

**LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR POLVOS FINOS Y SU
ESTUDIO EN TÚNELES VEHICULARES**

Autores: Enrique Posada Restrepo - Viviana Monsalve Ñustes



Figura 1: Conexión vial Guillermo Gaviria Correo-Túnel Fernando Gomez Martinez

La ciudad de Medellín está comprometida a lograr excelentes condiciones ambientales en el aire que respiran sus habitantes. La sustancia que más inquieta a las autoridades

ambientales es el polvo fino, que se denomina $PM_{2.5}$ (material particulado fino de menos de 2.5 micrones de tamaño, que es el que puede penetrar profundamente en el sistema respiratorio y por ello afectar la salud). El Área Metropolitana del Valle de Aburrá (el ÁREA) patrocina investigaciones sobre estos materiales, su composición química y sus orígenes, con el fin de determinar cuáles son las fuentes que los producen y contar con bases para emprender acciones de mejora y control.

INTRODUCCIÓN

Se sabe que el empleo de combustibles diesel con contenidos de azufre puede contribuir notablemente a las emisiones de polvo fino en los vehículos. Por tal razón la empresa que suministra estos combustibles en Colombia, ECOPETROL se comprometió a suministrar combustibles diesel con muy bajos contenidos de azufre. Se pasó entonces de diesel de 2500 ppm de S (partes por millón en peso de azufre) a 50 ppm de S.

Con el objetivo de conocer el impacto que tenían estas disminuciones de azufre en el combustible, sobre la calidad del aire, se realizaron mediciones de material particulado fino y de su composición química en el interior del Túnel vehicular de Occidente, Fernando Gómez Martínez ubicado al occidente del Valle de Aburrá. Se hicieron los estudios aprovechando que un túnel de este tipo concentra notablemente las emisiones vehiculares y las distingue de las de otras posibles fuentes y por ello se presta para estudiar específicamente el impacto de cambios en los combustibles.

Se aprovechó que el cambio de S en el diesel se llevó a cabo en dos pasos de manera que se hizo el estudio con tres calidades de diesel (50, 500 y 2100 ppm de S). INDISA estuvo presente en estas investigaciones, como asesor científico y metodológico. El estudio fue realizado por el Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid (Grupo GHYGAM) y fue patrocinado por ECOPETROL y el ÁREA.

El túnel de occidente tiene una longitud es de 4.6 Km y maneja flujos vehiculares importantes, con picos horarios del orden de los 2.000 vehículos. Para su ventilación cuenta con cuatro ventiladores axiales reversibles de velocidad variable (desde 300 rpm a 1180 rpm), dos en cada portal, con motores de 575 kW, los cuales suministran aire fresco al túnel por la bóveda superior a través de 458 rejillas dispuestas cada 20 m y en caso de incendio invierten el giro para extraer el humo producido por la combustión. Los ventiladores del túnel son esenciales para mantener concentraciones tolerables de los contaminantes atmosféricos producidos por el paso de los vehículos.

