociado a las concentraciones crecientes de ozono. Además, la exposición crónica produce un retardo en el crecimiento pulmonar, evidencia de hiperinsuflación en niñas y niños sanos, al igual que una disminución en los volúmenes de función pulmonar y aumento en el uso de broncodilatadores.

En la Ciudad de México, el estudio de Evaluación de Impacto en Salud, mostró ante un escenario de ajuste de la normativa vigente de ozono a 0.050 ppm, que la mortalidad anual se disminuiría en aproximadamente 400 muertes [389 95% Intervalo de Confianza (219 – 559)]. Asimismo, se encontró que en la población mayor a 65 años la mortalidad se incrementó en un 1.39% [95% Intervalo de Confianza (0.51% – 2.28%)] por cada incremento de 0.010 ppm en el promedio de 24 horas de ozono.

En la actualidad se ha generado información referente a la capacidad de los contaminantes atmosféricos en la metilación del ácido desoxirribonucleico, que trae como consecuencia la expresión alterada de diversos genes, entre los cuales se encuentran los que regulan las células del sistema inmune, esto podría verse reflejado en incrementos en la incidencia de asma. De manera adicional a los efectos sobre el sistema respiratorio, se ha observado que los sujetos que presentan otras enfermedades como diabetes, obesidad, enfermedad cardiovascular, cerebrovascular o artritis, en las que los mediadores de inflamación y el estrés oxidativo son el común denominador, se ven agudizadas.

### **1. Objetivo y campo de aplicación.**

**1.1** Esta Norma tiene por objeto establecer los valores límite permisibles de concentración de ozono en el aire ambiente para la protección de la salud humana; así como los criterios para su evaluación.

**1.2** Esta Norma es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional y servirá como referencia, para las autoridades federales y locales que tengan a su cargo la vigilancia y evaluación de la calidad del aire, con fines de protección de la salud de la población.

### **2. Referencias.**

**2.1** Norma Oficial Mexicana NOM-036-SEMARNAT-1993, que establece los métodos de medición para determinar la concentración de ozono en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.

**2.2** Norma Oficial Mexicana NOM-156-SEMARNAT-2012, Establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire.

### **3. Definiciones.**

Para efectos de esta Norma se entiende por:

**3.1 Aire ambiente:** a la mezcla de elementos y compuestos gaseosos, líquidos y sólidos, orgánicos e inorgánicos, presentes en la atmósfera.

**3.2 Año calendario:** al periodo comprendido entre el 1 de enero y el 31 de diciembre de un mismo año.

**3.3 Concentración diaria:** al valor máximo de las concentraciones horarias o de las concentraciones de los promedios móviles de 8 horas de cada día.

**3.4 Concentración horaria, dato horario o promedio horario:** al promedio o media aritmética de las concentraciones registradas en el intervalo de tiempo de 60 minutos delimitado por los minutos 0 y 59 de la hora. Para efectos del manejo de datos se considerará válido, cuando se calcule con al menos el 75% de las concentraciones registradas en la hora.

**3.5 Concentración promedio móvil de 8 horas:** al promedio de 8 horas continuas, que representa el promedio de la hora de interés y las 7 horas previas, ya sea que correspondan al mismo día o al día anterior (como en el caso de las horas 1 a 7 de la mañana, que requieren hasta de la hora 18 del día anterior).

**3.6 Microgramo por metro cúbico ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ):** a la expresión de concentración en masa del contaminante (en microgramos) en un volumen de aire (metro cúbico) a 25°C de temperatura y con una atmósfera de presión.

**3.7 Ozono ( $\text{O}_3$ ):** a la molécula compuesta por tres átomos de oxígeno.

**3.8 Partes por millón (ppm):** a la expresión de la concentración en unidades de volumen del gas contaminante relacionado con el volumen de aire ambiente. Para el ozono su equivalente en unidades de peso por volumen es igual a 1,960  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , a 25°C de temperatura y con una atmósfera de presión.

**3.9 Sitio de monitoreo:** al lugar determinado para medir continuamente las concentraciones ambientales de  $\text{O}_3$  con el objetivo de determinar la exposición de la población a este contaminante.

**3.10 Valor límite:** al nivel fijado con base en conocimientos científicos con el fin de evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos para la salud humana, en un periodo determinado y que no debe excederse.

