

**NORMA Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2019, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Valores normados para la concentración de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.**

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

JOSÉ ALONSO NOVELO BAEZA, Comisionado Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario, con fundamento en lo dispuesto por los artículos 39, de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 4, de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo; 3, fracción XIII, 13, apartado A, fracciones I y IX, 17 Bis, fracciones II, III y XI, 27, fracción I, 104, fracción II, 116, 117, 118, fracción I y 119, fracción I, de la Ley General de Salud; 111, fracción I, de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 38, fracción II, 40, fracción XI, 41, 43 y 47, fracción IV, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 28, del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; y 3, fracciones I, inciso n y II, del Reglamento de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios, y

**CONSIDERANDO**

Que en cumplimiento a lo previsto en el artículo 46, fracción I, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, el 28 de junio de 2017, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario, aprobó el anteproyecto de la presente Norma;

Que con fecha 15 de marzo de 2018, en cumplimiento a lo previsto en el artículo 47, fracción I, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se publicó en el Diario Oficial de la Federación, el Proyecto de la presente Norma, a efecto de que, dentro de los sesenta días naturales posteriores a dicha publicación, los interesados presentaran sus comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario;

Que con fecha previa, fueron publicadas en el Diario Oficial de la Federación, las respuestas a los comentarios recibidos por el mencionado Comité, en términos del artículo 47, fracción III, de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, y

Que en atención a las anteriores consideraciones, contando con la aprobación del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario, he tenido a bien expedir y ordenar la publicación en el Diario Oficial de la Federación, de la

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-022-SSA1-2019, SALUD AMBIENTAL. CRITERIO PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE, CON RESPECTO AL DIÓXIDO DE AZUFRE (SO<sub>2</sub>). VALORES NORMADOS PARA LA CONCENTRACIÓN DE DIÓXIDO DE AZUFRE (SO<sub>2</sub>) EN EL AIRE AMBIENTE, COMO MEDIDA DE PROTECCIÓN A LA SALUD DE LA POBLACIÓN**

**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

**Secretaría de Energía**

Dirección General de Eficiencia y Sustentabilidad Energética

**Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales**

Agencia Nacional de Seguridad Industrial y Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos

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

**Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático**

Coordinación General de Contaminación y Salud Ambiental

**Instituto Nacional de Cancerología**

Dirección de Investigación

**Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias Ismael Cosío Villegas**

Departamento de Investigación en Inmunología

**Instituto Nacional de Salud Pública**

Centro de Investigación en Salud Poblacional

**Comisión Federal de Electricidad**

Dirección de Proyectos de Inversión Financiada

**Petróleos Mexicanos**

Dirección Corporativa de Planeación, Coordinación y Desempeño

**Instituto Mexicano del Petróleo**

Dirección de Investigación en Transformación de Hidrocarburos

**Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares**

Dirección de Investigación Científica

**Gobierno de la Ciudad de México**

Agencia de Protección Sanitaria de la Ciudad de México

**Gobierno del Estado de Guanajuato**

Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato

**Gobierno del Estado de Hidalgo**

Comisión Estatal para la Protección contra Riesgos Sanitarios del Estado de Hidalgo

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Hidalgo

**Gobierno del Estado de México**

Instituto Estatal de Energía y Cambio Climático del Estado de México

Instituto de Salud del Estado de México

**Gobierno del Estado de Morelos**

Comisión para la Protección contra Riesgos Sanitarios del Estado de Morelos

Secretaría de Desarrollo Sustentable del Estado de Morelos

**Gobierno del Estado de Puebla**

Servicios de Salud del Estado de Puebla

**Universidad Nacional Autónoma de México**

Centro de Ciencias de la Atmósfera

**Instituto Politécnico Nacional**

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados

Departamento de Toxicología

**Cámara Minera de México****Cámara Nacional del Cemento****ÍNDICE**

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

## 11. Apéndice A Normativo.

### 0. Introducción

Desde los inicios de la revolución industrial, el dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) y las partículas provenientes de la quema de combustibles fósiles son los principales componentes de la contaminación atmosférica.

En algunas ciudades del mundo la contaminación por  $\text{SO}_2$  es una problemática importante, sobre todo en aquellas en las que se utiliza carbón u otros combustibles que contienen azufre en los hogares, en la industria y en vehículos. Por otra parte, las principales fuentes naturales de  $\text{SO}_2$  son los volcanes (Casas-Castillo, MC; Alarcón-Jordan, M., 1999).

De acuerdo al Inventario Nacional de Emisiones de México (INEM), 2008, si se consideran únicamente las emisiones antropogénicas, las fuentes que liberan a la atmósfera aproximadamente el 97.3% de las emisiones de  $\text{SO}_2$  son: de generación de energía eléctrica (46.98%), del petróleo y petroquímica (35.14%), del transporte por ductos (3.22%), de alimentos (1.75%), química (4.39%), metal básica (1.15%), del papel (1.42%), de productos a base de minerales no metálicos (1.41%), embarcaciones marinas (0.71%), combustión agrícola (0.68%) y autos particulares (0.44%), con 2,180,627 toneladas anuales (SEMARNAT, 2008). Con base en mediciones satelitales, se observa que las emisiones de  $\text{SO}_2$  se encuentran principalmente en el centro del país donde se tiene una alta densidad de población.

El  $\text{SO}_2$  es un gas incoloro de olor fuerte e irritante, muy soluble en agua, que puede oxidarse para formar trióxido de azufre ( $\text{SO}_3$ ) e iones sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), éstos forman sales inorgánicas y ácidos, componentes importantes de las partículas secundarias.

En el aire, el  $\text{SO}_2$  es higroscópico, en consecuencia, forma aerosoles de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) y sulfuroso ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ ), que son parte fundamental de la llamada lluvia ácida, la cual provoca deterioro en los bosques, acidifica lagos, canales, ríos y suelos. La formación y el periodo de permanencia de los aerosoles en la atmósfera dependen de las condiciones meteorológicas y de la cantidad de impurezas presentes en el aire. Se estima que el tiempo de residencia de dichos aerosoles en la atmósfera es de 3 a 5 días.

Debido a las características oxidorreductoras del  $\text{SO}_2$ , se considera que el 95% se absorbe a nivel de las vías respiratorias superiores en donde al tener contacto con el agua presente en el medio, forma iones sulfito ( $\text{SO}_3^{2-}$ ) o bisulfito ( $\text{HSO}_3^-$ ), lo que produce una solución ácida que induce respuestas moleculares y celulares, las cuales a través de mecanismos en los que interviene el estrés oxidante y la inflamación causan el incremento en la secreción de moco y broncoconstricción, además de la disminución en la actividad fagocítica de los macrófagos (Organización Mundial de la Salud OMS, 2005 y Lin et al., 2015).

