

ANÁLISIS DE COMPORTAMIENTO DEL MATERIAL PARTICULADO MENOR A 10 MICRAS EN LOS INVIERNOS EN LA CIUDAD DE SALAMANCA

(Rodríguez González, Selma Jannine) Selma Jannine Rodríguez González (1), (Violante Gavira, Amanda) Amanda Violante Gavira (2)

1 [Licenciatura en Ingeniería Mecánica, División de Ingenierías Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | [sj.rodriguezgonzalez@ugto.mx]

2 [Departamento de Ingeniería Mecánica, División de Ingenierías Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | [amanda@ugto.mx]

Resumen

Por ser la contaminación ambiental un tema relevante que atrae a los organismos internacionales y a la comunidad científica, esta investigación se centra en estudiar el comportamiento de la concentración de las partículas menores a 10 micrómetros (PM10) presentes en el aire de la ciudad de Salamanca Gto. debido a la severa contaminación atmosférica que padece, por su industrialización y aglomeración poblacional. La información de concentraciones utilizada corresponde a los registros de la estación de monitoreo Cruz Roja. El análisis se realizó mediante un programa secuencial en Matlab®, que arroja el número de días de incumplimiento de los valores límite permitidos de PM10. Para este caso, temporalmente, se usó información de los periodos de invierno 2015 y 2016. Los hallazgos muestran que el valor promedio 24 h de concentración de las PM10 fue rebasado en 35 ocasiones, según lo establecido por la NOM-025-SSA1-2014. Lo que trae como consecuencia efectos adversos a la salud de la población en general, principalmente a personas con enfermedades cardiovasculares o respiratorias. El inminente peligro que representa este contaminante es la facilidad para penetrar y alojarse profundamente dentro de los pulmones, de acuerdo con los informes de la Organización Mundial de la Salud.

Abstract

As environmental pollution is a relevant issue that attracts international organizations and the scientific community, this research focuses on studying the behavior of the concentration of particles smaller than 10 micrometers (PM10) present in the air of the city of Salamanca, Guanajuato. Due to the severe air pollution that it suffers, due to its industrialization and population. The concentration information used corresponds to the records of the Red Cross monitoring station. The analysis was carried out through a sequential program in Matlab®, which shows the number of days of non-compliance with the allowed limit values of PM10. For this case, temporarily, information was used from the winter periods of 2015 and 2016. The findings show that the average 24-hour concentration of PM10 was exceeded 35 times, as established by NOM-025-SSA1-2014. Which brings as a consequence adverse effects to the health of the population in general, mainly to people with cardiovascular or respiratory diseases. The imminent danger posed by this pollutant is the facility to penetrate and lodge deeply inside the lungs, according to the World Health Organization reports.

Palabras Clave

Contaminación del aire; Medio Ambiente; Precontingencia Ambiental; Análisis Estadístico; Salud humana.

INTRODUCCIÓN

Marco Teórico

De acuerdo a estudios realizados por el Instituto Mexicano del Petróleo, el radio de partículas menores de 10 micrómetros y partículas menores de 2.5 micrómetros (PM10/ PM2.5) es del orden de 0.4, lo que indica que el 40% de las partículas suspendidas en el aire ambiente de Salamanca son iguales y menores a 2.5 micrómetros (fracción fina), mientras que el 60% remanente corresponde a partículas entre 2.5 y 10 μm , que corresponden a lo que actualmente se conoce como fracción gruesa. Durante 2005 se registraron 31 excedencias a la norma de 24 h, mientras que en 2006 la norma fue excedida en 33 ocasiones, en ambos casos el 65% de las excedencias se registraron en la Estación de Monitoreo Cruz Roja, mientras que el 35% restante se presentaron en la Estación de Monitoreo Nativitas [1].

Marco normativo

La Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2014 publicada en el Diario Oficial de la Federación, (2014) establece los criterios para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a material particulado [2]. Los valores de concentración máxima para PM10 son 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ por un promedio de 24 horas y 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para un promedio anual [3].