**4. Símbolos.** Cuando en esta Norma se haga referencia a los siguientes símbolos y abreviaturas, se entiende por:

**4.1** °C Grados celsius.

**4.2** % Por ciento.

#### **5. Especificaciones.**

**5.1** Se establecen dos valores límite para las concentraciones ambientales del  $\text{O}_3$ , para efecto de la protección a la salud de la población más susceptible:

**5.1.1** La concentración de  $\text{O}_3$  debe ser menor o igual a 0.095 ppm como promedio horario, calculado como se especifica en el punto 5.2 de esta Norma, el cual nunca deberá ser rebasado.

**5.1.2** La concentración del promedio móvil de 8 horas de  $\text{O}_3$ , debe ser menor o igual a 0.070 ppm, tomado como el máximo en un periodo de un año calendario, calculado como se especifica en el punto 5.2 de esta Norma.

**5.2** Manejo de datos. En esta sección se explican los métodos para el manejo de datos, así como los cálculos necesarios para determinar el cumplimiento de esta Norma.

**5.2.1** Redondeo. En cada sitio de monitoreo, la concentración horaria se reportará en ppm con 3 cifras decimales significativas; en caso de tener 4 o más cifras se aplicará el redondeo siguiente: si la cuarta cifra es un número entre 0 y 4, la tercera cifra decimal no se incrementará; pero si es mayor, la tercera cifra decimal se incrementará al número inmediato superior.

La concentración de 8 horas de  $\text{O}_3$  se reportará en ppm, tomando en cuenta 3 cifras decimales. Si se cuenta con valores de más de 4 cifras decimales, éstos serán redondeados de acuerdo al criterio establecido en el párrafo anterior.

**5.2.2** Cantidad necesaria de datos para la evaluación de la observancia de la Norma. Para asegurar la representatividad de las concentraciones de  $\text{O}_3$  al agregar los datos para calcular los parámetros estadísticos, se deben cumplir con los siguientes criterios de completación:

**5.2.2.1** Concentración horaria.- al menos 75% de los registros de minutos en 1 hora.

**5.2.2.2** Concentración del promedio de 8 horas.- al menos 6 horas con concentraciones horarias.

**5.2.2.3** Concentración diaria.- al menos el 75% de los valores de las concentraciones horarias o concentraciones de los promedios móviles de 8 horas.

**5.2.2.4** Concentración anual.- al menos 75% de los registros necesarios para evaluar cada límite (a partir de valores horarios, al menos 6588 registros para un año bisiesto y al menos 6570 registros para un año no bisiesto; a partir de valores diarios, al menos 275 registros para un año bisiesto y al menos 274 registros para un año no bisiesto).

**5.2.3** Determinación del cumplimiento de la Norma en un año calendario. Un sitio de monitoreo cumple con la Norma si acata los dos valores límites:

**5.2.3.1** Un sitio de monitoreo cumple con el límite de 1 hora cuando cada una de las concentraciones horarias sea menor o igual que 0.095 ppm. En caso de que se tenga menos del 75% de los registros en el periodo y al menos 1 de las concentraciones horarias sea mayor que 0.095 ppm, se incumplirá la Norma.

**5.2.3.2** Un sitio de monitoreo cumple con el límite del promedio móvil de 8 horas cuando el valor máximo anual sea menor o igual a 0.070 ppm. En caso de que se tenga menos del 75% de los registros en el periodo y al menos 1 de las concentraciones de los promedios móviles de 8 horas sea mayor que 0.070 ppm, se incumplirá la norma.

## **6. Métodos de prueba.**

El método de prueba para la determinación de la concentración de O<sub>3</sub> en el aire ambiente y el procedimiento para la calibración de los equipos de medición, estaciones o sistemas de monitoreo de la calidad del aire con fines de difusión o cuando los resultados tengan validez oficial, son los establecidos en la Norma Oficial Mexicana citada en el punto 2.1, de Referencias, de esta Norma.

## **7. Concordancia con normas internacionales y mexicanas.**

Esta Norma no es equivalente a ninguna norma internacional ni mexicana.

## **8. Bibliografía.**

**8.1** Barraza-Villarreal A, Sunyer J, Hernandez-Cadena L, Escamilla-Núñez MC, Sienra-Monge JJ, Ramírez-Aguilar M, Cortez-Lugo M, Holguín F, Díaz-Sánchez D, Olín AC, Romieu I. Air pollution, airway inflammation, and lung function in a cohort study of Mexico City schoolchildren. *Environ Health Perspect*, 2008. 116(6): 832-8.

**8.2** Bloomer BJ, et al., Observed relationships of ozone air pollution with temperature and emissions. *Geophys. Res. Lett.*, 36, L09803, doi: 10.1029/2009GL037308.