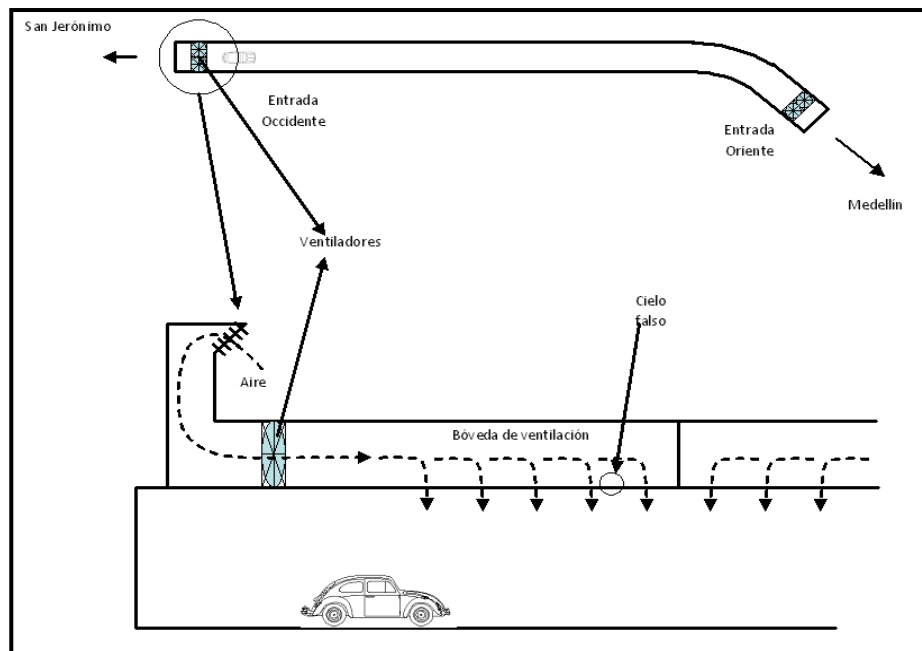


Figura 2: Esquema de la ventilación en el túnel

Concentración de contaminantes

La concentración de los contaminantes del aire dentro del túnel depende de los siguientes factores:

- Las emisiones generadas por el trabajo del motor y del desgaste de las llantas, que dependen del tipo de combustible y del tipo de vehículo.
- Los flujos vehiculares.

- Las ventilaciones que se están empleando (flujos de aire de ventilación, que dependen de las velocidades de operación de los ventiladores del túnel). En el túnel de occidente existen medidores de las concentraciones de monóxido de carbono (CO) y de la visibilidad, que dan información para controlar las velocidades de los ventiladores.
- La concentración existente en el aire externo al túnel, que se inyecta para la ventilación (se denomina contaminación de fondo).

La contaminación de polvo fino $PM_{2.5}$ se mide con unos equipos especiales que succionan el aire ambiente y lo llevan a un sistema de separación inercial que separa las partículas finas y las deposita en un filtro. El estudio se denomina muestreo y se hace durante 24 horas. Los filtros se pesan y se someten a análisis químicos para determinar la composición del polvo y su concentración en el aire ambiente.



Figura 3: Mediciones de material particulado en el interior del túnel

Si se observa la lista de factores que controlan las concentraciones de polvo fino, se advierte que si se conocen las ventilaciones, las concentraciones de polvo fino en el aire fresco externo y los flujos de vehículos, es posible establecer una aproximación experimental a los factores de emisión de los vehículos que estaban circulando por el túnel, si se miden las concentraciones de polvo fino en el túnel. Esto fue precisamente

lo que se hizo en estas investigaciones, además de estudiar el impacto de la disminución del contenido de azufre en el diesel.

El estudio de los flujos de vehículos muestra que esta es una variable compleja, como se advierte en la gráfica siguiente. En ella se muestran los flujos horarios para los 13 días de estudio.

