

# DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO ATMOSFÉRICO (PM<sub>2.5</sub>) EN LA ZONA LADRILLERA DE LA COMUNIDAD DE YERBABUENA; GTO

González Pérez Alma Rosa (1), Zamorategui Molina Adrián (2)

1 Licenciatura en Ingeniería Ambiental, Universidad de Guanajuato | alma\_1714@hotmail.com

2 Departamento de Ingeniería Civil, División de Ingenierías, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato |

zamorategui@ugto.mx

## Resumen

La fabricación artesanal de ladrillo emite grandes cantidades de partículas y otros contaminantes a la atmósfera derivado del tipo de combustibles no autorizados que usa en su proceso de cocción. Se realizó el conteo de partículas por unidad de volumen de aire, un análisis de la concentración de PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub>, y el registro de variables meteorológicas en la zona ladrillera de la comunidad Yerbabuena; Gto. Dichas actividades se realizaron cada tercer día por la mañana y por la noche, en tres puntos previamente seleccionados y en el edificio de la Unidad Belén, zona Centro de la ciudad. Los resultados muestran que la cantidad y concentración de las partículas registradas en la Unidad Belén son siempre menores a las registradas en la zona ladrillera. La concentración (57 µg/m<sup>3</sup>) del análisis puntual de PM<sub>2.5</sub> registrada en la zona ladrillera el día sábado rebasa el límite máximo permisible establecido en la NOM-025-SSA1-2014 para un promedio de 24 horas.

## Abstract

Manufacturing craft of brick emits large amounts of particles and other contaminants to the atmosphere derived from fuel type unauthorized used on the cooking process. Was the count of particles for unit air volume, an analysis on the concentration of PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>, and a record weather variables in the brick yard of the community Yerbabuena; Gto. The above activities were made every third day during the morning and at night, in three points previously selected and in the building of the Belén unit, located in the center of the city. The number and concentration of particles registered in Belén unit are always less than that registered in the brick yard. The concentration of the analysis point of PM<sub>2.5</sub> registered in the brickyard on Saturday exceeds the maximum permissible established in the NOM-025-SSA1-2014 for an average of 24 hours.

## Palabras Clave

Conteo de partículas; PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub>; Rosa de vientos; Ladrilleras.

## INTRODUCCIÓN

La fabricación artesanal de ladrillo es una actividad económica importante en varias localidades de México y de otros países en vías de desarrollo. En el diagnóstico elaborado por el programa de Eficiencia Energética en Ladrilleras Artesanales (EELA, 2013) y el informe final del Instituto nacional de ecología y cambio climático (INECC, 2009), se reportaron 16953 productores y 13,000 ladrilleras en México respectivamente, de las cuales 2,362 se encuentran en el Estado de Guanajuato y 75 de ellas en la comunidad de Yerbabuena; Gto. [1]

La industria ladrillera provee de empleo a cientos de personas, generando además grandes cantidades de contaminantes. En la fabricación de ladrillo se emplean métodos ineficientes y combustibles que producen contaminación atmosférica (Gómez et al. 2011) (aceites gastados, madera, aserrín, llantas, etc.). Los principales problemas de contaminación atmosférica se ocasionan principalmente por la emisión de un alto contenido de material particulado con sustancias peligrosas provocando efectos negativos sobre el medioambiente, la salud de las personas y los materiales. [2]

El material particulado es una mezcla compleja de sustancias en estado líquido o sólido, que permanece suspendida en la atmósfera por periodos variables de tiempo. De acuerdo con su diámetro aerodinámico, éstas pueden clasificarse en partículas gruesas con diámetro menor o igual a  $10\mu\text{m}$  (PM10), partículas finas con diámetro menor o igual a  $2.5\mu\text{m}$  (PM2.5). Las partículas menores a  $0.1\mu\text{m}$  se denominan partículas ultrafinas (PM0.1). Las partículas finas permanecen durante periodos más largos suspendidas en la atmósfera, viajando distancias más largas y penetrando en los interiores de las casas, oficinas, etc., y por lo tanto la población está expuesta durante periodos más prolongados a esta fracción de partículas. El tamaño determina la capacidad de penetración y retención en diversas regiones de las vías respiratorias; las partículas finas pueden ingresar a los alveolos pulmonares. [3]

Varios estudios sugieren que las partículas PM2.5 pueden ser más tóxicas debido a la presencia de

sulfatos, nitratos, ácidos, metales y carbono negro; este último contaminante se origina en las diferentes categorías de fuentes de emisión que implican la quema incompleta de combustibles, y su presencia en las partículas incrementa considerablemente su toxicidad. [4]