Marco conceptual

Los contaminantes criterio son los que se identifican como perjudiciales para la salud y el bienestar de los seres humanos [4]. Las PM10 son un contaminante criterio, se trata un conjunto de partículas sólidas y líquidas emitidas directamente al aire. Pertenecen al grupo de los contaminantes primarios. Se originan de fuentes naturales contaminantes como el polvo levantado por tormentas, erupciones volcánicas y otras, desde el mar por la evaporación y salpicado de gotitas de agua. Y también a partir de las fuentes antropogénicas [5]. Por los efectos en la salud humana, es considerado como referente en la determinación de contingencias ambientales. De acuerdo con el Gobierno del Estado de México (2018) la Contingencia Ambiental Atmosférica se define como: “Situación eventual y transitoria declarada por las autoridades competentes, cuando la concentración de contaminantes en la atmósfera alcance niveles potencialmente dañinos a la salud de la población más vulnerable tales como, niños, adultos mayores y enfermos de vías respiratorias” [6]. Esta alerta se activa cuando la concentración oscila entre $\geq 140 < 245 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y se desactiva cuando es menor a 110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La Tabla 1 muestra los niveles de concentración de los contaminantes criterio y la calidad del aire.

Tabla 1. Valores de niveles de concentración de los contaminantes criterio y la calidad del aire.

Contaminante	PM ₁₀	O ₃	SO ₂	NO ₂	CO
Tiempo de exposición (h)	24	8	24	1	8
Unidades	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppb	ppb	ppb	ppm
Buena	0-54	0-64	0-99	0-198	0-9
Satisfactoria	55-74	65-69	100-109	190-209	9-10
No satisfactoria	75-174	70-130	110-174	210-315	11-15
Mala	175-274	131-184	175-239	316-420	16-22
Muy mala	≥ 274	≥ 184	≥ 239	≥ 420	≥ 22

*Elaboración propia con información (IEE, 2014, pág. 12)

Justificación

La rápida industrialización, la gran población y el tráfico pesado son responsables de que empeore la calidad del aire en las ciudades, de ahí se derivan los niveles elevados de gases y contaminantes particulados [7]. Salamanca es una ciudad mexicana del estado de Guanajuato con una población de 273, 271 habitantes según el censo de 2015 [8]. De acuerdo con el resultado del estudio que concluyó el Instituto Nacional de Cambio Climático (INECC), Salamanca rebasa los parámetros permitidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) de acuerdo con la contaminación ambiental que presenta, y precisa que ponen en riesgo la salud de los ciudadanos [9]. Por todo esto, se considera conveniente proporcionar una metodología que permita a estudiantes universitarios dar un uso eficaz a la información de concentración de PM10 en el aire de su ciudad, esto con la finalidad de que sean atendidas las estrategias para el cuidado de la salud y del medio ambiente. Por otro lado, se eligieron dos periodos invernales, debido a que la combinación de las condiciones meteorológicas y el aumento en la actividad en la urbe tienen como consecuencia un incremento en los niveles de contaminación del aire [10].

Objetivo General

Realizar una guía que permita a estudiantes universitarios, analizar e interpretar la información pública sobre niveles de contaminación del aire, en particular de la concentración de PM10 en los inviernos 2015 y 2016 en las ciudades industrializadas como Salamanca, Gto., con la finalidad de que comprendan el comportamiento de este contaminante y esto coadyuve al autocuidado de la salud y del medio ambiente.

Objetivo Específico

Diseñar un programa mediante software de programación Matlab® que permita realizar un análisis e interpretación de la información que proporciona el Instituto Estatal de Ecología (IEE) a través del Sistema Estatal de Información de Calidad del Aire (SEICA) en relación con el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas y la determinación de las precontingencias ambientales que ponen en riesgo la salud de los ciudadanos.