En este sentido, existe suficiente evidencia derivada de estudios toxicológicos y epidemiológicos acerca de los efectos a la salud por la exposición a  $\text{SO}_2$ . Los estudios epidemiológicos más recientes en humanos, tanto controlados como observacionales, son consistentes y demuestran una relación causal e independiente, del efecto de otros contaminantes del aire, entre la exposición a corto plazo a  $\text{SO}_2$  y su impacto en el sistema respiratorio el cual se ha observado sobre todo en personas susceptibles como individuos con asma y enfermedad pulmonar obstructiva crónica (OMS, 2005, O'Connor et al, 2008; Dales, Chen, Frescura, Liu y Villeneuve, 2009; Amadeo et al., 2015). Los estudios demuestran que la exposición a altas concentraciones de  $\text{SO}_2$  durante 5 a 10 minutos en pacientes asmáticos sometidos a condiciones de ventilación incrementadas, a partir de las 200 ppb, ocasionan un aumento en la presencia de síntomas respiratorios (sibilancias, tos, dificultad para respirar) y una disminución en la función pulmonar, además de un aumento en marcadores de inflamación a nivel pulmonar (Linn, Avol, Peng, Shamoo y Hackney, 1987). Asimismo, se ha observado una respuesta broncoconstrictora derivada de la exposición a  $\text{SO}_2$  en pacientes con asma, la cual inicia desde los primeros minutos de exposición y tiende a disminuir posterior a 1 hora si se reduce dicha exposición. También se observó que no existe un incremento en los efectos al segundo día de exposición con respecto al primer día, esto sugiere que el efecto es inmediato y no acumulativo. En niños los efectos se pueden ver reflejados a concentraciones más bajas debido a que su tasa de ventilación es más alta en relación con su área de superficie corporal. En ese sentido, diversos estudios no controlados, han encontrado disminución de la función pulmonar por incrementos de 10 ppb en las concentraciones de  $\text{SO}_2$  en lugares en donde sus niveles ambientales del contaminante fluctúan entre 1.7 y 15.5 ppb en promedio (Peel et al., 2007 y Liu et al., 2009).

Como consecuencia en los efectos sobre la morbilidad y mortalidad, la exposición a  $\text{SO}_2$  tiene un fuerte impacto sobre el incremento en las consultas y hospitalizaciones, principalmente debidas a exacerbaciones de asma y enfermedades cardiovasculares. Son, Lee, Park y Bell (2013) observaron que existe un incremento del 5.3% en el número de hospitalizaciones por asma y del 3.1% por otras causas respiratorias, a partir del primer y hasta el tercer día en que se incrementan en 10 ppb las concentraciones de  $\text{SO}_2$  para el promedio de 24 horas. Sin embargo, Samoli, Nastos, Paliatsos, Katsouyanni y Priftis en un estudio realizado en 2011 encontraron un incremento del 16% en las hospitalizaciones por asma en menores de 14 años por cada 10 ppb de

aumento en la concentración de SO<sub>2</sub> para el mismo día. Strickland et al., en 2010 observaron un aumento del 4.2% en las visitas a urgencias debido a asma por cada 40 ppb de incremento en el máximo de 1 hora de SO<sub>2</sub> para el mismo día o hasta dos días posteriores a la exposición. Rivera y Hernández en un estudio llevado a cabo en la Ciudad de México en 2013, se encontró un aumento en las hospitalizaciones por asma en menores de cinco años del 5% para el mismo día y del 7% al día posterior de la exposición por cada 10 ppb de incremento de SO<sub>2</sub> en la concentración promedio de 24 horas, y un aumento de hasta 17% para la hospitalización por sintomatología respiratoria tanto de vías altas como bajas.

Existe evidencia de que el SO<sub>2</sub> afecta también al sistema cardiovascular lo que ocasiona un incremento en el número de hospitalizaciones y de muertes por infarto agudo al miocardio y enfermedad isquémica del corazón, entre otras (Poloniecki, Atkinson, Ponce de Leon y Anderson, 1997; Peel et al., 2007; Milojevic et al, 2014; Chen, Villeneuve, Rowe, Liu y Stieb, 2014). Además, se ha reportado que el SO<sub>2</sub> afecta el desarrollo del feto, lo que repercute en bajo peso al nacer, nacimientos pre-término así como mortalidad fetal y del neonato (Pereira et al., 1998), sin embargo, la evidencia para este aspecto aún no es contundente.

Respecto a la exposición a largo plazo a concentraciones altas de SO<sub>2</sub>, algunos trabajos han reportado un aumento en el número de muertes por cáncer de pulmón asociado a este contaminante (Abbey et al, 1999; Nyberg et al., 2000; Chen, Wan, Yang y Zou, 2015 y Chen et al., 2016). Yang et al., en el 2016 encontraron que el riesgo incrementa en un 14% por cada 10 ppb. Adicionalmente, existen reportes sobre la sinergia entre el SO<sub>2</sub> y otros contaminantes como el benzo(a)pireno, así como las partículas torácicas que participan en procesos carcinogénicos (Yun et al., 2015).

A partir del conocimiento de los riesgos a la salud por la exposición a los contaminantes del aire, entre ellos al SO<sub>2</sub>, el Estado mexicano reconoce en el Artículo 4 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 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 correspondientes a la protección de la salud humana ante los riesgos y daños que dependen de las condiciones del ambiente, para tal efecto, le compete a la Secretaría de Salud del Ejecutivo Federal, determinar los valores de concentración máxima permisible de contaminantes en el ambiente para el ser humano.

En México, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) dispone, en su artículo 112, fracción VI, que los gobiernos de los estados, de la Ciudad de México y de los Municipios, establecerán y operarán los sistemas de monitoreo de la calidad del aire, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-156-SEMARNAT-2012, Establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire, o la que la sustituya.

De acuerdo al Informe Nacional de Calidad del Aire 2014 (INECC-SEMARNAT, 2015), en México 111 estaciones de monitoreo atmosférico ubicadas en 19 entidades del país midieron SO<sub>2</sub>. De las estaciones que contaron con información suficiente, en ninguna se rebasó los límites máximos normados de 24 horas y anual establecidos en la NOM-022-SSA1-2010, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Valor normado para la concentración de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población (0.11 partes por millón y 0.025 partes por millón, respectivamente), sólo una registró una concentración superior al límite máximo normado de ocho horas (0.200 partes por millón). Esta fue la estación ubicada en el municipio de Atitalaquia, en el estado de Hidalgo y la concentración registrada fue de 0.255 ppm.