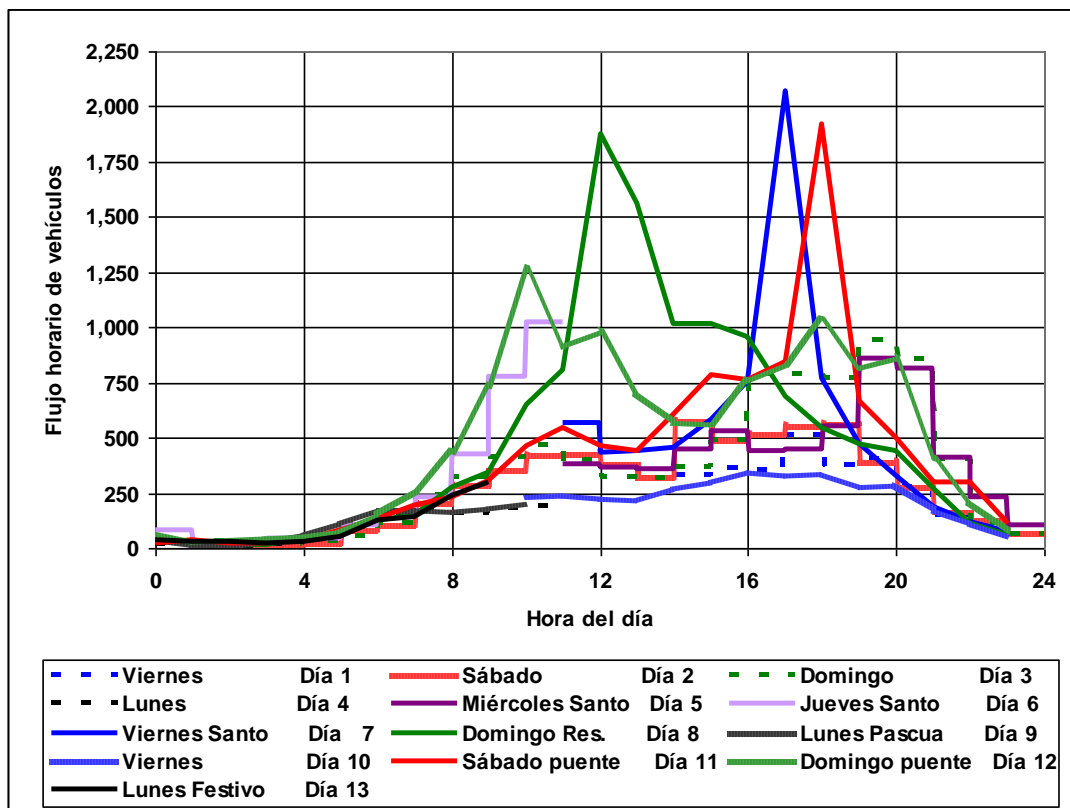


Figura 4: Flujo vehicular durante los días de muestreo según hora

El túnel presenta un movimiento intenso de vehículos especialmente en los fines de semana y en ciertas horas pico. En los registros que se tomaron se incluyó una clasificación en vehículos livianos y pesados, a gas, gasolina y diesel.

El impacto combinado de las emisiones, del flujo vehicular y de la ventilación, da lugar a un patrón de concentraciones dentro del túnel, como se aprecia en la siguiente gráfica para el caso del CO. Entre los gases emitidos por la combustión de motores, el CO es

uno de los que más se debe vigilar. Existe un límite de exposición que corresponde a 50 ppm. Como se ve en la figura, este valor no se alcanzó en ninguno de los monitoreos realizados. Se observan los mayores valores en las horas de mayor flujo de vehículos, en un patrón similar al del flujo.