Hipótesis

El límite de concentración másica de PM10 establecido por la NOM-025-SSA1-2014 fue rebasado en repetidas ocasiones durante los inviernos de los años 2015 y 2016 en la ciudad de Salamanca Gto.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología que se emplea para el desarrollo de este trabajo tiene un enfoque cuantitativo, no experimental y longitudinal [11]. Se aplicó estadística por el método de series de tiempo. Para analizar los datos de la muestra y obtener información cuantitativa, se empleó como herramienta el software de programación Matlab®. El equipo utilizado para el registro de la concentración de PM10 en el aire, consta de cinco instrumentos diferentes que son, un monitor DustTrak, muestra de alto volumen, monitor TEOM, E-sampler y la muestra BSNE [12]. En la Figura 1 aparece un diagrama de flujo que contiene el algoritmo del programa diseñado, mismo que sirve para interpretar la información de carácter público que proporciona SEICA. Éste tiene entre sus características el hecho de poder analizar los datos de concentración de cualquier tipo de contaminante criterio, además puede arrojar gráficas de tendencias por día, semana, mes, año y varios años; es capaz de procesar muestras de datos considerablemente grandes (del orden de miles), su tiempo de procesamiento no rebasa los tres segundos, una vez diseñado el código de programación, lo único que el usuario debe hacer es descargar los archivos .csv que proporciona SEICA en su sitio web, convertir los archivos a .xls, correr el programa, ingresar los datos del nombre del archivo conforme lo pide el algoritmo y automáticamente el programa hace todo el análisis estadístico, por ende, ahorra mucho tiempo al usuario.

Por otro lado, en Salamanca Guanajuato se encuentran instaladas tres estaciones de monitoreo, "Estación DIF", "Estación Nativitas" y "Estación Cruz Roja". Para el caso particular del presente estudio se seleccionó la "Estación Cruz Roja" debido a que puede considerarse la que posee mayor influencia de emisiones de origen industrial por la zona en que está situada. La temporada de invierno comprende del 21 de diciembre al 20 de marzo, sin embargo, se seleccionaron los valores de concentración de las PM10 de los meses de enero, febrero y marzo de los años 2015 y 2016, siendo el tamaño de la muestra de 4,334 datos.

