

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES EN UNA
EMPRESA DE TRITURACIÓN DE MÁRMOL”**

P O R

FRANKLIN ISCIEL CARDENAS GUTIERREZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

Torreón, Coahuila

Diciembre de 2012

TESIS QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO
EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO
DE:
INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES


APROBADA POR:

PRESIDENTE



ING. JOEL LIMONES AVITIA

VOCAL



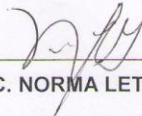
MC. JOSÉ LUIS RÍOS GONZÁLEZ

VOCAL



DR. ALFREDO OGAZ

VOCAL SUPLENTE



MC. NORMA LETICIA ORTIZ GUERREO



DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2012

“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS


“DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES EN UNA
EMPRESA DE TRITURACIÓN DE MÁRMOL.”

TESIS QUE SE PRESENTA PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

POR:


FRANKLIN ISCIEL CÁRDENAS GUTIÉRREZ
APROBADA POR EL H. CUERPO DE ASESORES

ASESOR PRINCIPAL



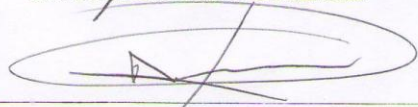
ING. JOEL LIMONES AVITIA

ASESOR



MC. JOSÉ LUIS RÍOS GONZÁLEZ

ASESOR



DR. ALFREDO OGAZ

ASESOR



MC. NORMA LETICIA ORTIZ GUERRERO



DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2012

AGRADECIMIENTOS

Agradezco inmensamente a mi madre Criselia Guadalupe Gutiérrez Gonzales por darme la vida, ella me enseñó mucho siempre estuvo ahí para mí, ella supo como educarme de la mejor manera con coraje, sacrificio, comprensión y su amor incondicional, estuvo ahí para mi, durante estos cuatro años y medio, estuvo ahí cuando la necesite y si bien la obligación de un padre es hacer eso, ella siempre fue la mejor mama, de verdad te amo y si hoy estoy en estas instancias es gracias a ti *MAMÁ*.

También agradezco a mi padre Abdías Cárdenas Vidal, qué a pesar de todo el trato, supo ser un buen padre, que me inculco valores, me enseñó a ser hombre de bien y para bien, él supo darme consejos cuando los necesite, gracias *PAPÁ*.

A mi familia, a mi abuela que ella siempre pidió por mi bienestar y mi salud ella también confió en mi, jamás dudo que yo lograría lo que hoy estoy a un paso de hacerlo, siempre me dio ánimos para seguir adelante a pesar de lo complicada que pudiera estar la situación, por eso mucho gracias *ABUELA*, te amo.

A mis hermanos ellos que jamás dudaron ni un segundo que su hermano mayor terminaría, que con sus bromas y risas me animaban en un mal día, claro que por su amor incondicional los amo Willian y Alan

Agradezco a mi ALMA MATER, que me convertido en la persona que hoy en día soy además me permitió conocer personas que marcaron mi vida a mis amigos que en las buenas, en las malas y en la peores siempre estuvieron ahí. A mis profesores ellos que día a día trataron de instruirme y que además de conocimientos, también impartieron valores, al ing. Joel Limones Avitia, ing. José Luis Ríos González, Ing. Rubí Soto Muños, muchas gracias también mis coach el MVZ Dionisio Ibarra Martínez, Ing. Roberto Valverde Flores, Ing. Jesús Valverde Flores y ala UAAAN-UL mil gracias por todo.

DEDICATORIAS

A mi madre por sus apoyo incondicional sus consejos y su amor.

A mi padre por sus consejos y escucharme siempre que lo necesité.

A mis familiares mis hermanos por levantarme el animo cuando ya había decidido tirar todo a la basura, ellos siempre creyeron en mi.

A mi abuela por que ella jamás dudo ni un segundo que yo lo lograría, siempre confió en mí.

A mis amigos que con su apoyo, por estar ahí en las buenas y en las malas, jamás se alejaron de mí, por ellos supe lo que en verdad es amistad.

ÍNDICE

Resumen	I
Palabras clave	II
Introducción	1
Objetivos	5
- Objetivo general	5
- Objetivo específico.....	5
Revisión de literatura	6
- operaciones de trituración	6
- contaminantes particulados.....	7
- monitoreo de emisiones de material particulado	9
- contaminación por material particulado en Torreón	10
- evaluación de la contaminación en la ciudad de Torreón	13
- marco jurídico en materia de material particulado.....	14
- monitoreo atmosférico	15
- objetivos del monitoreo	16
- muestreadores activos	16
- equipos de alto volumen	17
Materiales y métodos	18
- mediciones	20
- ubicación de la estación de monitoreo	21
Resultados	22
Conclusiones	23
Anexos	25
Bibliografía citada	27

RESUMEN

En este trabajo se muestran los resultados del monitoreo a una empresa de trituración de mármol, también habla de la importancia de conocer la concentraciones de partículas suspendidas totales en el aire ambiente. La contaminación atmosférica no es un problema nuevo, se conoce desde hace mucho, pero de ahí viene el problema, que no se le avía dado la importancia que debía, a pesar de ser un problema viejo. Hasta que hubo consecuencias, hoy en día sabemos de los efectos adversos que el exceso de concentración de estas partículas en la atmosfera.

La problemática se da, ya que existiendo fuentes naturales de contaminación atmosférica, se suman los contaminantes atmosféricos que son emitidos por la actividad antropogenica, esto hace que hoy en día mas personas sufran enfermedades respiratorias, especialmente niños y adultos mayores ya que son la fracción de la población mas susceptibles.

Por ello hoy en día existe una normativa que regula las emisines a la atmosfera, tratando de disminuir la contaminación atmosférica. En dicha normativa, se establece los limites máximos permisibles de contaminantes atmosféricos y también hace referencia para la realización de losmonitoreos de la calidad del aire y exigen a las empresa, que emita contaminantes a la atmosfera realice monitoreos contantes de la calidad del aire para mantenerse bajo norma y d esa manera disminuir las concentraciones de los contaminantes,específicamente material particulado emitido a la atmósfera.