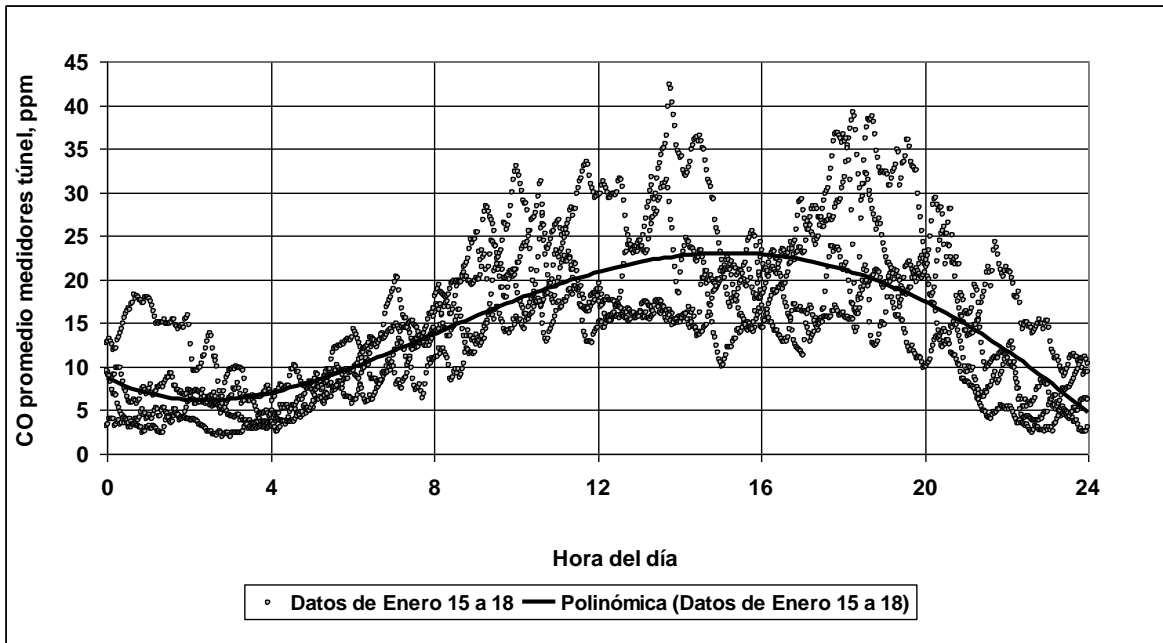


Figura 5: Comportamiento de las concentraciones de CO según hora del día

Se observa que la concentración dentro del túnel en verdad es notablemente mayor que la del aire fresco y se debe esencialmente al efecto de los vehículos. Como parte de su asesoría técnica, INDISA analizó los datos de flujo y tipo de vehículos, de ventilaciones y de concentraciones de $PM_{2.5}$ y encontró con dichas bases factores de emisiones con los cuales se desarrolló un modelo de concentraciones.

La figura siguiente muestra la modelación horaria de las concentraciones de $PM_{2.5}$ dentro del túnel, las concentraciones medidas en los muestreos de 24 horas y los comportamientos extremos esperados según la operación de las ventilaciones.