En México, la Norma Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2010, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Valor normado para la concentración de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población, especificó como límite máximo de la concentración promedio de 24 horas 0.110 partes por millón (288 µg/m<sup>3</sup>), que era casi 14 veces el valor recomendado por la Organización Mundial de la Salud, 2.75 veces el de California y 2.29 veces el de la Unión Europea.

Los límites anuales y de 8 horas, sólo estaban definidos en la normatividad mexicana y no tenían parámetros de referencia o comparación con la normativa de Estados Unidos de América y la Unión Europea.

El límite de 1 hora no estaba considerado en la normatividad mexicana. Sin embargo, sí existe en la normativa de Estados Unidos de América y la Unión Europea. (USEPA, 2014 y Unión Europea, 2014).

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

### **1.1 Objetivo.**

Esta Norma tiene por objeto establecer los valores límites permisibles de concentración de dióxido de azufre en el aire ambiente como medida para la protección a la salud humana; así como los criterios para su evaluación.

## 1.2 Campo de aplicación

Esta Norma es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional para las autoridades en sus diferentes órdenes de gobierno que tengan a su cargo la vigilancia y evaluación de la calidad del aire, las cuales deberán tomar como referencia los valores e indicadores establecidos en esta Norma, para efectos de proteger la salud de la población.

## 2. Referencias normativas

Para la correcta aplicación de esta Norma es necesario consultar las siguientes Normas Oficiales Mexicanas o las que la sustituyan:

**2.1 Norma Oficial Mexicana NOM-038-SEMARNAT-1993**, Que establece los métodos de medición para determinar la concentración de bióxido de azufre 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. Términos y 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 Concentraciones horarias:** al promedio o media aritmética de las concentraciones de contaminantes registradas en el intervalo de tiempo de 60 minutos delimitado por los minutos 1 y 60 de la hora local. Se considerará válido, cuando se calcule con al menos el 75% de las concentraciones registradas en la hora.

**3.4 Evento excepcional:** a la situación que cumple con alguna de las siguientes características: a) es un evento que afecta la calidad del aire en una clara relación causal entre el evento específico y la excedencia monitoreada; b) es un evento que no es controlable o prevenible y c) es un evento causado por una actividad humana que es poco probable que se repita en un mismo lugar o es evento natural. Esto es, hay una clara relación causal entre la medición bajo consideración y el evento que afecta la calidad del aire, el evento está asociado con niveles muy arriba de los registros históricos. Si el evento no se hubiera presentado, no se hubieran alcanzado tan altos niveles de concentración. La definición excluye estancamientos de masas de aire, inversiones meteorológicas, altas temperaturas o falta de lluvia (EPA, 40 CFR Parts 50 a 51 Treatment of Data Influenced by Exceptional Events).

**3.5 Exposición:** al contacto de una persona o una comunidad con uno o varios factores (contaminantes del aire en nuestro caso) en un tiempo y un espacio determinados, ésta se produce en un continuum formado por el ambiente doméstico, el escolar, el laboral y los espacios exteriores.

**3.6 Máximo diario:** al valor máximo de las concentraciones horarias registradas en un día.

**3.7 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 (298.16 °K) de temperatura y con una atmósfera (101.3 kPa) de presión.

**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 dióxido de azufre su equivalente en unidades de peso por volumen es igual a 2620  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , a 25°C de temperatura y con una atmósfera de presión.

**3.9 Percentil:** a la medida de posición usada en estadística que indica, una vez ordenados los datos de mayor a menor, el valor de la variable por debajo del cual se encuentra un porcentaje dado de datos.

**3.10 Promedio de 24 horas:** al promedio aritmético de las concentraciones horarias registradas en un día.

**3.11 Sitio de monitoreo:** al lugar donde se ubica la infraestructura que alberga o resguarda los instrumentos de medición para determinar la concentración de uno o más contaminantes criterio, variables meteorológicas u otros compuestos atmosféricos, con el fin de evaluar la calidad del aire en un área determinada.

**3.12 Valor límite:** a la concentración máxima permisible de un contaminante en el aire ambiente.

## 4. Símbolos y términos abreviados

**4.1 °C:** Grados Celsius.

**4.2 K:** Kelvin.

**4.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ :** Microgramo por metro cúbico.

**4.4 %:** Por ciento.

**4.5 atm:** Atmósfera de presión.

**4.6 kPa:** Kilopascal.

**4.7 n:** Número de máximos diarios válidos en un año.

**4.8 OMS:** Organización Mundial de la Salud.

**4.9 P0.99:** Percentil 99.

**4.10 ppb:** Partes por billón.

**4.11 ppm:** Partes por millón.

**4.12 SO<sub>2</sub>:** Dióxido de azufre.

**4.13 X1:** Valor más grande de los máximos diarios obtenidos durante un año calendario en una serie descendente.

**4.14 Xn:** Valor más bajo de los máximos diarios obtenidos durante un año calendario en una serie descendente.

## **5. Especificaciones**

**5.1** Se establecen dos valores límite para las concentraciones ambientales del SO<sub>2</sub> para efecto de la protección a la salud de la población más susceptible:

**5.1.1 Valor límite de 1 hora:** 0.075 ppm (196.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) como promedio aritmético de 3 años consecutivos de los percentiles 99 anuales, obtenidos de los máximos diarios, calculado como se especifica en el Apéndice A Normativo.

**5.1.2 Valor límite de 24 horas:** 0.04 ppm (104.8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) como el máximo de 3 años consecutivos, obtenidos de los promedios de 24 horas, calculado como se especifica en el Apéndice A Normativo.

## **6. Métodos de medición**

El método de medición para la determinación de la concentración de SO<sub>2</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 inciso 2.1, del Capítulo de Referencias normativas.

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

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

## **8. Bibliografía**

**8.1** Abbey DE, Nishino N, McDonnell WF, Burchette RJ, Knutsen SF, Lawrence Beeson W, Yang JX (1999) Longterm inhalable particles and other air pollutants related to mortality in nonsmokers. Am J Respir Crit Care Med 159:373-382.