Palabras clave:

Material particulado, PM 10, monitoreo, PST, equipos de alto volumen

INTRODUCCIÓN

La problemática de la contaminación ha alcanzado niveles cada vez mas graves, por lo que es fundamental el conocimiento de los productos contaminantes generados, ya que estos junto con las partículas que se encuentran suspendidas en la atmosfera tales como polvo, mineral carbonoso y organismos o estructuras de ellos (virus, bacterias, esporas, polen, etc.), alteran la calidad de vida en las ciudades influyendo en aspectos como la visibilidad y la salud del ser humano.(González M, et al; 1999)

Las enfermedades respiratorias representan una de las más altas causas de morbilidad y mortalidad de la población susceptible (niños especialmente) en centros urbanos. A su vez, existen evidencias científicas, aceptadas internacionalmente, según las cuales estas enfermedades están estrechamente ligadas a la contaminación atmosférica, y en especial a aquella causada por material particulado suspendido en el aire. (Rojas; 2004)

Las fuentes de partículas suspendidas son diversas y abarcan desde las naturales, como polvo volcánico y tolveneras, hasta las de origen antropogénico, que incluyen fábricas de acero, plantas de generación de energía, cementeras, fundidoras, obras de construcción y demolición, hornos y chimeneas que utilizan madera como combustible, áreas sujetas a erosión y motores diesel. (Pérez H. et al; 2010).

Los materiales nocivos normalmente conocidos como contaminantes entran a la atmósfera provenientes de fuentes que se encuentran más allá del control humano. En las partes más densamente pobladas del globo, en particular en los países industrializados, las fuentes principales de estos contaminantes son actividades humanas. Estas actividades se encuentran íntimamente asociadas con nuestra forma de vida y eliminarlas causaría una disminución tan drástica en el

estándar de vida que esta acción rara vez se considera como mecanismo de reducción de la contaminación. (Botero S. et al; 2004).

En los últimos años se ha enfatizado la importancia que representa el conocimiento de la química de la atmosfera a escala global temas tales como la disminución de la capa de ozono en la estratosfera, el transporte de contaminantes atmosféricos a través de grandes distancias y la influencia de sustancias a nivel de trazas, sobre el clima, son hoy día tópicos de interés internacional. La solución a través de la determinación de contaminantes en estos sitios de interés. Sin embargo, no tan solo es importante desplazarse a estos lugares para realizar las determinaciones que se requieren, sino estas deben ser hechas mediante técnicas analíticas específicas, confiables y reproducibles. (Sosa R. et al; 2007)

Existen diversos esfuerzos a nivel nacional e internacional para controlar y mejorar la calidad del aire en zonas urbanas o con problemas por concentración de partículas suspendidas. En varios países, incluido México se ha establecido normas de calidad del aire para partículas suspendidas y otros contaminantes así como mecanismos de repuesta y programas de prevención para asegurar mejoras en la calidad de aire. En este sentido, el instituto nacional de ecología en coordinación con otras instituciones interesadas, lleva a cabo diversos proyectos para dar sustento técnico y científico a las normas, programas y estrategias nacionales para el manejo de la calidad del aire. (Rojas L. et al; 2007)

Sin embargo, el conocimiento de los contaminantes y de las fuentes de emisión no abarca el complejo proceso de la contaminación atmosférica. Las características estructurales y dinámicas de la atmósfera y las características morfológicas del terreno determinan la dispersión de los contaminantes en el espacio y su evolución temporal. La dispersión configura la diferente concentración de contaminantes en la atmósfera (inmisión) en la zona de influencia de la fuente emisora. La evolución de los contaminantes conlleva la aparición de otros nuevos

no emitidos por la fuente directamente: son los contaminantes secundarios, como el ozono formado a partir de los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles en presencia de la luz solar, o el ácido sulfúrico formado a partir de la oxidación del dióxido de azufre. (Aranguéz E. et al; 1999)

A partir de 1986 comenzaron a establecerse medidas de control de la contaminación del aire; en ese año arrancó la sustitución del combustóleo por gas natural y se redujo el contenido de tetraetilo de plomo en las gasolinas. En 1990 se puso en marcha el programa de verificación vehicular, se introdujeron las gasolinas oxigenadas y se inició el programa Hoy no Circula, el cual prohíbe la circulación de los automóviles un día a la semana dependiendo del último número de la placa. Por otra parte, se establece el Programa Integral Contra la Contaminación Atmosférica 1990-1994 (PICCA), cuya aplicación ha sido gradual y ha reducido de manera paulatina las emisiones de contaminantes atmosféricos.(Lacasaña M. et al; 1999)

La incorporación a este Programa del conocimiento científico, adquirido en la última década por investigadores nacionales e internacionales que han trabajado sobre el problema de la contaminación del aire de la Zona Metropolitana del Valle de México, ha sido fundamental. Con estas investigaciones se ha apoyado el diseño de muchas de las estrategias planteadas, ya que se contó para la integración del mismo, con la asesoría de reconocidos investigadores e instituciones, que han desarrollado un gran número de estudios en la zona más habitada del país, los cuales sirvieron como base para el diseño de las estrategias y acciones que se proponen para reducir la contaminación atmosférica.

El apoyo para la realización de estudios en que se basó la elaboración de este programa fue obtenida del Banco Mundial, del Global Environmental Found (GEF), del Consejo de Estudios de Restauración y Valoración Ambiental (CONSERVA) y del Fideicomiso Ambiental del Valle de México (FIDAM), entre otros. Cabe

destacar el apoyo brindado por el Gobierno de Alemania, a través de la Agencia de Cooperación Técnica GTZ. (PROAIRE;2002)

Es necesario tener conciencia de la magnitud del problema, del riesgo y sus proyecciones pues de otra manera se podría el graves error que una sola acción, ejecutada durante un breve tiempo o por un solo sector de la sociedad, podría resolver lo problemas. Como es sabido las decisiones precipitadas solo debilitarían la estrategia global las dilaciones en cumplimiento de la responsabilidad echarían por la borda el esfuerzo de los demás, solo partir de un análisis objetivo, científico, que evalué permanentemente los resultados e incorpore la innovaciones tecnológicas, se lograra mantener ese esfuerzo. Frenar el crecimiento de la contaminación será una hazaña social y publica. Ciudades de países desarrollados han comprometido sus acciones en proporciones equivalentes. Sin embargó nuestro referente no es hacer más k otros si no hacer lo necesario por preñar realmente la contaminación. (PICCA; 1990)

OBJETIVOS

Objetivo General

- Determinar la concentración de las partículas suspendidas totales a los alrededores de las instalaciones de una empresa de trituración de piedra de mármol

Objetivo Especifico.

- Estimar el área perimetral de concentración de partículas suspendidas totales.