En este trabajo se analizó el número de partículas por unidad de volumen de aire (Litro) para diámetros de: 0.3, 0.5, 0.7, 1, 2.5, 5,  $10\mu\text{m}$  y la concentración de material particulado atmosférico para las PM2.5 y PM10, con el objeto de determinar el grado de cumplimiento de la norma NOM-025-SSA1-2014 en cuanto a los límites máximos permisibles de  $45\mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $75\mu\text{g}/\text{m}^3$  de las PM2.5 y PM10 respectivamente, en la zona ladrillera de la comunidad de Yerbabuena; Gto.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Puntos de muestreo

Se establecieron tres puntos de muestreo considerando la ubicación de los hornos de las ladrilleras, las zonas habitacionales más transitables, y la dirección del viento. Se registró la longitud, latitud y elevación de cada punto localizado con el GPS marca GERMIN modelo GPSMAP 64s. Además, se consideró un cuarto punto de muestreo en la zona centro de la ciudad ubicado en el edificio de la Unidad Belén.

### Conteo de partículas y determinación de su concentración

El conteo de partículas y determinación de la concentración del material particulado se realizó por la mañana (11:00) y por la noche (20:00) cada tercer día a partir del lunes 20 de junio al domingo 3 de julio con el objeto de analizar durante los siete días de la semana. Se hicieron 6 análisis por cada punto de muestreo usando dos contadores de partículas modelo MetOne marca Ecotech y modelo LJ-0A5 marca LanJia. Estos equipos permiten cuantificar el número de partículas de 0.3, 0.5, 0.7, 1, 2.5, 5 y 10 micras de diámetro por litro de aire, y la concentración de PM2.5 y PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

### Variables meteorológicas

Las variables meteorológicas (precipitación, temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento) se registraron usando una estación meteorológica marca Acurite, modelo 01015 en el punto 1 de muestreo que tiene una elevación de 1963 metros sobre el nivel del mar (msnm). Con las variables meteorológicas se realizó la rosa de vientos utilizando el software WRPLOT.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Puntos de muestreo

Los puntos de muestreo seleccionados se muestran en la imagen 1, teniendo las coordenadas siguientes: punto 1 (latitud 20° 58' 02.8"N, longitud 101°16' 40.6"O y elevación de 1957 msnm), punto 2 (latitud 20° 58' 14.8"N, longitud 101°16' 30.75"O y elevación de 1954 msnm) y punto 3 (latitud 20° 58' 10.9"N, longitud 101°16' 40.8"O y elevación de 1948 msnm).



IMAGEN 1. Puntos de muestreo de partículas en el aire en la comunidad Yerbabuena, Gto.

### Variables meteorológicas

Con las variables meteorológicas registradas en el primer punto (Precipitación, velocidad y dirección del viento) se elaboró la rosa de los vientos que se muestra en la imagen 2. En ella se puede observar

variaciones en la dirección del viento (al sur, oeste y norte) predominantemente al oeste. Es decir, en dirección a los puntos 1 y 3 con velocidades de 2 a 8 m/s.



IMAGEN 2. Rosa de vientos en el primer punto de muestreo.

La Imagen 3 muestra el perfil de temperatura y humedad relativa en la zona de estudio durante el tiempo de muestreo. La temperatura muestra un comportamiento constante de 30°C por la mañana (11:00) y de 25°C por la noche (20:00). La Humedad relativa (Hr) se mantiene en promedio de 34% en la mañana y 43% por la noche. Este comportamiento de la Hr durante la noche se debe posiblemente al efecto de la temperatura, ya que está disminuyendo y por lo tanto la humedad aumenta.

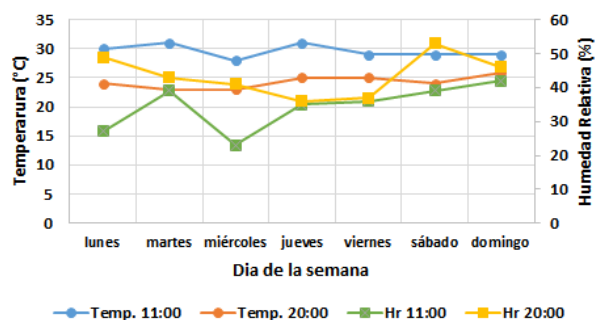


IMAGEN 3. Variaciones de temperatura y humedad relativa durante los días de la semana.