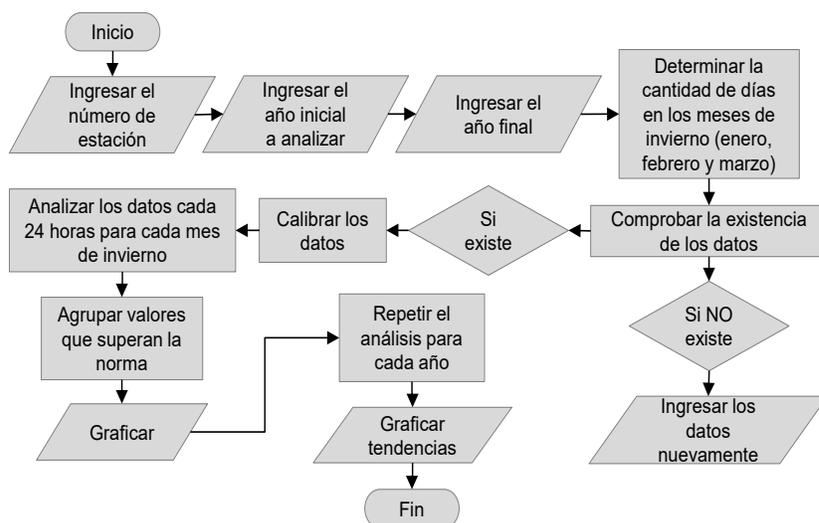


Figura 1. Metodología para el análisis e interpretación de los datos de concentración de las PM10 extraídos de SEICA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 2 muestra una de las gráficas que entrega el programa desarrollado en Matlab®. Se observan los valores del promedio de concentración de PM10 que exceden el límite establecido por la NOM-025-SSA1-2014 para un promedio de 24 horas en los meses de enero, febrero y marzo. Para ambos años, en enero y febrero es superado el valor límite, en mayor número de ocasiones. Tal como lo mencionan los autores de [1], las mayores concentraciones de PM10 se registran durante la época seca-fría del año, cuando las condiciones de temperatura y estabilidad atmosférica son desfavorables para la dispersión de los contaminantes. El promedio mensual de temperatura de los meses de enero, febrero y marzo de 2015 son 19.54°C, 20.15°C y 18.11°C, respectivamente, mientras que para los

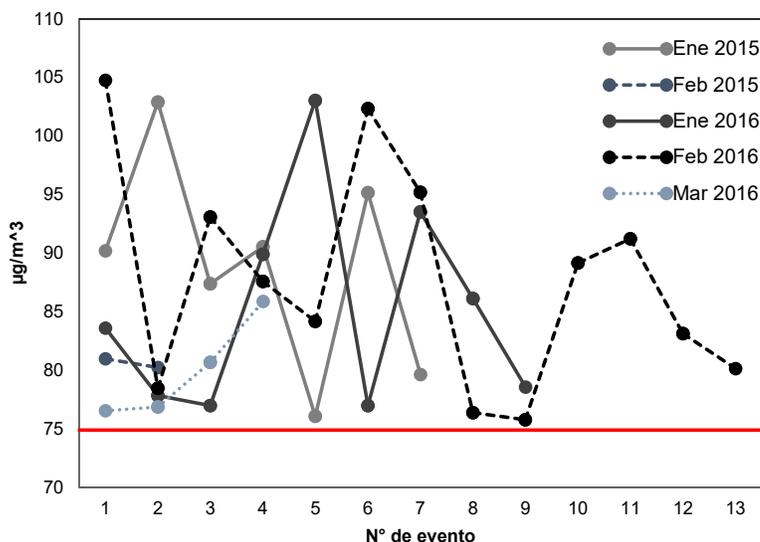


Figura 2. Valores del promedio de concentración de PM10 que exceden el límite establecido por la NOM-025-SSA1-2014 para un promedio de 24 horas

meses de enero, febrero y marzo de 2016 el promedio de temperaturas es de 15.32°C, 16.75°C y 18.61°C, respectivamente. Como se aprecia las temperaturas son bajas, pues rondan entre los 15 y 20°C. La línea horizontal roja, representa el valor de concentración de 75 µg/m³ por un promedio de 24 horas que establece la NOM-025-SSA1-2014. La Tabla 2 muestra los valores que se graficaron en la Figura 2. Se aprecia la fecha con el valor de concentración por un promedio de 24 horas monitoreadas. Durante los meses bajo estudio no se presentaron días con precontingencia ambiental. Sin embargo, se marcan los colores del código de la calidad del aire, que representan un riesgo a la salud, siendo más grave el impacto cuando se avanza del amarillo, al rojo o al morado, a dichas concentraciones se les denomina respectivamente: no satisfactoria, mala y muy mala calidad del aire. Estas fases, contienen recomendaciones y riesgos que los ciudadanos deben conocer y en su caso seguir para el autocuidado de la salud.¹

Tabla 2. Valores que superan los establecidos en la norma por un promedio de 24 horas.

Día	Ene 2015	Día	Feb 2015	Día	Ene 2016	Día	Feb 2016	Día	Mar 2016
12	90.189167	8	80.973333	1	83.584348	1	104.7725	7	76.55375
13	102.905	11	80.24875	5	77.82875	2	78.436667	13	76.85625
14	87.369167			17	76.975	3	93.071667	14	80.66625
15	90.527083			20	89.904	4	87.5675	15	85.874583
17	76.078333			21	103.05583	5	84.170833		
20	95.1525			22	76.99875	6	102.35667		
21	79.61375			25	93.510833	15	95.19375		
				26	86.111667	16	76.36375		
				27	78.551667	17	75.7675		
						22	89.1625		
						24	91.227917		
						25	83.109167		
						26	80.127917		

¹ <https://seica.guanajuato.gob.mx/monitoreo/salamanca>

Tras identificarse mediante el código de color a cada uno de los valores que aparecen en la Tabla 2, se aprecia que predomina la categoría “No Satisfactoria”, ninguno de ellos representa un estado de precontingencia ambiental, sin embargo ya implica un riesgo para la salud de los ciudadanos.