REVISIÓN DE LITERATURA

Las operaciones de trituración

En cuanto a la explotación de mármol, España es el segundo productor mundial y las principales canteras se sitúan en el sureste español. En la Comunidad Autónoma andaluza, la actividad se centra en la Comarca de Macael (Almería), que se constituye como la mayor productora con más de 2,16 millones de toneladas en el ejercicio de 2003. Aunque la numerosa presencia del mármol de Macael en algunos de los mejores monumentos nacionales e internacionales hablan de la explotación de este material a lo largo de la historia, el mayor salto cualitativo y cuantitativo se produce en la década de 1980 con la puesta en marcha del Plan de Actuación Global de la Comarca del Mármol, como un modelo de intervención pública de promoción del desarrollo endógeno. (Gutiérrez S. 2004)

Durante estos años ha aumentado considerablemente la competencia en el mercado de las rocas ornamentales. A los países productores tradicionales entre los que destacan Italia (líder mundial del sector), España, Portugal y Francia— se han ido uniendo nuevos países en desarrollo, que si bien inicialmente se limitaban a extraer el mineral, poco a poco van incorporando la tecnología adecuada para elaborar productos de calidad, y se están convirtiendo en serios competidores de los productores clásicos. Además de la calidad, ofrecen un producto a precios con los que es difícil competir, como consecuencia del bajo coste de la mano de obra, de normativas medioambientales muy poco exigentes y, en algunos casos, de una situación geográfica cercana a los países consumidores, que reduce los costes de transporte. (Carretero A; 2004)

Los procesos asociados con la exportación de carbón han generado afectaciones ambientales y a la salud de las comunidades ubicadas en el área de influencia, siendo la principal causa reportada la presencia de partículas suspendidas en el aire, que se generan durante el almacenamiento, el desembarque de carbón por

las retroexcavadoras hasta los camiones, el paso de vehículos por el patio de carbón, el desembarque desde los camiones hasta la bodega subterránea de almacenamiento y el transporte final hacia las barcas por las bandas transportadoras. La explotación, transporte, almacenamiento y demás operaciones de la industria carbonífera producen un gran impacto en los recursos naturales debido a que estas actividades se realizan en un espacio físico inadecuado; este problema es característico de países no industrializados donde la ubicación de estas empresas se basa en variables de costos, accesibilidad a insumos, acceso a vías de comunicación, entre otras, sin tener en cuenta las características de los ecosistemas y la vocación natural o turística de la zona. (Camargo Y. et al; 2009)

Las tasas de emisión en una mina pueden ser diferentes a los estimados con base en los factores de emisión recomendados por la US-EPA debido a las diferencias en la naturaleza de la minería, sitios y prácticas de medidas de mitigación, geología y condiciones meteorológicas. Por lo tanto se hace necesario desarrollar estudios experimentales que tengan en cuenta estas variaciones. En este sentido determinaron el poder nocivo del material aerotransportado alrededor de un área de minería. (Angulo L. et al; 2011)

Actualmente en la industria minera el mantenimiento genera un bien real, el cual permite la reducción de costos, a través de la administración del mantenimiento correctivo, preventivo y ocasionalmente predictivo. Sin embargo, debido a la naturaleza abrasiva y agresiva de los minerales procesados, esta industria centra su estudio en el análisis de fallas (Pérez R et al; 2009)

Contaminantes particulados

Las partículas suspendidas forman una mezcla compleja de materiales sólidos y líquidos, que pueden variar significativamente en tamaño, forma y composición, dependiendo fundamentalmente de su origen. Su tamaño varía desde 0.005 hasta 100µm de diámetro aerodinámico, esto es desde unos cuantos átomos hasta el

grosor de un cabello humano en término de sus efectos potenciales para la salud y medio ambiente, el conocimiento científico ha evolucionado notablemente hasta hace unos 15 años, su estudio y la regulación ambiental se concentraban en las partículas suspendidas totales que son aquellas menores de $100\mu\text{m}$. El tamaño es el parámetro más importante de las partículas en términos de su comportamiento por lo tanto de su distribución en la atmosfera. Esto se explica por el hecho que las partículas mas pequeñas tiene el tamaño de las moléculas gaseosas por lo que presentan muchas de sus propiedades; en cambio las partículas de mayor talla presentan las propiedades descritas por la física newtoniana de las pelotas y autos. Por ejemplo las partículas finas tiene periodos de vida media en la atmosfera de días o semanas viajan hasta 100 KM o mas, y tiene a ser especialmente homogéneas en áreas urbanas, por lo que sufren transformaciones, las cuales ocurren normalmente durante periodos de estacionamiento atmosféricos o durante el transporte a largas distancias en cambio las partículas gruesas generalmente se depositan mas rápidamente, con vida media en la atmosfera de solo minutos u horas y por ende, presentan mayor variabilidad espacial dentro de una misma región. (Rojas L. et al; 2007)

Las partículas suspendidas en la atmosfera de acuerdo a su comportamiento aerodinámico se clasifican en sedimentables y partículas suspendidas. Las partículas suspendidas a su vez se dividen en partículas suspendidas totales y partículas respirables identificadas como partículas de menores de diez micrómetros. Actualmente se investiga el comportamiento de los riesgos para la salud humana de las partículas finas respirables las cuales tienen un diámetro menor de $2.5\mu\text{m}$. Las partículas grandes son a menudo de origen natural, producidas por procesos mecánicos tales como la erosión del suelo, por otro lado las partículas más pequeñas son principalmente por procesos de combustión formándose por condensación y coagulación. (Saldarriaga J. et al; 2004)

Las partículas que se liberan en los diferentes procesos de minería constituyen un grave problema para la salud humana; de manera que se puede decir que las

partículas mayores a $10\ \mu\text{m}$ son demasiado grandes para penetrar los pulmones quedando atrapadas en la nariz y en la garganta, produciendo irritaciones y alergias. (Camargo Y. et al; 2009)

Monitoreo de emisiones de material particulado

El monitoreo de las emisiones liberadas por el tubo de escape de los vehículos es aún más difícil, ya que la tasa depende de parámetros como la velocidad del vehículo, la carga del motor y el estado de precalentamiento, que hacen que la tasa de contaminación sea variable. Además, gran parte de las emisiones, la que se evapora, no se libera a través del tubo de escape y la mayor parte ni siquiera es liberada mientras el vehículo está en marcha. En este caso, es difícil realizar una medición constante de las emisiones, aunque se trate de un solo vehículo y, obviamente, es aún menos práctico si se tratara de una flota de vehículos. Condiciones ambientales; Este parámetro puede influir significativamente en la tasa de las emisiones. Por ejemplo, la velocidad del viento o la lluvia afectan las emisiones del PST de calles y de depósitos de materiales, mientras que la temperatura influye considerablemente en las emisiones del tráfico terrestre. En nuestro modelo de emisiones se ha incorporado este parámetro solo para algunas fuentes. (Economopoulos A. 2002)