**8.2** Amadeo, B; Robert, C; Rondeau, V; Mounouchy, MA; Cordeau, L; Birembaux, X; Citadelle, E; Gotin, J; Gouranton, M; Marcin, G; Laurac, D; Raheison, C. (2015). Impact of closeproximity air pollution on lung function in schoolchildren in the French West Indies. BMC Public Health 15: 45.

**8.3** Beelen R, Hoek G, van den Brandt PA, Goldbohm RA, Fischer P, Schouten LJ et al. (2008) Long-term effects of trafficrelated air pollution on mortality in a Dutch cohort (NLCSAIR study). Environ Health Perspect 116:196-202.

**8.4** California Code Regulations. Title 17, Division 3, Chapter 1, Subchapter 1.5. Air basins and Air Quality Standards Article 3. Criteria for Determining Area Designations. Sections 70300 through 70306, and Appendices 1 through 3 thereof. Criteria for Determining Data Representativeness Appendix A, page A-7 to A-8 and Criteria for Determining Data Completeness Appendix A, page A-13 to A-14.G.

**8.5** CARB (California Air Resources Board). 2014. State and National Air Quality Standards. Disponible en: <http://www.arb.ca.gov/research/aaqs/aaqs2.pdf>. Fecha de consulta: 1 de junio de 2018.

**8.6** Casas-Castillo, MC; Alarcón-Jordan, M. (1999). Meteorología y Clima. Ediciones UPC. ISBN: 84-8301-355-X.

**8.7** Chen G, Wan X, Yang G, Zou X (2015) Traffic-related air pollution and lung cancer: A meta-analysis. *Thorac Cancer* 6:307-318.

**8.8** Chen L; Villeneuve, PJ; Rowe, BH; Liu, L; Stieb, DM. (2014). The Air Quality Health Index as a predictor of emergency department visits for ischemic stroke in Edmonton, Canada. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 24: 358-364.

**8.9** Chen X, Zhang LW, Huang JJ, Song FJ, Zhang LP, Qian ZM, Trevathan E, et al. (2016) Long-term exposure to urban air pollution and lung cancer mortality: A 12-year cohort study in Northern China. *Sci Total Environ* 571:855-861.

**8.10** Dales, R; Chen, L; Frescura, AM; Liu, L; Villeneuve, PJ. (2009). Acute effects of outdoor air pollution on forced expiratory volume in 1 s: A panel study of schoolchildren with asthma. *Eur Respir J* 34: 316-323.

**8.11** INECC-SERMARNAT. 2011. Cuarto almanaque de datos y tendencias de la calidad del aire en 20 ciudades mexicanas (2000-2009). México, D.F. 405 pp.

**8.12** INECC-SEMARNAT. Informe Nacional de la Calidad del Aire 2014, México. 2015.

**8.13** Lin, W; Zhu, T; Xue, T; Peng, W; Brunekreef, B; Gehring, U; Huang, W; Hu, M; Zhang, Y; Tang, X. (2015). Association between changes in exposure to air pollution and biomarkers of oxidative stress in children before and during the beijing olympics. *Am J Epidemiol* 181: 575-583.

**8.14** Linares, B; Guizar, JM; Amador, N; Garcia, A; Miranda, V; Perez, JR; Chapela, R. (2010). Impact of air pollution on pulmonary function and respiratory symptoms in children. Longitudinal repeated-measures study. *BMC Pulm Med* 10: 62.

**8.15** Linn, WS; Avol, EL; Peng, RC; Shamoo, DA; Hackney, JD. (1987). Replicated dose-response study of sulfur dioxide effects in normal, atopic, and asthmatic volunteers. *Am Rev Respir Dis* 136: 1127-1134.

**8.16** Linn, WS; Avol, EL; Shamoo, DA; Peng, RC; Spier, CE; Smith, MN; Hackney, JD. (1988). Effect of metaproterenol sulfate on mild asthmatics' response to sulfur dioxide exposure and exercise. *Arch Environ Occup Health* 43: 399-406.

**8.17** Linn, WS; Shamoo, DA; Vinet, TG; Spier, CE; Valencia, LM; Anzar, UT; Hackney, JD. (1984). Combined effect of sulfur dioxide and cold in exercising asthmatics. *Arch Environ Occup Health* 39: 339-346.

**8.18** Linn, WS; Venet, TG; Shamoo, DA; Valencia, LM; Anzar, UT; Spier, CE; Hackney, JD. (1983). Respiratory effects of sulfur dioxide in heavily exercising asthmatics: a doseresponse study. *Am Rev Respir Dis* 127: 278-283.

**8.19** Liu, L; Poon, R; Chen, L; Frescura, AM; Montuschi, P; Ciabattini, G; Wheeler, A; Dales, R. (2009). Acute effects of air pollution on pulmonary function, airway inflammation, and oxidative stress in asthmatic children. *Environ Health Perspect* 117: 668-674.

**8.20** Milojevic, A; Wilkinson, P; Armstrong, B; Bhaskaran, K; Smeeth, L; Hajat, S. (2014). Short-term effects of air pollution on a range of cardiovascular events in England and Wales: case-crossover analysis of the MINAP database, hospital admissions and mortality. *Heart* 100: 1093-1098.

**8.21** Nyberg F, Gustavsson P, Jarup L, Bellander T, Berglund N, Jakobsson R, Pershagen G (2000) Urban air pollution and lung cancer in Stockholm. *Epidemiology* 11:487-495.

**8.22** O'Connor, GT; Neas, L; Vaughn, B; Kattan, M; Mitchell, H; Crain, EF; Evans, R, III; Gruchalla, R; Morgan, W; Stout, J; Adams, GK; Lippmann, M. (2008). Acute respiratory health effects of air pollution on children with asthma in US inner cities. *J Allergy Clin Immunol* 121: 1133-1139.

**8.23** OMS (Organización Mundial de la Salud). 2005. Guías de Calidad del Aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre.

**8.24** Peel, JL; Metzger, KB; Klein, M; Flanders, WD; Mulholland, JA; Tolbert, PE. (2007). Ambient air pollution and cardiovascular emergency department visits in potentially sensitive groups. *Am J Epidemiol* 165: 625-633.

**8.25** Pereira, LAA; Loomis, D; Conceicao, GMS; Braga, ALF; Arcas, RM; Kishi, HS; Singer, JM; Bohm, GM; Saldiva, PHN. (1998). Association between air pollution and intrauterine mortality in Sao Paulo, Brazil. *Environ Health Perspect* 106: 325-329.

**8.26** Poloniecki, JD; Atkinson, RW; Ponce de Leon, A; Anderson, HR. (1997). Daily time series for cardiovascular hospital admissions and previous day's air pollution in London, UK. *Occup Environ Med* 54: 535-540.