**8.3** Borja-Aburto VH, Loomis DP, Bangdiwala SI, Shy CM, Rascon-Pacheco RA. Ozone, suspended particulates, and daily mortality in Mexico City. *Am J Epidemiol*, 1997. 145(3): 258-68.

**8.4** Bravo JL, Nava MM y Muhlia A. Relaciones entre la magnitud del valor máximo de Ozono, la radiación solar y la temperatura ambiente de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 2000. 16(2): 45-54.

**8.5** Burnett y col. Morbilidad infantil por causas respiratorias y su relación con la contaminación atmosférica en Ciudad Juárez, Chihuahua, México. *Salud Pública México*, 2007; Vol. 49(1): 27-36.

**8.6** Calderón-Garcidueñas L, Mora-Tiscareño A, Fordham LA, Chung CJ, Valencia-Salazar G, Flores-Gómez S, Solt AC, Gómez-del Campo A, Jardón-Torres R, Henríquez-Roldán C, Hazucha MJ, Reed W. Lung radiology and pulmonary function of children chronically exposed to air pollution. *Environ Health Perspect*. 2006, 114(9):1432-7.

**8.7** César H, et al., 2005. Módulo A: Valoración económica del mejoramiento de la calidad del aire en la zona metropolitana del Valle de México.

**8.8** Escamilla-Núñez MC, et al., Traffic-related air pollution and respiratory symptoms among asthmatic children, resident in Mexico City: the EVA cohort study. *Respir Res*, 2008. 9: 74.

**8.9** Harkema JR, Wagner JG. Epithelial and inflammatory responses in the airways of laboratory rats coexposed to ozone and biogenic substances: enhancement of toxicant-induced airway injury. *Exp Toxicol Pathol*. 2005; 57 Suppl 1:129-41.

**8.10** Hernández-Cadena L, Téllez-Rojo MM, Sanin-Aguirre LH, Lacasaña-Navarro M, Campos A, Romieu I. Relationship between emergency consultations for respiratory diseases and air pollution in Juarez City, Chihuahua]. *Salud Pública Méx*, 2000. 42(4): 288-97.

**8.11** Hernández-Cadena L, Ramírez-Aguilar M, Moreno-Macías H, Miller P, Carbajal-Arroyo LA, Romieu I. Infant morbidity caused by respiratory diseases and its relation with the air pollution in Juarez City, Chihuahua, Mexico. *Salud Pública Méx*, 2007. 49(1): 27-36.

**8.12** Holguin F, Téllez-Rojo MM, Hernández M, Cortez M, Chow JC, Watson JG, Mannino D, Romieu I. Air pollution and heart rate variability among the elderly in Mexico City. *Epidemiology*, 2003. 14(5): 521-7.

**8.13** Holguín F, et al. Traffic-related exposures, airway function, inflammation, and respiratory symptoms in children. *Am J Respir Crit Care Med*, 2007. 176(12): 1236-42.

**8.14** Kesic MJ, Meyer M, Bauer R, Jaspers I. Exposure to ozone modulates human airway protease/antiprotease balance contributing to increased influenza A infection. *PLoS One*, 2012. 7(4): e35108.

**8.15** Lacasaña-Navarro M, Aguilar-Garduño C, Romieu I. Evolution of air pollution and impact of control programs in three Megacities of Latin America. *Salud Pública Méx.*, 1999. 41: 203-215.

**8.16** Lei W, Zavala M, de Foy B, Volkamer R, and Molina LT, Characterizing ozone production in the Mexico City Metropolitan Area: a case study using a chemical transport model. *Atmos. Chem. Phys.*, 2007. 7: 1347-1366.

**8.17** Leikauf GD, et al., Ozonolysis Products of Membrane Fatty Acids Activate Eicosanoid Metabolism in Human Airway Epithelial Cells. *American Journal of Respiratory Cell and Molecular Biology*, 1993. 9(6): 594-602.

**8.18** Ley General de Salud.

**8.19** Linares B, Guízar JM, Amador N, García A, Miranda V, Pérez JR, Chapela R, Impact of air pollution on pulmonary function and respiratory symptoms in children. Longitudinal repeated-measures study. *BMC Pulm Med*, 2010. 10: 62.

**8.20** Long NC, et al., Ozone causes lipid peroxidation but little antioxidant depletion in exercising and nonexercising hamsters. *J Appl Physiol*, 2001. 91(4): 1694-700.