La valoración de las emisiones atmosféricas constituye un elemento imprescindible previo al establecimiento de políticas y acciones de control de la calidad del aire. Esta información se obtiene por medio del denominado inventario de emisiones atmosféricas, el cual se define como la recopilación de números que representan las cantidades de uno o más contaminantes emitidos a la atmósfera a causa de las actividades de tipo antrópicas o naturales dentro de una zona determinada y en un período determinado. (Lodoño J. et al: 2011)

Una fuente debe mantener suficientes derechos de capacidad para cubrir el nivel máximo de emisiones proyectado para un día cualquiera. Llamamos a este nivel

la capacidad de emisión de la fuente. La autoridad determina la capacidad de emisión basada en el tamaño actual de la fuente y el tipo de combustible que utiliza los que son medidos durante las inspecciones anuales. En otros términos, lo que está siendo medido por la autoridad no son las emisiones reales sino que la capacidad de emisión y por consiguiente, lo que se está transando no son derechos de emisión sino que derechos de capacidad. Así, después de cada inspección, la autoridad procede a reconciliar la capacidad de emisión estimada con la cantidad de derechos de capacidad mantenidos por la fuente. Una fuente existente puede ser un vendedor o un comprador de derechos dependiendo si su capacidad de emisión está por debajo o por sobre los derechos diarios que se le asignaron. Es importante notar que a pesar de que los derechos se definen sobre una base diaria (y a perpetuidad), las limitaciones de monitoreo restringen a las fuentes a transar los derechos por períodos anuales o en forma permanente. (Montero J. et al; 2000)

La contaminación por material particulado en Torreón

Entre 1981 y 1985 se realizó en Torreón un estudio de larga duración para determinar varios biomarcadores de exposición y efectos del plomo en niños que vivían cerca de la planta y asistían a una escuela ubicada a menos de 1 Km. de ella (grupo expuesto) y niños de características similares que vivían lejos de la planta, en dirección opuesta a los vientos dominantes, y asistían a escuelas ubicadas entre 4 y 5 Km. de la fundidora (grupo control) (Calderón-Salinas et al. 1996a). Los niños de ambos grupos habían vivido en su domicilio actual toda su vida y permanecieron ahí durante el estudio, mientras que sus madres habían vivido en ese domicilio por lo menos desde dos años antes de que naciera el niño. Se determinaron plomo en sangre (PbS) y en orina, protoporfirinaeritrocitaria libre, alteraciones neuromotoras y cociente intelectual (IQ). Se determinó el plomo en sangre de niños que asistían a tres escuelas de esta ciudad ubicadas a distancias diferentes de Peñoles y con exposición distinta a los vientos dominantes en la zona. Los niños de dos de estas escuelas se consideraron como grupos

expuestos y, los de la tercera, como grupo control. Además de plomo en sangre se determinaron plomo en agua, suelo y polvo cerca de las escuelas, así como plomo en las partículas suspendidas totales (PST) y en las partículas menores de 10 micras (PM10) en el aire y se evaluó el uso doméstico de artículos de cerámica vidriada con plomo; este estudio fue ampliado posteriormente por el mismo grupo. (América L; 2004)

En el rubro de medio ambiente, la compañía afirma tener muchos años cumpliendo con la normatividad ambiental vigente en el país y se sometió a una Auditoría Ambiental (voluntaria) promovida por la Procuraduría Federal de Protección Ambiental (PROFEPA) en 1994, firmando un plan de acción en enero de 1996. Sin embargo la normatividad mexicana suele ser laxa y adolece de lagunas y de normas. Por ejemplo, no existe una Norma Oficial Mexicana sobre concentración de metales pesados en el suelo ni existe una sobre emisión de metales pesados a la atmósfera aunque existe una norma (NOM-043-ECOL-1993) que establece límites máximos permisibles para la emisión de partículas suspendidas totales (PST) a la atmósfera desde una chimenea. Las PST incluyen a los metales como el plomo. Sin embargo esta norma es para chimeneas y no incluye otras fuentes de emisión. También existe una norma que establece límites Máximos a la concentración de plomo en la atmósfera pero que no constituye un nivel máximo de emisiones. La concentración de plomo en la atmósfera cercana a la planta de Peñoles ha rebasado este límite máximo desde hace varios años. Tampoco existía una norma sobre presencia de plomo en sangre, apenas el 25 de junio de 1999 se promulgó una Norma Oficial Mexicana de Emergencia con vigencia de seis meses, que fue emitida a la luz de la gravedad del caso de Torreón. Al comparar esta norma con las normas de otros países, se aprecian en la mexicana graves deficiencias que se puntualizan en el capítulo VI. (Valdés F; 1999)

Los muestreadores pasivos colectan un contaminante específico por medio de su adsorción y absorción en un sustrato químico seleccionado. Después de su

exposición por un apropiado período de muestreo, que varía desde un par de horas hasta un mes, la muestra se regresa al laboratorio, donde se realiza la desorción del contaminante y después se le analiza cuantitativamente. Ventajas y Desventajas Simple y de bajo costo, permite extender muchas unidades para proveer información en cuanto a la distribución espacial de los contaminantes. Sin embargo el tiempo de resolución de esta técnica es limitado. Existen varias técnicas de muestreos pasivos disponibles o en desarrollo para los principales contaminantes urbanos, entre las que se incluyen las de NO₂, SO₂, NH₃, VOC's, y O₃. Existen dos usos claramente diferenciados. En puntos fijos de muestreo, para monitorear calidad de aire, especialmente para estudios de fondo y muestreos de amplia cobertura espacial. Exposición personal y estudios epidemiológicos (Parada J.)