**8.27** Qin G, Meng Z (2010) Sulfur dioxide and benzo(a)pyrene modulates CYP1A and tumor-related gene expression in rat liver. *Environ Toxicol* 25:169-179.

**8.28** Rivera Palacios ML, Hernández Cadena L. (2013). Relación entre contaminación atmosférica y consultas médicas hospitalarias debido a enfermedad respiratoria en menores de 5 años en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) entre el 2004 y el 2011, Tesis para obtener el grado de Especialidad en Salud Pública y Medicina Preventiva. Instituto Nacional de Salud Pública. Ciudad de México, D.F.

**8.29** Samoli, E; Nastos, PT; Paliatsos, AG; Katsouyanni, K; Priftis, KN. (2011). Acute effects of air pollution on pediatric asthma exacerbation: Evidence of association and effect modification. *Environ Res* 111: 418-424.

**8.30** SEMARNAT. Sistema Nacional de Emisiones a la Atmósfera (SiNEA). Inventario Nacional de Emisiones 2008. <http://sinea.semarnat.gob.mx/sinea.php?process=UkVQT1JURUFET1I=&categ=14>. Consultado: 01 de junio de 2018.

**8.31** Son, JY; Lee, JT; Park, YH; Bell, ML. (2013). Short-term effects of air pollution on hospital admissions in Korea. *Epidemiology* 24: 545-554.

**8.32** Strickland, MJ; Darrow, LA; Klein, M; Flanders, WD; Sarnat, JA; Waller, LA; Sarnat, SE; Mulholland, JA; Tolbert, PE. (2010). Short-term associations between ambient air pollutants and pediatric asthma emergency department visits. *Am J Respir Crit Care Med* 182: 307-316.

**8.33** Unión Europea (UE). 2014. Air Quality Standards. <http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>

**8.34** USEPA (United States Environmental Protection Agency). (2014). National Ambient Air Quality Standards (NAAQS). <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqstable>.

**8.35** USEPA (United States Environmental Protection Agency). (2015). Table 5S-1. Summary of epidemiologic studies of SO<sub>2</sub> exposure and other morbidity effects (i.e., eye irritation, effects on the nervous and gastrointestinal systems).

**8.36** USEPA 40 CFR 50.17 - National primary ambient air quality standards for sulfur oxides (sulfur dioxide). May 30, 2018. [https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=2d2788563109432be7693d50d00d159e&mc=true&node=se40.2.50\\_117&rgn=div8](https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=2d2788563109432be7693d50d00d159e&mc=true&node=se40.2.50_117&rgn=div8). Consultado: 1 de junio de 2018.

**8.37** World Health Organization Regional Office for Europe. (2016). WHO Expert Consultation: Available evidence for the future update of the WHO Global Air Quality Guidelines (AQGs). Meeting report. Bonn, Germany, 29 September-1 October 2015. [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0013/301720/Evidence-future-update-AQGs-mtg-report-Bonn-sept-oct-15.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0013/301720/Evidence-future-update-AQGs-mtg-report-Bonn-sept-oct-15.pdf).

**8.38** Yang WS, Zhao H, Wang X, Deng Q, Fan WY, Wang L (2016) An evidence-based assessment for the association between long-term exposure to outdoor air pollution and the risk of lung cancer. *Eur J Cancer Prev* 25:163-172.

**8.39** Yun Y, Gao R, Yue H, Li G, Zhu N, Sang N (2015) Synergistic effects of particulate matter (PM<sub>10</sub>) and SO<sub>2</sub> on human non-small cell lung cancer A549 via ROS-mediated NFB activation. *J Environ Sci* 31:146-153.

## **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 180 días naturales siguientes al de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

## **TRANSITORIO**

**ÚNICO.-** La entrada en vigor de la presente Norma deja sin efectos a la Norma Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2010, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Valor normado para la concentración de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de septiembre de 2010.

Dado en la Ciudad de México, a los 31 días del mes de julio de 2019.- El Comisionado Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario, **José Alonso Novelo Baeza**.- Rúbrica.

#### **11. APÉNDICE A NORMATIVO Manejo de datos.**

**A.1** En este Apéndice se explica la forma en que deben ser manejados los datos, así como los cálculos necesarios para determinar el cumplimiento de los valores límites de SO<sub>2</sub> para 1 hora y 24 horas.

**A.1.1 Redondeo.** En cada sitio de monitoreo, las concentraciones horarias se reportarán en ppm con 3 cifras decimales significativas. Si se cuenta con valores de 4 o más cifras decimales, el valor será redondeado de la siguiente manera: si el cuarto decimal es un número entre 5 y 9, el valor del tercer decimal se incrementará al inmediato superior; si el valor del cuarto decimal es 4 o menor, el valor del tercer decimal no se incrementa.

**A.1.2 Compleción de datos.** Cantidad mínima necesaria de datos para determinar el cumplimiento del límite de 1 hora y 24 horas.

##### **A.1.2.1 Valor límite de 1 hora.**

**A.1.2.1.1** El promedio aritmético de 3 años consecutivos de los percentiles 99 anuales se considera válido si se cumplen los siguientes criterios de completión de datos:

**A.1.2.1.1.1** En los 3 años los datos estén completos.

**A.1.2.1.1.2** Un año tiene datos completos cuando los 4 trimestres de un año reporten datos completos.

**A.1.2.1.1.3** Un trimestre está completo cuando en al menos el 75% de los días del trimestre se reporta el máximo diario (Ver tabla A.1).

**A.1.2.1.1.4** Un máximo diario se calcula si se cuenta con al menos el 75% de las concentraciones horarias del día (18 registros). Se consideran en el conteo para la completión de datos del día las concentraciones reportadas por los responsables de los Sistemas de Monitoreo de la Calidad del Aire abanderadas como eventos excepcionales de acuerdo al inciso A.3; sin embargo, dichas concentraciones no se consideran en el cálculo de los percentiles anuales.