### Material particulado atmosférico

Las imágenes 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 muestran el número de partículas por unidad de volumen de aire (Litro) contra su diámetro en cada punto de

muestreo y en el edificio de la Unidad Belén ubicado en la zona centro de la Ciudad de Guanajuato, en los dos horarios de muestreo establecidos.

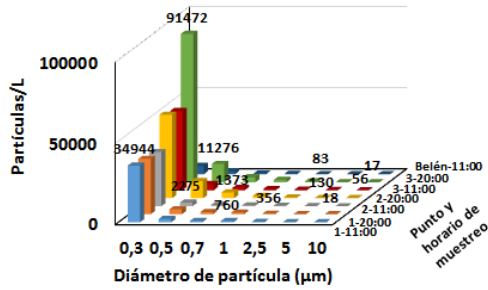


IMAGEN 4. Número de partículas por unidad de volumen contra diámetro (lunes).

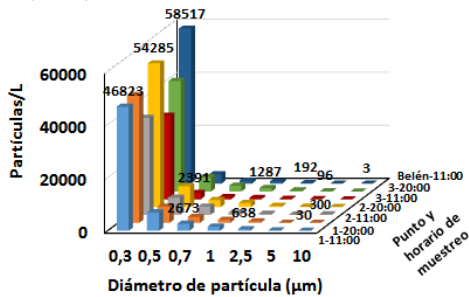


IMAGEN 5. Número de partículas por unidad de volumen contra diámetro (martes).

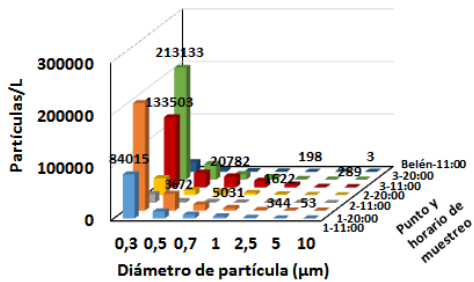


IMAGEN 6. Número de partículas por unidad de volumen contra diámetro (miércoles).

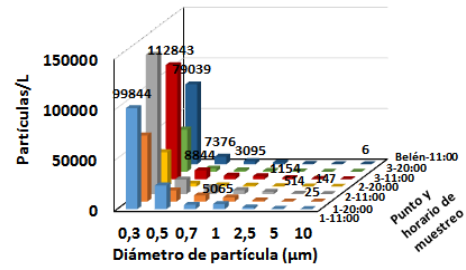


IMAGEN 7. Número de partículas por unidad de volumen contra diámetro (jueves).

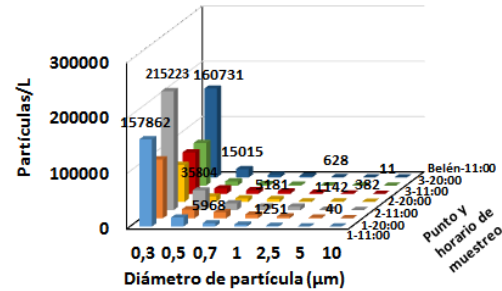


IMAGEN 8. Número de partículas por unidad de volumen contra diámetro (viernes).

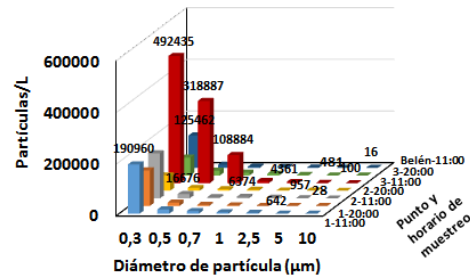


IMAGEN 9. Número de partículas por unidad de volumen contra diámetro (sábado).

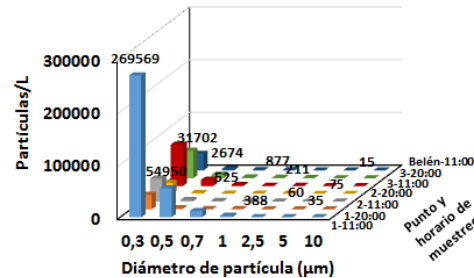


IMAGEN 10. Número de partículas por unidad de volumen contra diámetro (domingo).