Durante los últimos años ha crecido el número de estaciones de monitoreo atmosférico, así como actualización en los sistemas de monitoreo atmosférico en el país, principalmente en el conjunto de analizadores y unidades de adquisición de datos. Es importante establecer un procedimiento para asegurar y controlar la calidad de los datos generados por las redes de monitoreo atmosférico. El INE, a través, del CENICA, elabora un Protocolo de manejo de datos generado en las estaciones de monitoreo atmosférico. Existen redes automáticas, redes manuales y en algunos casos sistemas mixtos. Se miden la concentración de los siguientes contaminantes: SO₂, CO, Partículas (PST, PM₁₀ y PM_{2.5}), Óxidos de Nitrógeno (NO₂-NO - NO_x), O₃, Pb, H₂ S, metales pesados, sulfatos, nitratos, y otros parámetros como: radiación solar, depósitos atmosféricos (seco y húmedo), parámetros meteorológicos, principalmente: dirección y velocidad del viento, temperatura ambiente y humedad relativa. (Gutiérrez V. 2006)

Los monitores de partículas (algunos modelos que utilizan el método de atenuación beta y de microbalanza oscilatoria), al igual que los analizadores de gases, reportan resultados en tiempo real. Sin embargo, a diferencia de los analizadores de gases, no llevan a cabo un análisis de la muestra, únicamente

determinan la concentración de partículas aprovechando las propiedades físicas de las mismas. Estos equipos son utilizados para monitorear partículas suspendidas en aire ambiente, de diámetros menores a 10 y 2.5 micrómetros. Actualmente en México no existen métodos de referencia para el monitoreo de partículas de estos tamaños. Los equipos que realizan este tipo de monitoreo son diseñados de tal manera que cumplen con las especificaciones técnicas que se encuentran en el Apéndice J del Código Federal de Regulaciones (CFR, por sus siglas en inglés) 40, parte 50, de los EEUU. Además cabe mencionar que éstos son evaluados y aprobados por la US-EPA y otras agencias internacionales. (INE;2008)

Evaluación de la Contaminación en la ciudad de Torreón.

Según Eduardo Blanco Contreras, director de Medio Ambiente, en febrero en Torreón se registró entre 280 y 360 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) de PST, quien explicó que esto tendrá como consecuencia un aumento en los casos de alergias, asma, insolación y problemas de la piel, debido a la pérdida del 40 por ciento de la cubierta vegetal. El aumento en las Partículas Suspendidas Totales es consecuencia de la falta de árboles y de humedad, y se espera un incremento todavía mayor conforme transcurran las semanas y aumente el calor.

De acuerdo al Instituto Nacional de Ecología (INE), "las PST pueden atribuirse a la emisión de polvos, gases y vapores provenientes de los vehículos automotores y de las fábricas. "La exposición a las partículas suspendidas puede causar reducción en las funciones pulmonares, lo cual contribuye a aumentar la frecuencia de las enfermedades respiratorias. En concentraciones muy elevadas, ciertas partículas (como el asbesto) pueden provocar cáncer de pulmón y muerte prematura"(INE; 2011)

Marco Jurídico en materia de Material Particulado

El marco regulatorio o marco jurídico en materia de control y evaluación de las emisiones de materiales particulados, están basados en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), así como a las Normas Oficiales Mexicanas, dentro de la cual se especifica la Norma oficial mexicana NOM-043-SEMARNAT-1993, que establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas.

Cuadro No. 1. Cuadro en el cual se presentan los límites máximos permisibles de material particulado, el cual está en relación con el flujo de los gases, el flujo del gas está en metros cúbicos por minuto.

Flujo de gases m ³ /min	Zonas críticas mg/m ³	Resto del país mg/m ³
5	1,536	2,304
10	1,148	1,722
20	858	1,287
30	724	1,086
40	641	962
50	584	876
60	541	811
80	479	719
100	437	655
200	326	489
500	222	333
800	182	273
1,000	166	249
3,000	105	157
5,000	84	127

8,000	69	104
10,000	63	95
20,000	47	71
30,000	40	60
50,000	32	48

Esta norma oficial mexicana es de observancia obligatoria para los responsables de las fuentes fijas que emitan partículas sólidas a la atmósfera, con la excepción de las que se rigen por normas oficiales mexicanas específicas.

Norma oficial mexicana NOM-025-SSA1-1993. "salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas menores de 10 micras (pm10). Valor permisible para la concentración de partículas menores de 10 micras (pm10) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población"

Esta Norma Oficial Mexicana establece el valor permisible para la concentración de partículas menores de 10 micras en el aire ambiente.

Monitoreo Atmosférico.

Se define como monitoreo atmosférico a todas las metodologías diseñadas para muestrear, analizar y procesar en forma continua las concentraciones de sustancias o de contaminantes presentes en el aire en un lugar establecido y durante un tiempo determinado.

Objetivos del monitoreo

Establecer bases científicas para políticas de desarrollo. Para determinar la congruencia con las normas y los criterios legales. Y así estimar los efectos en la población y en el ambiente e informar al público acerca de la calidad del aire.

Proporcionar información de fuentes y riesgos de contaminación. Llevar a cabo evaluaciones de tendencias a largo plazo para medir los efectos de las medidas de control en la calidad del aire. Estudiar las reacciones químicas de los contaminantes en la atmósfera. Calibrar y evaluar modelos de dispersión de contaminantes en la atmósfera.

MUESTREADORES ACTIVOS

Estos equipos requieren energía eléctrica para bombear el aire a muestrear a través de un medio de colección físico o químico. Los muestreadores activos más utilizados actualmente son los burbujeadores acidimétricos para SO₂, el método de filtración para PST de la OECD y el método gravimétrico de Altos Volúmenes (HighVol.) para partículas totales y fracción respirable de la EPA.

También existen técnicas de muestreos activos disponibles para la mayoría de los contaminantes gaseosos, como el método de Gries-Saltzman para NO₂ y el método NBKI (Neutral Buffered Potassium Iodide, Solución amortiguadora neutra de yoduro de potasio) para O₃, sin embargo la mayoría de estas técnicas han sido reemplazadas por analizadores automáticos. Para la investigación de aerosoles en especial los aerosoles secundarios, y gases ácidos se están usando filtros empacados y sistemas "Denuder".