**Tabla A.1.** Trimestres y número mínimo de días que cumplen con los criterios de completión de datos

<b>Trimestre</b>	<b>Meses</b>	<b>Número mínimo de días con máximos diarios o promedios de 24 horas en un año no bisiesto (días)</b>	<b>Número mínimo de días con máximos diarios o promedios de 24 horas en un año bisiesto (días)</b>
1	enero, febrero, marzo	67	68
2	abril, mayo, junio	68	68
3	julio, agosto, septiembre	69	69
4	octubre, noviembre, diciembre	69	69

**A.1.2.1.2** En el caso de que 1, 2 o 3 años no cumplan los criterios de completión de los incisos anteriores, y que por lo tanto, no serían utilizables para el cálculo del promedio aritmético de 3 años consecutivos de los percentiles 99 anuales, podrán ser usados para estimar de forma válida dicho promedio si una de las siguientes condiciones se cumple:

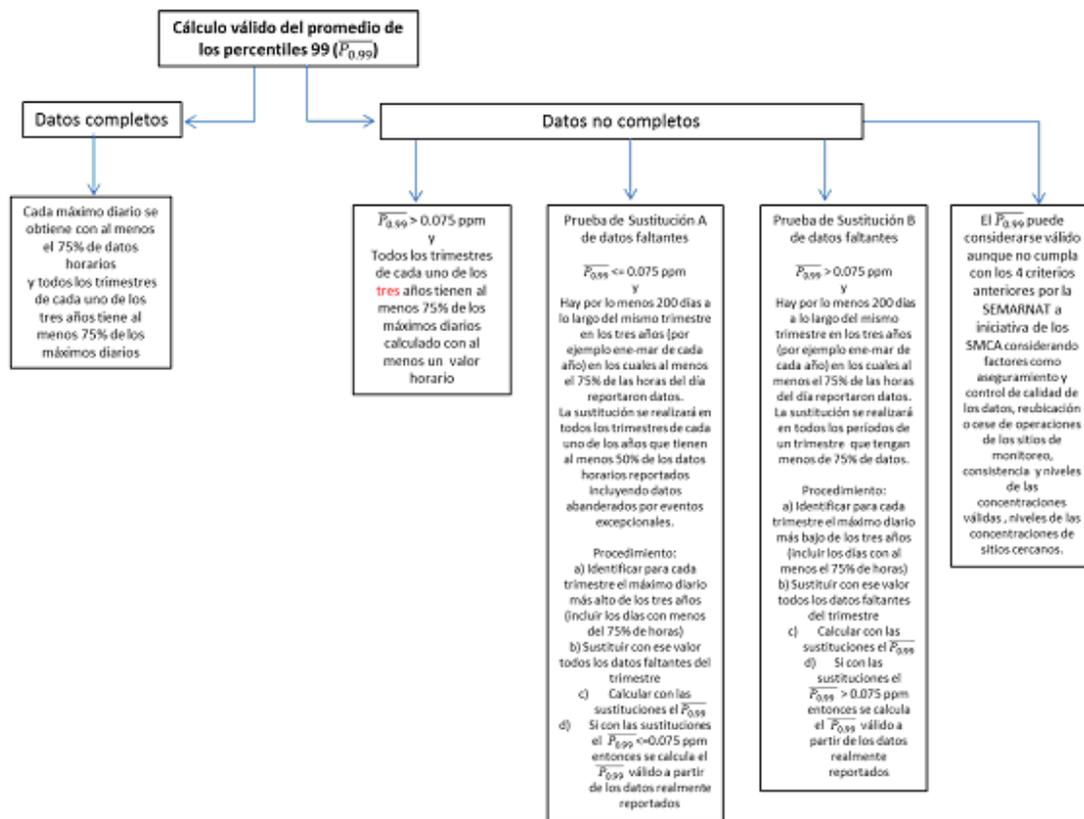
**A.1.2.1.2.1** Al menos el 75% de los días por trimestre de cada uno de los 3 años consecutivos tienen al menos un valor horario reportado y el promedio aritmético de 3 años consecutivos de los percentiles 99 anuales calculado como se indica en el inciso A.1.3.1 sea mayor que 0.075 ppm.

**A.1.2.1.2.2** Un promedio aritmético de 3 años consecutivos de los percentiles 99 anuales calculado como se indica en el inciso A.1.3.1, que es menor o igual a 0.075 ppm se puede considerar válido si al realizar la prueba de sustitución A, señalada en el inciso A.1.2.1.2.2.1, resulta que el promedio aritmético de 3 años consecutivos de los percentiles 99 anuales es menor a 0.075 ppm.

Si el promedio aritmético de 3 años consecutivos de los percentiles 99 anuales calculado como se indica en el inciso A.1.3.1 es mayor a 0.075 ppm se puede considerar válido si al realizar la prueba de sustitución B, señalada en el inciso A.1.2.1.2.2.2, resulta que el promedio aritmético de 3 años consecutivos de los percentiles 99 anuales es mayor a 0.075 ppm.

Cabe precisar que las pruebas de sustitución son de naturaleza diagnóstica y el objetivo de llevarlas a cabo es comprobar que hay una alta probabilidad de que el valor límite de 1 hora se cumple para la prueba A o no se cumple para la prueba B (Figura A.1.).

**Figura A.1.** Esquema general del cálculo válido del promedio de los Percentiles 99



#### **A.1.2.1.2.2.1 Prueba de sustitución A.**

##### **A.1.2.1.2.2.1.1 Condiciones:**

**A.1.2.1.2.2.1.1.1** La sustitución de datos se realizará en todos los trimestres que tengan menos del 75% de datos reportados pero al menos un 50% de ellos, incluyendo datos abanderados por eventos excepcionales aprobados para su exclusión. Si cualquier trimestre tiene menos de 50% de datos reportados, entonces esta prueba de sustitución de datos no puede ser utilizada.

**A.1.2.1.2.2.1.1.2** Hay por lo menos 200 días a través de los 3 trimestres de los 3 años considerados para los cuales el 75% de las horas en el día han reportado datos. Sin embargo, los valores máximos de 1 hora de días con menos del 75% de las horas reportadas también se tendrán en cuenta al identificar el valor que se utilizará para la sustitución.

**A.1.2.1.2.2.1.2 Procedimiento:**

**A.1.2.1.2.2.1.2.1** Identificar para cada trimestre (por ejemplo, enero-marzo) el valor diario validado de 1 hora más alto reportado para ese trimestre, en los 3 años bajo consideración. Se deberán considerar los máximos diarios de 1 hora de todos los días del trimestre incluyendo los de los días con menos de 75% de datos reportados.

**A.1.2.1.2.2.1.2.2** Sustituir el máximo horario más alto de 1 hora observado en el trimestre evaluado por todos los datos faltantes en el trimestre correspondiente. Si después de la sustitución el promedio aritmético de los percentiles 99 anuales recalculado con estos datos para el periodo de 3 años es menor o igual a 0.075 ppm, se considera que ha superado la prueba de diagnóstico y es válido dicho promedio y por tanto el valor límite de 1 hora se cumple en ese periodo de 3 años. En tal caso, se utilizará como válido el promedio aritmético de los percentiles 99 anuales que se obtiene del análisis de los datos realmente reportados, no el que resulta de la prueba de sustitución.