CONCLUSIONES

En este trabajo, se logró implementar de forma exitosa estadística por el método de series de tiempo mediante el diseño de un programa en Matlab®, el cual muestra de manera gráfica los valores de concentración de las PM10 en el aire de la ciudad de Salamanca Guanajuato. De esa forma, se obtuvo una guía para la interpretación de información ambiental de manera sencilla, confiable y de fácil acceso, dirigido principalmente a estudiantes universitarios de ingenierías o carreras afines. Se acepta la hipótesis planteada, pues se rebasó en nueve ocasiones durante el invierno de 2015 y en 26 ocasiones durante el invierno de 2016 el valor límite establecido en la NOM-025-SSA1-2014. Se propone estudiar un mayor número de años y buscar la correlación de la concentración de PM10 con la temperatura, además hacer proyecciones a futuro del comportamiento de este contaminante, con la finalidad de predecir el número de ocasiones en que se incumple con los límites establecidos en la NOM-025-SSA1-2014.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Guanajuato y su programa Verano de Investigación Científica, por brindarme la oportunidad de involucrarme en este trabajo de investigación. A mi asesora la Maestra Amanda Violante Gavira por transmitirme sus conocimientos, por su paciencia y especial atención en este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] Salamanca, P. M. (2007). Programa para Mejorar la Calidad del Aire en Salamanca 2007-2012. Salamanca, Gto.: Instituto de Ecología del Estado.
- [2] Rubio, E. E. (2005). NOM-025-SSA1-1993. México, D.F.: DOF.
- [3] Luján, S. R. (1993). Diario Oficial de la Federación. Obtenido de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4794228&fecha=18/10/1993
- [4] J. Glynn, Gary W. Heinke, Ingeniería Ambiental (2nd ed.), (p. 498), Prntice Hall.
- [5] Arciniégas Suárez, C. A. (2012). Diagnóstico y control de material particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirable PM10. Luna Azul, 195-213.
- [6] Gobierno del Estado de México. (13 de mayo de 2018). Periódico Oficial. Gaceta del Gobierno. Obtenido de <https://www.google.com.mx/search?q=gaceta+oficial+del+gobierno+del+estado+de+mexico&oq=gaceta+oficial+del+gobierno+del+estado+de+mexico&aqs=chrome.69i57.16696j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- [7] Yang Gao, Hongbing Ji. (2018). Microscopic morphology and seasonal variation of health effect arising from heavy metals in PM2.5 and PM10: One-year measurement in a densely populated area of urban Beijing, Atmospheric Research, 212, 213-226.
- [8] Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2015). Recuperado el 20 de junio de 2018, de <http://www.beta.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=11027>
- [9] Domínguez, C. (29 de septiembre de 2017). Periódico correo. Recuperado el 20 de junio de 2018, de <https://periodicocorreo.com.mx/salamanca-rebasa-contaminacion-ambiental/>
- [10] Sistema de Monitoreo Atmosférico, El invierno y la calidad del aire, Guía para proteger tu salud, Ciudad de México.
- [11] Hernández Sampieri R., Fernández Collado C., Baptista Lucio M. (2010). Metodología de la Investigación (5th ed.) México D.F., McGRAW-HILL.
- [12] Brenton Sharratt, Huawei Pi. (2018). Field and laboratory comparison of PM10 instruments in high winds, Aeolian Research, 32, 42-52.