En todas las imágenes se observa una mayor cantidad de partículas finas (0.3 y 0.5  $\mu\text{m}$ ), siendo mayor la cantidad de estas partículas el viernes y sábado por la mañana, esto es debido a que la mayor actividad de cocido de ladrillo se realiza los fines de semana. Además, se observa que el punto 3 presenta mayor cantidad de partículas en el aire debido a que las corrientes de viento van en esa dirección predominantemente, como se puede observar en la rosa vientos (Imagen 2). Los datos fueron comparados con los obtenidos en el edificio de la unidad Belén, observándose una menor cantidad de partículas en este lugar, debido posiblemente a que la zona centro de la ciudad es una zona urbana sin suelo descubierto y sin actividad ladrillera.

La variación de las concentraciones ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) del material particulado atmosférico  $\text{PM}_{2.5}$  y  $\text{PM}_{10}$  durante los días de muestreo se presentan en la imagen 11. En los días lunes y martes se obtuvieron las menores concentraciones y estas comienzan a aumentar el miércoles por la mañana alcanzada 39  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{2.5}$  y 41  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{10}$  en el punto 1, para el sábado en la noche alcanza 57  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{2.5}$  y 64  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{PM}_{10}$  en el punto 3, siendo el día con mayor concentración. Para el domingo se observa una disminución de la concentración en todos los puntos, siendo la más alta la del punto 1 (38  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{PM}_{2.5}$  y 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{PM}_{10}$ ). Este comportamiento en la concentración se debe a que la mayoría de las ladrilleras realizan el proceso de cocido de ladrillo a partir de día miércoles al sábado principalmente, emitiendo una mayor cantidad de material particulado a la atmosfera por la combustión de los combustibles durante el proceso.

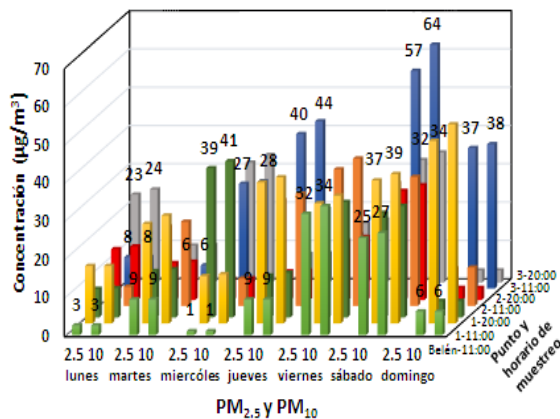


IMAGEN 11. Concentración de  $\text{PM}_{2.5}$  y  $\text{PM}_{10}$

## CONCLUSIONES

La cantidad de partículas por unidad de volumen de aire y concentración de material particulado  $\text{PM}_{2.5}$  y  $\text{PM}_{10}$  es mayor el viernes y sábado debido a que la mayor parte de las ladrilleras realizan el cocido del ladrillo los fines de semana.

La zona rural de yerbabuena con calles de terracería y actividad ladrillera presenta concentraciones mayores que las registradas en la zona centro de la ciudad de Guanajuato.

El número de partículas por unidad de volumen de aire (Litro) y las concentraciones de material particulado son mayores para el primer y tercer punto de muestreo debido a que las corrientes del viento varían en esa dirección.

La concentración de  $\text{PM}_{2.5}$  del sábado (57  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) rebasa los 45  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  que permite la NOM-025-SSA1-2014, sin embargo, se requiere hacer un muestreo durante 24 horas para considerarlo fuera de norma, ya que estos resultados son datos puntuales tomados cada 35 segundos.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Guanajuato y al Dirección de Apoyo a la Investigación y al Posgrado por la aceptación del proyecto de investigación.

A la División de Ingenierías, campus Guanajuato por el material y equipo que se utilizaron en el proyecto.

## REFERENCIAS

- [1] Red Ladrilleras, Red de Información de Productores de Ladrillos. 2013. Swisscontact, Perú. 08/07/2016. Recuperado de <http://www.redladrilleras.net/website/web/stats.php>
- [2] Casado Piñeiro, M. (2010). Elaboración de Límites Máximos Permisibles de Emisiones para la Industria Ladrillera, Perú.
- [3] Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2014, Salud ambiental. Valores límite permisibles para la concentración de partículas suspendidas  $\text{PM}_{10}$  y  $\text{PM}_{2.5}$  en el aire ambiente y criterios para su evaluación, con la finalidad de proteger la salud de la población. Secretaría de Salud. Diario Oficial de la Federación, México. 20 de agosto de 2014.
- [4] Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Instituto Nacional de Ecología. (2011). Guía metodológica para la estimación de emisiones de  $\text{PM}_{2.5}$ , Primera Edición, 33, 34(1).