**A.1.2.1.2.2.2 Prueba de Sustitución B.****A.1.2.1.2.2.2.1 Condiciones:**

**A.1.2.1.2.2.2.1.1** La sustitución de datos se realizará en todos los periodos de un trimestre que tengan menos de 75% de datos.

**A.1.2.1.2.2.2.1.2** La sustitución sólo está permitida si hay un mínimo de 200 días a lo largo de los 3 trimestres correspondientes de los 3 años bajo consideración para los cuales el 75% de las horas en el día han reportado datos. Sólo días con al menos el 75% de las horas reportadas se considerarán en la identificación del valor que se utilizará para la sustitución.

**A.1.2.1.2.2.2.2 Procedimiento:**

**A.1.2.1.2.2.2.2.1** Identificar para cada trimestre (por ejemplo, enero-marzo) el máximo diario más bajo reportado para ese trimestre de los 3 años bajo consideración. Todos los valores diarios máximos de todos los días con al menos el 75% de datos en el trimestre se considerarán al identificar este valor.

**A.1.2.1.2.2.2.2.2** Sustituir el máximo diario más bajo observado en el trimestre evaluado por los datos faltantes en el trimestre correspondiente en los 3 años.

**A.1.2.1.2.2.2.2.3** Sustituir el valor máximo horario más bajo por los valores faltantes en el trimestre o trimestres que sean necesarios hasta completar el 75% de datos. Si después de la sustitución, el promedio aritmético de los percentiles 99 anuales recalculado con estos datos para el periodo de 3 años es mayor a 0.075 ppm, se considera que ha superado la prueba de diagnóstico y el valor es válido, por tanto, el límite de 1 hora no se cumple en ese periodo de 3 años. En tal caso, se utilizará como válido el promedio aritmético de los percentiles 99 anuales que se obtiene del análisis de los datos realmente reportados, no el que resulta de la prueba de sustitución.

**A.1.2.1.2.2.2.2.4** Un promedio aritmético de 3 años consecutivos de los percentiles 99 anuales calculado como se indica en el inciso A.1.3.1, obtenido de datos que no cumplen con los criterios establecidos en el inciso A.1.2.1.1, y tampoco cumplen con los supuestos A.1.2.1.2.2.2.1, A.1.2.1.2.2.2.2 y A.1.2.1.2.2.2.3 antes listados, puede considerarse válido por las autoridades en sus diferentes órdenes de gobierno que tengan a su cargo la vigilancia y evaluación de la calidad del aire, quienes considerarán en su decisión factores tales como: entorno de los sitios de monitoreo, reubicación o cese de las operaciones de los sitios de monitoreo, consistencia y niveles de concentración de las mediciones válidas disponibles, niveles de las concentraciones de sitios de monitoreo cercanos para determinar si se usan tales datos.

**A.1.2.2 Valor límite de 24 horas.**

**A.1.2.2.1** El máximo de 3 años consecutivos, obtenido de los promedios de 24 horas se considera válido si se cumplen los siguientes criterios de completación de datos.

**A.1.2.2.1.1** a) En los 3 años los datos estén completos o b) en 2 de los 3 años los datos estén completos y el máximo de los promedios de 24 horas es menor que 0.03 ppm, sin considerar registros de datos que fueron afectados por eventos poco frecuentes o excepcionales o c) en uno de los tres años los datos estén completos y el máximo de los promedios de 24 horas es menor que 0.02 ppm, sin considerar registros de datos que fueron afectados por eventos poco frecuentes o excepcionales, de acuerdo al inciso A.3.

**A.1.2.2.1.2** Un año tiene datos completos cuando los 4 trimestres de un año reporten datos completos o bien los meses en los que de acuerdo a los análisis de los datos se presentan las concentraciones más altas estén completos. Se debe de realizar una evaluación para determinar esos meses conforme al inciso A.3.

**A.1.2.2.1.3** Un trimestre está completo cuando en al menos el 75% de los días del trimestre se reporta el promedio de 24 horas (Ver tabla A.1).

**A.1.2.2.1.4** Un mes está completo cuando en al menos el 75% de los días del mes, se reportaron los promedios de 24 horas.

**A.1.2.2.1.5** Para el cálculo de cada promedio de 24 horas se requiere un mínimo del 75% de las concentraciones horarias válidas del día (18 registros). Los promedios de 24 horas se deben redondear de acuerdo con el inciso A.1.1.

**A.1.3** Cálculo del promedio aritmético de los percentiles 99 de tres años consecutivos y del máximo de los promedios de 24 horas de tres años consecutivos.

**A.1.3.1** Cálculo del promedio aritmético de los percentiles 99 de tres años consecutivos.

**A.1.3.1.1** Cálculo del percentil 99 anual.

Cuando en un sitio de monitoreo se cumplen con los requisitos de compleción especificados en los incisos A.1.2.1.1 y A.1.2.1.2, el valor del percentil 99 de cada año se calcula como se indica a continuación:

**A.1.3.1.1.1** Se ordenan todos los máximos diarios obtenidos durante un año en una serie descendente ( $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ ), en donde  $X_1$  es el valor más grande y  $X_n$  es el valor más bajo, ( $n$ ) es el número de máximos diarios o de los promedios de 24 horas válidos en el año.

**A.1.3.1.1.2** El Percentil 99 ( $P_{0.99}$ ), se determina de la serie ordenada de acuerdo a la Tabla A.2.

**Tabla A.2.** Determinación del rango de la serie descendente que corresponde al lugar de la concentración del Percentil 99

Número de máximos diarios válidos en un año (n) (días)	Lugar $i$ de los máximos diarios ordenados de manera descendente que corresponde al lugar (rango) de la concentración del percentil 99 ( $X_i$ )
1 a 100	$X_i=1$
101 a 200	$X_i=2$
201 a 300	$X_i=3$
301 a 366	$X_i=4$

Se selecciona la fila que corresponda al número "n" de máximos diarios válidos en un año de acuerdo a la primera columna y se le asocia el lugar  $i$  (1, 2, 3 y 4, de la Tabla A.2) de la misma fila que corresponde a la segunda columna, lo que determina el lugar que le corresponde al valor del percentil 99 en la serie ordenada de manera descendente.