Ventajas: Estos muestreadores son relativamente fáciles de operar, confiables y han proporcionado la base de datos de mediciones en la mayor parte del mundo. Por ejemplo este muestreador de alto volumen

EQUIPO DE ALTO VOLUMEN

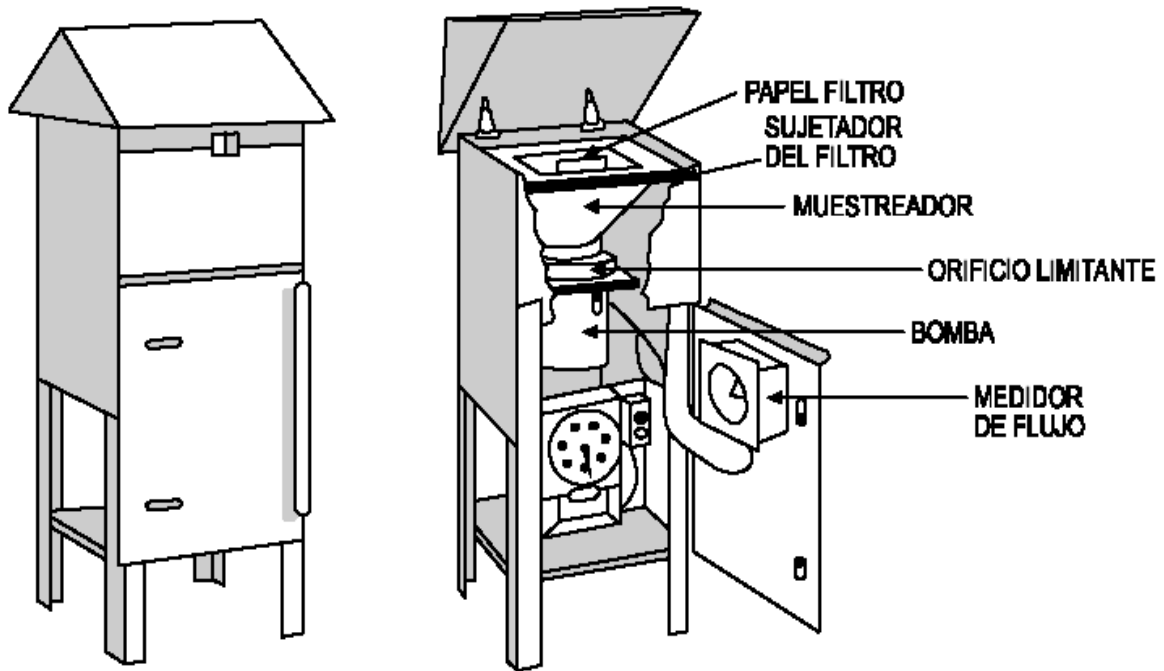


Fig.1.- En esta figura se muestra un equipo de muestreo de partículas conocidos como muestreadores de alto volumen, la figura muestra los componentes del equipo, así como la sección donde se coloca el filtro colector de partículas.

MATERIALES Y METODOS

Torreón es una ciudad mexicana del estado de Coahuila, ubicada al norte del país, con un desarrollo económico alto, sustentado en la industria agrícola, la industria textil, metalúrgica, química, el comercio y los servicios. Es una de las ciudades más jóvenes de México, pues celebró cien años en el 2007. En conjunto con otras ciudades del estado de Coahuila y de Durango forman la llamada Comarca Lagunera que es la novena zona metropolitana del país, y la más grande de ambos estados. Y se ubica a $25^{\circ}32'40''N$ $103^{\circ}26'30''$ y a una Altitud 1120 msnm

El presente estudio se llevo a cabo en las instalaciones de la empresa denominada Claudio David Estens de la Garza, con ubicación en Carr. Torreón-Mieleras #95. Col. Nuevo Mieleras, tuvo como objetivo evaluar la calidad del aire en las inmediaciones de sus instalaciones y de dar cumplimiento al artículo 17 fracción V del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en materia de Prevención y Control de la contaminación a la atmósfera, por lo que se realizó una serie de mediciones de flujo, presiones, temperaturas y composición de material particulado provenientes de las actividades o procesos de producción de marmolina, lo anterior con la finalidad de determinar si se está cumpliendo con los límites establecidos de emisiones contaminantes a la atmósfera, por partículas suspendidas totales (PST's), de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-035-SEMARNAT/1993 y la Norma Oficial Mexicana NOM-SSA1-025-1993.

Para la realización del monitoreo perimetral de partículas suspendidas totales (PST's), se llevaron a cabo la siguiente metodología:

a).- Se llevo a cabo una inspección preliminar a las instalaciones de la planta, con la finalidad de identificar las áreas susceptibles a evaluar:

b).- El método de referencia para determinar la concentración de PST's fue por medio de un muestreo denominado de alto volumen, el cual succiona aire a través de un filtro de cantidad determinada de aire durante un periodo de 24 horas.

c).- Se enumeran los filtros a manera de identificación, verificando que los filtros no estén perforados y se mantiene en condiciones ambientales controladas para obtener un peso constante, el cual se registra en formato de campo.

d).- Una vez seleccionado el punto de muestreo dentro de los límites internos de la planta, se coloca el equipo de muestreo, antes de iniciar el funcionamiento, se coloca dentro del equipo el filtro y se activa el equipo por un periodo de 5 minutos con la finalidad de estandarizar la temperatura del equipo.

e).- Se registran los datos del muestreo, en la hoja de campo.

f).- Se activa el dispositivo de tiempo para operar constantemente el equipo por un periodo de 24 horas, transcurrido este tiempo (+ 60 minutos de tolerancia), se apaga el equipo y se procede a retirar el filtro, registrándose la hora en la hoja de campo respectiva.

g).- Posteriormente se mantiene el filtro en condiciones ambientales constantes para pesarlo y obtener de esta manera su peso final.

h).- Se procede a calcular la concentración de PST para la obtención de la concentración del contaminante referido y realizar su comparación con el límite máximo permisibles establecido.

i).- Todas las operaciones anteriormente descritas, se repiten para cada uno de los puntos seleccionados para el muestreo.

Mediciones

Los procedimientos utilizados durante las mediciones, cumplen con las normas oficiales mexicanas en vigor, presentándose a continuación una lista de los principales instrumentos empleados:

- Muestreador de alto volumen.
- Papel filtro de fibra de vidrio Graseby de 8" por 10" para partículas de 0.3 micrómetros de diámetro.
- Psicómetro Taylor.
- Indicador de presión Magnehelic de 0 – 8"C.A. y de 0 – 50"C. A.
- Calibrador Mod. G-25 (de 5 plaquitas con placa adaptadora)
- Balanza analítica de 0 a 200 mgr.
- Extensión eléctrica.

Para la realización de las evaluaciones se utilizaron los métodos y equipos que establecen las siguientes Normas oficiales Mexicanas;

NOM-035-SEMARNAT-1993: Métodos de medición para determinar la concentración de partículas suspendidas totales en el aire ambiente y el procedimiento para la calibración de los equipos de medición.