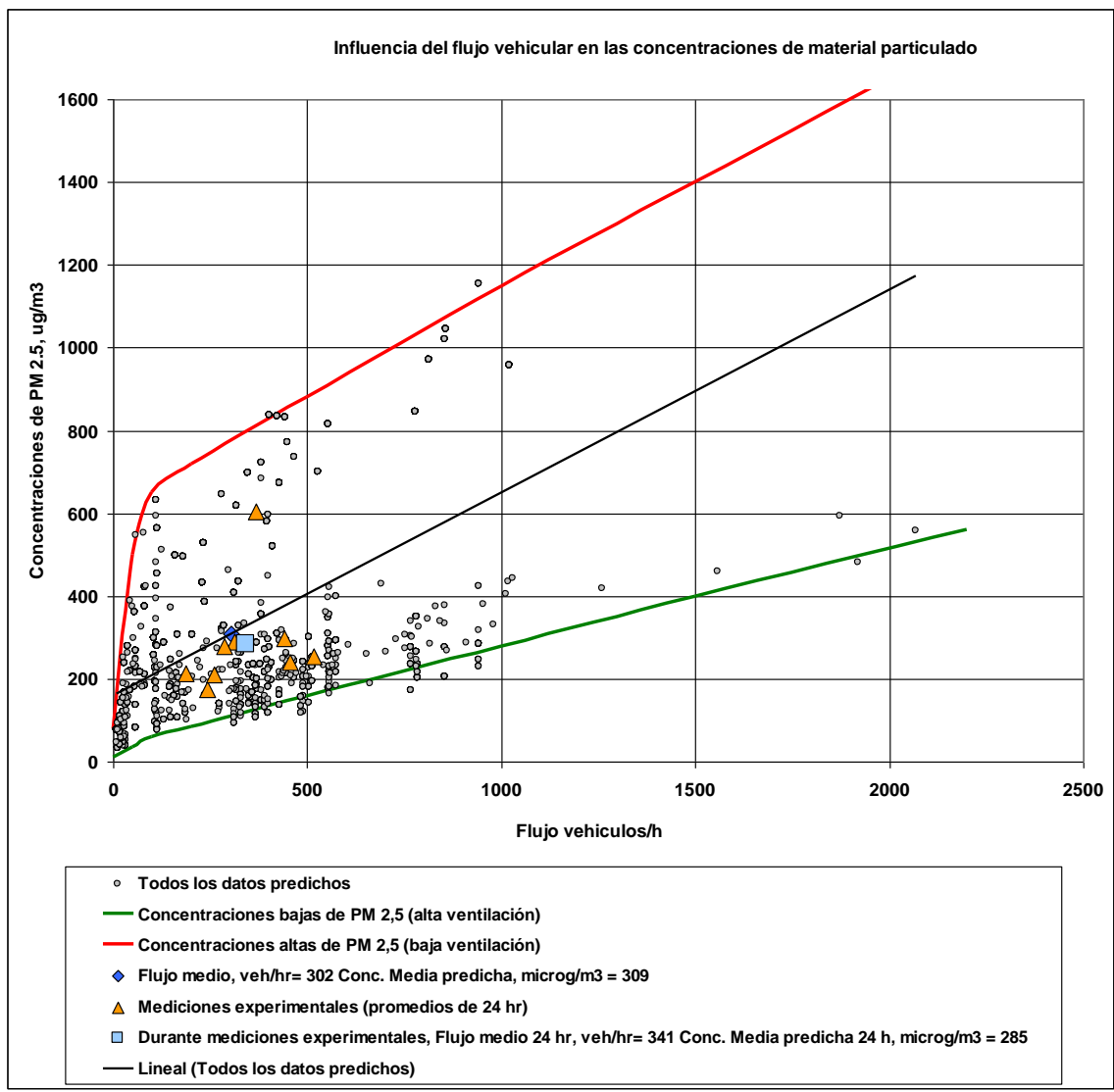


Figura 6: Influencia del flujo vehicular en las concentraciones de material particulado.

El estudio incluyó una comparación entre los factores de emisión encontrados en el túnel y los límites de emisiones estándares de California para diesel, PM_{2.5}. Se ha encontrado que las emisiones de los vehículos locales promedio son 16,8 veces mayores. Ello indica que hay un gran espacio para mejora en los niveles de emisiones locales.

Naturaleza de los polvos finos contaminantes

Las muestras de material particulado recogidos en los filtros de muestreo de $PM_{2.5}$ dentro del túnel y en la zona no afectada por vehículos (concentración de fondo) fueron sometidas a análisis químico, con el fin de estudiar su composición y estudiar el impacto de las disminuciones de azufre en el combustible.

Se observa que las muestras del túnel son esencialmente materiales orgánicos (carbono orgánico y sus elementos asociados) y carbono elemental. En el resto de los componentes son importantes los compuestos de azufre y algunos óxidos metálicos. Estas composiciones son consistentes con lo que sería de esperar para emisiones provenientes de la combustión: hollines y compuestos de azufre, con algunos óxidos provenientes de la contaminación de fondo y de los aditivos del combustible y desgaste de vías, llantas y elementos del motor.

La contaminación de fondo (la del aire externo) es algo menos rica en materiales orgánicos (carbono orgánico y sus elementos asociados) y carbono elemental. Muestra más abundancia de óxidos y de iones, algunos de ellos claramente asociados con materiales de la corteza terrestre como el Fe_2O_3 , el SiO_2 , el Al_2O_3 .

La siguiente gráfica muestra el efecto del azufre del combustible diesel sobre los contenidos de sulfatos, de amonio y de iones en el material