**8.21** Loomis D, Castillejos M, Gold DR, McDonnell W, Borja-Aburto, VH, Air pollution and infant mortality in Mexico City. *Epidemiology*, 1999. 10(2): 118-23.

**8.22** O'Neill MS, Loomis D, Borja-Aburto VH, Ozone, area social conditions, and mortality in Mexico City. *Environ Res*, 2004. 94(3): 234-42.

**8.23** Pryor WA, Squadrito GL, Friedman M. A new mechanism for the toxicity of ozone. *Toxicol Lett.* 1995 Dec;82-83:287-93

**8.24** Riojas-Rodríguez H, et al., Uso de la variabilidad de la frecuencia cardiaca como marcador de los efectos cardiovasculares asociados con la contaminación del aire. *Salud Pública de México*, 2006. 48: 348-357.

**8.25** Riojas H, et al., Evaluación del impacto en salud por exposición a ozono y material particulado (PM10) en la Zona Metropolitana del Valle de México. 2012, Gobierno del Distrito Federal, Instituto Nacional de Salud Pública, Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal. México.

**8.26** Rojas-Martínez R, Perez-Padilla R, Olais-Fernández G, Mendoza-Alvarado L, Moreno-Macías H, Fortoul T, McDonnell W, Loomis D, Romieu I. Lung function growth in children with long-term exposure to air pollutants in Mexico City. *Am J Respir Crit Care Med*. 2007 Aug 15; 176(4):377-84.

**8.27** Romieu I, Lugo MC, Velasco SR, Sanchez S, Meneses F, Hernandez M. Air pollution and school absenteeism among children in Mexico City. *Am J Epidemiol*, 1992. 136(12): 1524-31.

**8.28** Romieu I, Meneses F, Ruiz S, Sienra JJ, Huerta J, White MC, Etzel RA. Effects of air pollution on the respiratory health of asthmatic children living in Mexico City. *Am J Respir Crit Care Med*, 1996. 154(2 Pt 1): 300-7.

**8.29** Romieu I, Sienra-Monge JJ, Ramírez-Aguilar M, Téllez-Rojo MM, Moreno-Macías H, Reyes-Ruiz NI, del Río-Navarro BE, Ruiz-Navarro MX, Hatch G, Slade R, Hernández-Avila M. Antioxidant supplementation and lung functions among children with asthma exposed to high levels of air pollutants. *Am J Respir Crit Care Med*, 2002. 166(5): 703-9.

**8.30** Romieu I, Ramírez-Aguilar M, Moreno-Macías H, Barraza-Villarreal A, Miller P, Hernández-Cadena L, Carbajal-Arroyo LA, Hernández-Avila M. Infant mortality and air pollution: modifying effect by social class. *J Occup Environ Med*, 2004. 46(12): 1210-6.

**8.31** Romieu I, Sienra-Monge JJ, Ramírez-Aguilar M, Moreno-Macías H, Reyes-Ruiz NI, Estela del Río-Navarro B, Hernández-Avila M, London SJ. Genetic polymorphism of GSTM1 and antioxidant supplementation influence lung function in relation to ozone exposure in asthmatic children in Mexico City. *Thorax*, 2004. 59(1): 8-10.

**8.32** Romieu I, Téllez-Rojo MM, Lazo M, Manzano-Patiño A, Cortez-Lugo M, Julien P, Belanger MC, Hernández-Avila M, Holguin F. Omega-3 fatty acid prevents heart rate variability reductions associated with particulate matter. *Am J Respir Crit Care Med*, 2005. 172(12): 1534-40.

**8.33** Romieu I, Ramírez-Aguilar M, Sienra-Monge JJ, Moreno-Macías H, del Río-Navarro BE, David G, Marzec J, Hernández-Avila M, London S. GSTM1 and GSTP1 and respiratory health in asthmatic children exposed to ozone. *Eur Respir J*, 2006. 28(5): 953-9.



**8.34** Romieu I, Barraza-Villarreal A, Escamilla-Núñez C, Almstrand AC, Díaz-Sánchez D, Sly PD, Olin AC. Exhaled breath malondialdehyde as a marker of effect of exposure to air pollution in children with asthma. *J Allergy Clin Immunol*, 2008. 121(4): 903-9.

**8.35** Romieu I, Barraza-Villarreal A, Escamilla-Núñez C, Texcalac-Sangrador JL, Hernández-Cadena L, Díaz-Sánchez D, De Batlle J, Del Río-Navarro BE. Dietary intake, lung function and airway inflammation in Mexico City school children exposed to air pollutants. *Respir Res*, 2009. 10: 122.