NOM-025-SSA1-1993. Salud Ambiental. Criterios para evaluar el valor límite permisible para la concentración de material particulado. Valor límite permisible para la concentración de partículas suspendidas totales PST, partículas menores de 10 micrómetros PM10 y partículas menores de 2.5 micrómetros PM2.5 de la calidad del aire ambiente. Criterios para evaluar la calidad del aire.

La evaluación de las partículas suspendidas totales (PST's), se realizó mediante el muestreo perimetral de dicho contaminante, empleando el equipo denominado muestreador de alto volumen

UBICACIÓN DE LA ESTACION DE MONITOREO

La selección de las estaciones de monitoreo para evaluar las concentraciones de partículas suspendidas totales, se realiza en base a la ubicación de las principales fuentes generadoras de polvo dentro de las instalaciones, la posición de dichos puntos con respecto a los límites y colindancias del predio, así como a la dirección de los vientos dominantes en el área de estudio, por lo anterior los puntos para la evaluación del contaminante en cuestión fueron los siguientes:

Cuadro 2. En el presente cuadro se presentan los puntos donde se colocó el equipo de alto volumen para la evaluación perimetral de las partículas, en la empresa, además se muestra el periodo de muestreo así como el inicio y final del muestreo.

LOCALIZACIÓN DE PUNTO EVALUADO	INICIO DE MUESTREO	FIN DE MUESTREO	PERÍODO DE MUESTREO
Junto a báscula de Camiones. Lado Sur (Punto 1)	10-Abril-2010 15:15	11-Abril-2010 15:00	23.45 Horas.
Junto a pared perimetral. Lado Ote. (Punto 2)	10-Abril-2010 15:30	11-Abril-2010 15:25	23.55 Horas.
Bajo área de oficinas. Área de trituradoras. Lado Norte (Punto 3)	10-Abril-2010 16:00	11-Abril-2010 15:45 am	23.45 Horas.
En área de producción, bajo tejaban. Lado Pte. (Punto 4)	10-Abril-2010 16:14	11-Abril-2010 16:45.	24.5 Horas.

RESULTADOS

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-035-SEMARNAT-1993, se realizaron cuatro mediciones para determinar las concentraciones de partículas suspendidas totales, tal como se indican en el plano anexo, dichos puntos se localizan dentro de las instalaciones de la empresa denominada Claudio David Estens de la Garza.

Los puntos de medición se situaron de tal manera que se cubrieron los cuatro puntos cardinales dentro de las instalaciones de la empresa tal como lo estipula la Norma Oficial Mexicana en referencia, lo anterior con la finalidad de determinar la concentración de partículas suspendidas totales.

Cuadro 3.- En este cuadro se presenta una comparativa entre los resultados obtenidos de la evaluación perimetral de la empresa y la Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1993, de referencia para los niveles máximos permisibles de emisiones de partículas.

Punto Evaluado	Resultado Obtenido($\mu\text{gr}/\text{m}^3$)	NOM-025-SSA1-1993($\mu\text{gr}/\text{m}^3$)	CUMPLIMIENTO CON NORMA
Punto 1.- Junto a báscula de camiones. Lado Norte de la planta.	495.16	210.00	No
Punto 2.- Junto a barda perimetral de la planta. Lado Ote.	534.9	210.00	No
Punto 3.- Bajo área de oficinas de la planta. Lado sur.	678.2	210.00	No
Punto 4.- Dentro de tejaban de producción. Lado pte. De la planta	409.6	210.00	No

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente estudio, se concluye lo siguiente:

De acuerdo a la tabla anterior se determina que los cuatro puntos evaluados al interior de las instalaciones de la planta, se encuentran fuera de los límites máximos permisibles establecidos dentro de la normatividad.

De acuerdo a lo anterior se concluye lo siguiente: A petición de la empresa, la evaluación de PST's, se realizo durante un fin de semana, en horas en que la planta no opera, es decir, que la evaluación inicio después de terminar las labores del día sábado y, se termino el muestreo el día domingo, esto abarco 24 horas inhábiles. Lo anterior se realizo con la finalidad de comprobar lo siguiente:

- 1) Debido a que la empresa se ubica fuera de la mancha urbana, en un área poco urbanizada, localizada entre un establo y tierras de sembradío, así como a pie de carretera, por donde circulan vehículos de todo tipo, además de que la carpeta asfáltica de dicha carretera esta muy deteriorada, por lo que el paso de los vehículos levanta mucho material particulado, así como las actividades del establo localizado a una de la planta.
- 2) Además durante el periodo de evaluación, se presentaron vientos fuertes típicos de la región en esta época del año, lo cual incremento la presencia de material particulado en el aire ambiente, dicho viento estuvo precedido por la presencia de lluvia atípica en esta época del año en la región, dicha lluvia se presento en áreas cercanas a la empresa, lo cual levanto polvo que se esparció con la viento.

Lo anteriormente descrito, puede considerarse como causal para los resultados altos de captura de material particulado, que se como se ha mencionado con

anterioridad, la evaluación se llevo a cabo durante una jornada sin operación del equipo y por lo tanto sin laboral el personal de la empresa, por lo que se puede concluir, que la empresa, no es la única que emite material particulado a la atmósfera, sino que este puede provenir de cualquier otra fuente de emisiones.

Con la finalidad de disminuir considerablemente la cantidad de emisiones de partículas en la empresa, se recomienda humedecer con mayor frecuencia todas las áreas al interior de la planta, lo que ayudara a que el polvo depositado en el piso no se levante por el paso de vehículos dentro de las instalaciones, que entran a la planta para dejar material y/o recoger producto final.

ANEXOS

HOJA DE CAMPO

Empresa:	Claudio David Estens de la Garza							
Ubicación:	Carr. Torreón-Mieleras #95. Col. Nuevo Mieleras							
Municipio o ciudad:	Torreón, Coahuila.							
Representante Legal:	Ing. Claudio David Estens de la garza							
Fecha(s) muestreo	10-11	Abril	10-11	Abril	10-11	Abril	31-11	Abril
	2010		2010		2010		2010	

DATOS DE CAMPO

	Muestra No. 1	Muestra No. 2	Muestra No. 3	Muestra No. 4
Localización del equipo	Junto a Báscula de Camiones.	Junto a Pared Ote.	Bajo área de Oficinas	Bajo Tejaban de Producción
Temperatura de inicio	29.0°C	30.0°C	30.0°C	31.0°C
Temperatura de termino	29.0°C	30.0°C	30.0°C	31.0°C
Hora de inicio	15:15 p.m.	15:30 p.m.	15:00 a.m.	16:14 p.m.
Hora de termino	15:00 p.m.	15:25 p.m.	15:45 a.m.	16:45 p.m.
Total tiempo muestreado	1425 min.	1435 min.	1425 min.	1470 min.
Peso inicial del filtro	2989.73 mg	2902.53 mg.	2884.63 mg	2901.23 mg.
Peso final del filtro	3776.66 mg	3823.14 mg.	4031.94 mg	3602.19 mg.
Flujo inicial	1.4512 m ³ /min.	1.3875 m ³ /min.	1.3733 m ³ /min.	1.3521 m ³ /min.
Flujo final.	1.4512 m ³ /min.	1.3875 m ³ /min.	1.3733 m ³ /min.	1.3521 m ³ /min.