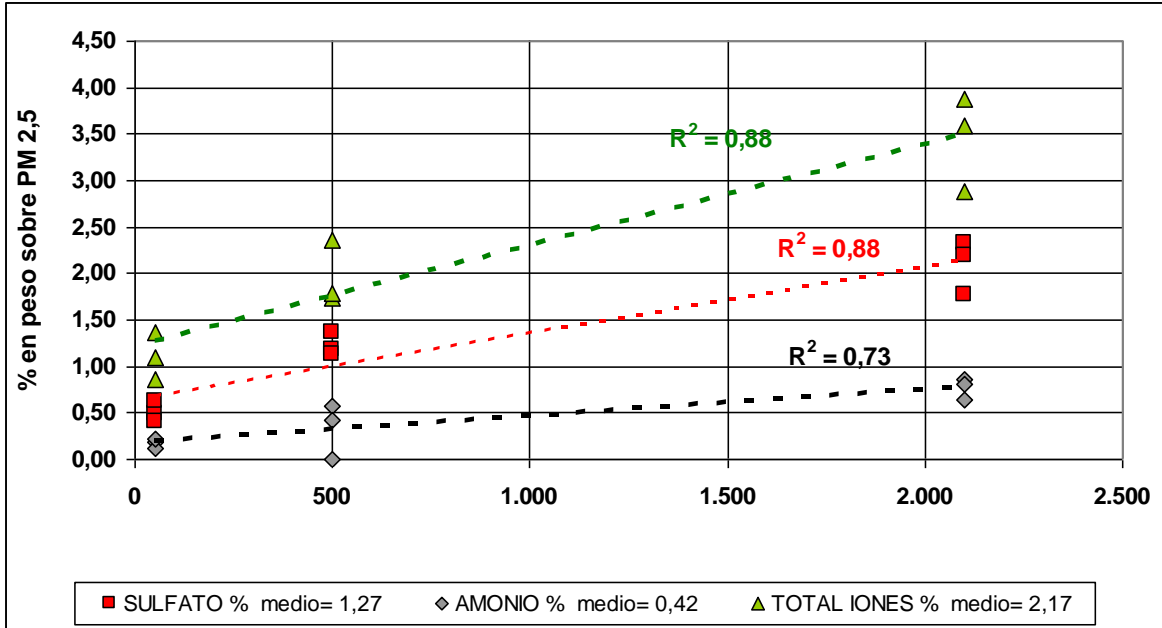


Figura 7: Efecto del azufre del diesel sobre los sulfatos, el amonio y la composición iónica del material

CONCLUSIONES

Es claro que al trabajar con combustibles menos ricos en azufre se disminuyen las fracciones de iones totales y notablemente los sulfatos y el amonio. Se registra un impacto positivo bastante importante.

Aunque este estudio fue realizado dentro del Túnel de Occidente, la información obtenida es extrapolable a recintos abiertos, en lo que se refiere a emisiones de material particulado, generado por el sistema vehicular

Para que se puedan lograr los beneficios de estas rebajas de azufre en las emisiones totales se deben intervenir diversos factores adicionales:

- El tipo de motor. Los nuevos motores diesel deben ser de muy bajas emisiones
- Las condiciones de trabajo. Las emisiones dependen mucho de los hábitos de conducción y del buen mantenimiento.
- El empleo de dispositivos de control en los motores en buenas condiciones.

Finalmente, es muy importante que las autoridades aúnen esfuerzos con las universidades y las empresas privadas de ingeniería especializadas, para realizar investigaciones aplicadas, con claros beneficios para la comunidad.

NOVEDADES

Primer encuentro de Usuarios de Calderas

El pasado mes de Mayo se llevo a cabo en la ciudad de Bogotá el primer encuentro de usuarios de Calderas, evento organizado por ASME.

Este permitió por primera vez en Colombia, el intercambio de experiencias empresariales en: mejores prácticas, avances técnicos y fue el mejor espacio de discusión de las necesidades normativas y regulatorias para el uso de estos equipos en los diferentes sectores industriales del país.

En dicho evento INDISA S.A. participo en la muestra comercial con su UEN Equisol y su línea de Combustión, de la cual hacen parte: Quemadores Riello Burners y Analizadores de gases de Combustión Tecnocontrol.



Si usted no recibe esta publicación directamente de INDISA S.A. o si desea recomendarnos a alguien para que la reciba, [presione aquí](#)

Para consultar las ediciones anteriores del boletín INDISA On line, puede entrar a <http://indisaonline.8m.com/>. En esta página se encuentran todos los boletines en formato de página web, para que usted pueda grabarlos en su computador e imprimirlos.



Tel: (574) 444 61 66
Medellín-Colombia
mercadeo@indisa.com.co <http://www.indisa.com/>