Por ejemplo, si  $n = 358$  el lugar  $i$  que le corresponde al valor del percentil 99 es 4, es decir, el Percentil 99 es el valor que toma la concentración que se encuentra en el lugar  $X_4$  de los máximos diarios ordenados de manera descendente.

**A.1.3.1.2 Cálculo del promedio aritmético de los percentiles 99 de tres años consecutivos.**

Cuando en un sitio de monitoreo se satisface con los requisitos de compleción especificados en los incisos A.1.2.1.1 y A.1.2.1.2, el promedio aritmético de los percentiles 99 de 3 años consecutivos se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$\overline{P_{0.99}} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 P_{0.99j}$$

Donde:

$\overline{P_{0.99}}$  = promedio aritmético de los percentiles 99 de 3 años consecutivos.

$P_{0.99j}$  = percentil 99 del año  $i$ .

$i = 1, 2, 3$

El promedio aritmético de los percentiles 99 se debe reportar aplicando la regla de redondeo definida en el inciso A.1.1.

**A.1.3.2 Cálculo del máximo de los promedios de 24 horas de tres años consecutivos.**

Cuando en un sitio de monitoreo se satisfacen los requisitos de compleción especificados en el inciso A.1.2.2.1, el valor del máximo de los promedios de 24 horas de 3 años consecutivos se calcula como se indica a continuación:

**A.1.3.2.1** Se ordenan todos los promedios de 24 horas obtenidos durante los 3 años en consideración (por ejemplo 2013, 2014 y 2015) de menor a mayor concentración.

**A.1.3.2.2** Se selecciona la concentración máxima de los 3 años.

La concentración máxima de los 3 años se debe reportar aplicando la regla de redondeo definida en el inciso A.1.1, pero con 2 cifras significativas.

### **A.2 Determinación de los meses con valores altos de concentración.**

La determinación de los meses con valores de concentración alta se llevará a cabo en una zona metropolitana, ciudad o sitio de monitoreo cuando se reporten meses completos para uno y hasta tres años.

**A.2.1** Un mes está completo cuando se reporten al menos el 75% de concentraciones horarias válidas del mes por sitio de monitoreo.

**A.2.2** Un año está completo cuando:

**A.2.2.1** Se dispone de información para cada mes de un mismo año (enero a diciembre).

**A.2.2.2** Se dispone de información para cada mes (enero-diciembre) independientemente del año, en un periodo de tres años, en el que esta información se haya generado.

### **A.2.3 Procedimiento:**

**A.2.3.1** Obtener el promedio por mes de las concentraciones horarias por sitio de monitoreo en cada uno de los años.

**A.2.3.2** Obtener el promedio por mes de los tres años a partir de los promedios obtenidos en el inciso A.2.3.1. En el caso de la determinación por zona metropolitana o ciudad el promedio representativo de cada mes se calcula como el promedio de los promedios de los sitios de monitoreo que comprendan dicha zona metropolitana o ciudad.

**A.2.3.3** Obtener el valor máximo de los promedios obtenidos para cada mes en el inciso A.2.3.2.

**A.2.3.4** Obtener el valor mínimo de los promedios obtenidos para cada mes en el inciso A.2.3.2.

**A.2.3.5** Obtener la diferencia entre el valor máximo y el mínimo de los incisos A.2.3.3 y A.2.3.4.

**A.2.3.6** Dividir la diferencia obtenida en el inciso anterior entre 2 y restarlo al valor máximo obtenido en el inciso A.2.3.3. El valor resultante se usará como umbral o valor de referencia para determinar los meses que tienen valores altos de concentración.

**A.2.3.7** Un mes es considerado con valores altos de concentración si el promedio por mes obtenido en el inciso A.2.3.2 es mayor al umbral estimado en el inciso A.2.3.6.

### **A.3 Determinación de eventos excepcionales.**

Los eventos excepcionales referidos en el inciso 3.5 se determinarán conforme a lo siguiente:

**A.3.1** Obtener el valor máximo de las concentraciones horarias reportadas en los meses definidos con valores altos de concentración.

**A.3.1.1** Obtener el Percentil 99 de las concentraciones horarias ( $Ph_{0.99}$ ) reportadas en los meses definidos con valores altos de concentración.

**A.3.1.1.1** Se ordenan las concentraciones horarias reportadas en los meses definidos con valores altos de concentración ( $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ ) en la que cada valor es igual o mayor que el valor anterior ( $x_n \geq x_{n-1}$ ).

**A.3.1.1.2** Se multiplica el número total de valores,  $n$ , por 0.99. Se toma la parte entera del valor resultante,  $i$ , y el valor del percentil 99 se calcula con la ecuación:

$$Ph_{0.99} = x_{i+1}$$

Donde:

$Ph_{0.99}$  = percentil 99 de las concentraciones horarias

$i$  = la parte entera del producto de 0.99 y  $n$

$x_{i+1}$  = es el número ( $i + 1$ )-ésimo número en la serie ordenada

**A.3.1.1.3** El percentil 99 de las concentraciones horarias,  $Ph_{0.99}$ , es el valor de concentración con índice  $i + 1$  en la serie ordenada de valores.

**A.3.2** Calcular la diferencia entre el valor máximo y el  $Ph_{0.99}$ .

**A.3.2.1** Si la diferencia calculada en el inciso A.4.2 es mayor o igual al  $Ph_{0.99}$  se considera que la dispersión de los datos es alta y una concentración horaria se definirá como excepcional si su valor es mayor que 2 veces el  $Ph_{0.99}$ .

**A.3.2.2** Si la diferencia calculada en el inciso A.4.2 es menor al  $Ph_{0.99}$  se considera que la dispersión de los datos es baja y una concentración horaria se definirá como excepcional si su valor es mayor a  $(Ph_{0.99} + Ph_{0.99}/2)$ .

**A.4 Determinación del cumplimiento de la Norma de SO<sub>2</sub> en un año calendario.**

Un sitio de monitoreo cumple con lo establecido en esta Norma para SO<sub>2</sub> si cumple con los valores límites de 1 hora y de 24 horas.

**A.4.1.** Un sitio de monitoreo cumple con el valor límite de 1 hora cuando el promedio aritmético de los percentiles 99 de los máximos diarios de 3 años consecutivos sea menor o igual a 0.075 ppm.

**A.4.2.** Un sitio de monitoreo cumple con el valor límite de 24 horas cuando el valor máximo de los promedios de 24 horas de 3 años consecutivos sea menor a 0.04 ppm.

---