Presión atmosférica	668.02 mmHg	668.02 mmHg	668.02 mmHg.	668.02 mmHg
Temperatura promedio	29.0 °C	30.0°C	30.0°C	31.0°C

BIBLIOGRAFIA CITADA

González M. Cerezo A. Macías M. Salazar L. 1999. Comportamiento de las partículas suspendidas y polen de la atmosfera de región norte de la zona metropolitana de la Ciudad de México. Journal of the mexican chemical society. Vol 43, N° 005.1999.

Rojas N. 2004. Revisión de las emisiones de material particulado por la combustión de diesel y biodiesel. Revista de ingeniería, universidad de los Andes, N° 20.2004

Sosa R. Bravo H. Soto R. Alarcón A. Kahl JD. 2007. Determinación de partículas suspendidas totales durante cinco cruceros de investigación en la plataforma continental del Golfo de México. Ingeniería, Investigación y Tecnología. Universidad Nacional Autónoma de México. Vol. VII N° 002. 2007

Pérez H. Rocha M. Acosta L. 2010. Análisis de partículas suspendidas totales (PST) y Partículas de fracción.

Respirable (PM 10) en Cunduacán Tabasco. Universidad y Ciencia. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Vol. 26. N° 2. 2010.

Botero S. Trochez A. Olaya J. 2004. Contaminación por partículas suspendidas totales en las comunas 6 y 7 de Cali, Colombia. Un modelo estadístico para la evaluación de la calidad del aire. Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente. Universidad del valle Cali Colombia. Vol. 1 N° 2. 2004

Lacasaña M. Aguilar C. Romieu I. Evolución de la contaminación del aire e impacto de los programas de control en tres megaciudades de américa latina. 1999. Salud publica de México. Vol. 41.N° 3.1999.

LGEEPA.1998.SEMARNAT

Amador O. Delgado A. Villalobos R. Munive Z. Ortiz R. Diaz G. Bravo J. Gómez S. 2001. Partículas suspendidas, Hidrocarburos Aromáticos Policiclos y Mutagenicidad en Suroeste de la Ciudad de México. Laboratorio de Mutagénesis Ambiental, Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Coyoacán. 2001.

Pérez E. Sánchez F. 2009. Verificación del tribosistema, una herramienta y análisis de fallas. Scientia Et Technica. vol. XV. N° 43. Universidad Tecnológica de Pereira.2009.

Zarate P. PROYECTO: Ordenamiento ecológico territorial del estado de Jalisco. Sistema productivo minero. Subsistema minero no metálico. Universidad de Guadalajara.

Escalona L. Guerrero J. Acosta J. Colmenarez M. 2002. Calidad del aire de la ciudad de valencia como función de la concentración de las PTS. Facultad de ingeniería. Universidad Carabobo. 2002.

Campos A. Gómez R. Licon L. Carrillo J. Ramírez E. Herrera F. 2008. Monitoreo de contaminantes atmosféricos en la contaminación de la ciudad de chihuahua (norte de México) como una herramienta para la gestión de la calidad del aire. Revista latinoamericana de recursos naturales.2008

Arangué E. Ordoñez J. Serrano J. Aragonés N. Fernández R. Gandarillas A. Galán I. 1999. Contaminantes atmosféricos y su vigilancia. Consejería de sanidad y servicios, comunidad de Madrid España.1999.

PROAIRE. 2002, SEMARNAT.2002

PICCA. 1990. SEMARNAT, 1990

Gutiérrez S. 2004. El sector del mármol situación actual y perspectivas de futuro. Departamento de comunicación de la asociación de empresarios del mármol de macael. Boletín económico de ICE. N°2823. 2004.

Carretero A. 2004. Dos décadas de expansión en el sector español del mármol. Departamento de economía aplicada. Universidad de Almería. 2004.

Camargo Y. Pérez P. 2009. Partículas suspendidas totales en el aire de la zona costera de departamento del Magdalena- Colombia. Revista INGE-CUC. VOL. 5. N° 5. 2009.

Angulo L. Huertas J. Restrepo G. 2011. Caracterización de partículas suspendidas en áreas de explotación carbonífera a cielo abierto. Grupo de inversión en geología, minería y medio ambiente. Universidad popular del cesar. 2011.

Saldarriaga J. Echeverri C. Molina F. 2004. Partículas suspendidas (PST) y partículas respirables (PM10) en el valle de aburra Colombia. Revista de facultad de ingeniería de la Universidad de Antioquia. N°32. 2004

Economopoulos A. Evaluación de fuentes de contaminación del aire. Centro panamericano de ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente. División de salud y ambiente. OMS. 2002.

Rojas L. Garibay V. 2007. Partículas suspendidas, aeropartículas o aerosoles ¿hacen daño a la salud? ¿Qué hacer? Gaceta Ecológica. N° 69. 2007.

NOM-043-SEMARNAT-1993

NOM-025-SSA1-1993

América L. 2004. MetMex Peñoles y los niños de Torreón. Revista toxicológica en línea. 2004.

Valdés F. 1999. La contaminación por metales pesados en Torreón Coahuila México. En defensa del ambiente, A.C. 1999

Parada J. CONAM,

Gutiérrez V. 2006. Monitoreó atmosférico en la gestión ambiental del aire en México. INE. CENICA. 2006.

Lodoño J. Correa M. Palacio C. 2011. Estimación de las emisiones de contaminantes atmosféricos provenientes de fuentes móviles en área urbana de envigado, Colombia. Revista EIA. Escuela de ingeniería de Antioquia Medellín Colombia. ISSN. N° 16. 2011.

Montero J. Sánchez J. Katz R. 2000. Análisis del mercado de emisiones de material particulado en Santiago. Departamento de ingeniería industrial de la pontificia Universidad Católica de Chile. 2000.