**8.36** Romieu I, Gouveia N, Cifuentes LA, de León AP, Junger W, Vera J, Strappa V, Hurtado-Díaz M, Miranda-Soberanis V, Rojas-Bracho L, Carbajal-Arroyo L, Tzintzun-Cervantes G; HEI Health Review. Multicity study of air pollution and mortality in Latin America (the ESCALA study). *Res Rep Health Eff Inst*, 2012. 171:5-86.

**8.37** Sánchez-Carrillo, Cerón-Mireles P, Rojas-Martínez MR, Mendoza-Alvarado L, Olaiz-Fernández G, Borja-Aburto VH. Surveillance of acute health effects of air pollution in Mexico City. *Epidemiology*, 2003. 14(5): 536-44.

**8.38** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales - Instituto Nacional de Ecología. 2011. Cuarto almanaque de datos y tendencias de la calidad del aire en 20 ciudades mexicanas (2000-2009).

**8.39** Shields KN, Cavallari JM, Hunt MJ, Lazo M, Molina M, Molina L, Holguin F. Traffic-related air pollution exposures and changes in heart rate variability in Mexico City: A panel study. *Environ Health*, 2013. 12(1): 7.

**8.40** Sienra-Monge JJ, Ramírez-Aguilar M, Moreno-Macias H, Reyes-Ruiz NI, Del Río-Navarro BE, Ruiz-Navarro MX, Hatch G, Crissman K, Slade R, Devlin RB, Romieu I. Antioxidant supplementation and nasal inflammatory responses among young asthmatics exposed to high levels of ozone. *Clin Exp Immunol*, 2004. 138(2): 317-22.

**8.41** Stephens S, Madronich S, Wu F, Olson JB, Ramos R, Retama A. and Munoz R. Weekly patterns of México City's surface concentrations of CO, NO<sub>x</sub>, PM<sub>10</sub> and O<sub>3</sub> during 1986–2007. *Atmos. Chem. Phys.*, 2008. 8: 5313–5325.

**8.42** Taylor-Clark TE and Undem BJ, Ozone activates airway nerves via the selective stimulation of TRPA1 ion channels. *J Physiol*, 2010. 588(Pt 3): 423-33.

**8.43** Téllez-Rojo MM, Romieu I, Polo-Peña M, Ruiz-Velasco S, Meneses-González F, Hernández-Ávila M, Effect of environmental pollution on medical visits for respiratory infection in children from Mexico City. *Salud Pública Méx* 1997. 39: 513-22.

**8.44** Tellez-Rojo MM, Romieu I, Ruiz-Velasco S, Lezana MA, Hernández-Avila M, Daily respiratory mortality and PM<sub>10</sub> pollution in Mexico City: importance of considering place of death. *Eur Respir J*, 2000. 16(3): 391-6.

**8.45** U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA). 2012. Integrated Science Assessment for Ozone and Related Photochemical Oxidants (Third External Review Draft). EPA-600-R-10/076C. National Center for Environmental Assessment – RTP Division.

## **9. Observancia de la Norma.**

**9.1** La vigilancia del cumplimiento de la presente Norma compete a la Secretaría de Salud y a los gobiernos de las entidades federativas, en sus respectivos ámbitos de competencia.

## **10. Vigencia.**

**10.1** La presente Norma entrará en vigor a los 60 días naturales siguientes al de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

## **TRANSITORIOS**

**PRIMERO.-** Para efectos de la próxima revisión de esta Norma, se debe tomar como referencia que la concentración de O<sub>3</sub> en el aire ambiente será a partir de 0.090 ppm como valor máximo horario y de 0.050, promedio móvil de 8 horas como valor anual.

**SEGUNDO.-** La entrada en vigor de la presente Norma deja sin efectos la Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-1993, Salud ambiental. Criterios para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al ozono (O<sub>3</sub>). Valores normados para la concentración de ozono (O<sub>3</sub>) en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población, para quedar como Norma Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-1993, Salud ambiental. Criterio para evaluar el valor límite permisible para la concentración

de ozono (O3) de la calidad del aire ambiente. Criterio para evaluar la calidad del aire, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 30 de octubre de 2002.

Sufragio Efectivo. No Reelección.

México, D.F., a 15 de abril de 2014.- El Comisionado Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario, **Mikel Andoni Arriola Peñalosa**.- Rúbrica.