

## Determinación de los contaminantes mediante la opacidad, producto de la combustión por fuentes móviles a diésel en el cantón la Maná, provincia de Cotopaxi.



*Determination of contaminants through the opacity, product of combustion by mobile sources of diesel in the canton the Mana, province of Cotopaxi.*

Cristian Javier Lozano Hernández<sup>1</sup>., Oscar Rene Daza Guerra<sup>2</sup>., Manuel Patricio Clavijo Cevallos<sup>3</sup>. & Carlos Mantilla Parra<sup>4</sup>.

Recibido: 10-07-2017 / Revisado: 12-09-2018 Aceptado:20-10-2018/ Publicado: 28-11-2018

### Abstract.

DOI: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v2i4.2..200>

The investigation was carried out to determine the pollutants by the opacity generated by the combustion of the vehicles with diesel engine in the Canton La Mana, Province of Cotopaxi, located at a height of 212 masl, establishing a vehicle diagnosis with information provided by the National Transit Agency (ANT) in order to obtain the total number of vehicles registered in the province of Cotopaxi, which was a benchmark for determining the total of the sample for the investigation, having a result of 103 vehicles that were evaluated the emission of the opacity of gases in the public company of Mobility Transit and transport of the Commonwealth of Cotopaxi, headquarters the Mana, using AVL ditest Gas 1000 with accessory opacimeter Dismoke 480, by means of the technique of three measurements of free acceleration static test as stipulated in the Ecuadorian technical standard INEN 2202, then an analysis of the percentage of opacity and the maximum permissible standards established by the technical standard was carried out. Ecuadorian INEN 2207, obtaining a result of 67% of vehicles meet and 33% of cars do not comply. A simulation of the dispersion of the pollutant of opacity was carried out, applying the

<sup>1</sup> Universidad Técnica de Cotopaxi, Cotopaxi, Ecuador, cristian.lozano@utc.edu.ec

<sup>2</sup> Universidad Técnica de Cotopaxi, Cotopaxi, Ecuador, oscar.daza@utc.edu.ec

<sup>3</sup> Universidad Técnica de Cotopaxi, Cotopaxi, Ecuador, manuel.clavijo@utc.edu.ec

<sup>4</sup> Universidad Técnica de Cotopaxi, Cotopaxi, Ecuador, carlos.mantilla@utc.edu.ec

software Rstudio, Openair and the graphic (polar plot) with the data obtained from the percentage of opacity and meteorological factors such as: wind velocity, wind direction and temperature, acquired from the Online Meteorological Archive (Meteoblue) showing the concentration and dispersion of the Contaminante (Opacity) in multiple geographic directions.

**Keywords:** Air Pollution, Contaminants, Mobile Sources, Opacity, Rstudio Software.

### **Resumen.**

La investigación se realizó para determinar los contaminantes mediante la opacidad generada por la combustión de los vehículos con motor diésel en el Cantón la Maná, Provincia de Cotopaxi, ubicada a una altura de 212 msnm, estableciendo un diagnóstico vehicular con información proporcionada por la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) con el fin obtener el total de vehículos matriculados en la provincia de Cotopaxi, que fue un referente para determinar el total de la muestra para la investigación, teniendo un resultado de 103 vehículos que fueron evaluados la emisión de la Opacidad de gases en la Empresa Pública de Movilidad Tránsito y Transporte de la Mancomunidad de Cotopaxi, sede la Maná, utilizando el equipo AVL DITEST Gas 1000 con accesorio opacómetro DISMOKE 480, mediante la técnica de tres mediciones de aceleración libre prueba estática como lo estipula la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2202, posteriormente se realizó un análisis del porcentaje de Opacidad y los estándares máximos permisibles establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2207, obteniendo un resultado del 67% de vehículos cumplen y el 33% de vehículos no cumplen. Se realizó una simulación de la dispersión del contaminante de Opacidad, aplicando el software Rstudio, openair y la gráfica (polar plot) con los datos obtenidos del porcentaje de opacidad y los factores meteorológicos como: velocidad del viento, dirección del viento y temperatura, adquiridos del archivo meteorológico en línea (meteoblue) evidenciando la concentración y dispersión del contaminante (opacidad) en varias direcciones geográficas.

**Palabras Claves:** Contaminación Atmosférica, Contaminantes, Fuentes Móviles, Opacidad, Software Rstudio.

### **Introducción.**

#### **Introducción al problema (Título de Segundo Nivel).**

La polución atmosférica reviste una trascendencia relevante en virtud de que para poder vivir, el hombre necesita aire limpio. Pero para saber si respiramos aire limpio debemos conocer las características del aire y que contaminantes están presentes, y sobre todo en qué cantidades se encuentran. Se tienen dos fuentes de contaminación del aire: las fijas y las

móviles, éstas últimas son debido a los vehículos y son las que más contaminan. Razón por la cual se tuvo como objetivo general el de “estimar la concentración de los contaminantes del aire en el Cantón La Mana generado por las fuentes móviles para comparar con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire” y los objetivos son que involucran a los vehículos con motores a diesel.

El marco teórico, donde se desarrolló los antecedentes de la investigación, las bases teóricas y conceptuales sobre la contaminación atmosférica, los principales contaminantes y los efectos de la contaminación del aire. También se toca teoría sobre los modelos de concentración de los contaminantes del aire y el procedimiento, que se utilizó, de evaluación rápida para estimar las emisiones en tubos de escape.

La metodología, comprende el tipo, nivel, método y diseño de la investigación, determinación de la población y el tamaño de la muestra; así como las técnicas e instrumentos de recolección de datos y de procesamiento de datos. La denominada concentración de contaminantes del aire por fuentes móviles, se presenta el análisis y resultados de las fuentes móviles de vehículos clasificados y el tipo de combustible a diésel que transitan en el Cantón La Mana, también se presenta la estimación de la concentración de los contaminantes en especial de la Opacidad que emite el parque automotor. Con estos datos se realizó la prueba de hipótesis, y los aportes de la investigación, comprende los aportes teóricos por cada tipo de contaminantes, los vehículos con motores a diésel y finalmente se presenta el aporte metodológico.

### **Importancia del problema.**

La Organización Mundial de la Salud OMS (2013). Manifiesta que las emanaciones de los motores a diésel genera diversas enfermedades en el ser humano; cáncer de pulmón, enfermedades respiratorias, aumenta el riesgo de derrame cerebral y cardiopatía, estima un alrededor de 2 millones de muertes prematuras al año en todo el mundo; la causa es; el elevado incremento de los vehículos en la actualidad a nivel mundial, emanando gases contaminantes como la Opacidad que generan que la calidad del aire se encuentre contaminada y en deterioro.

En Ecuador Según estimaciones de la Secretaría de Movilidad y Obras Públicas (2012), al año se consumen 80 millones de galones de diésel automotor que el 40% es el causante de la contaminación del aire. Este combustible, es utilizado para los vehículos (fuentes móviles) de contaminación, que emanan a la atmósfera contaminantes tóxicos como el monóxido de carbono, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, y Material Particulado (PM), conocido como la opacidad.

El (INEC) Instituto Nacional de Estadística y Censos, (2013). Manifiesta de forma general que los vehículos que circulan por carreteras ecuatorianas son aquellos como: los automóviles, los camiones y autobuses del total de vehículos que circulan en el país, se determina que el 95 % son automotores de uso particular, los de alquiler representan el 3,3%

los que pertenecen al Estado el 2% y los de uso Municipal, el 0.4%, algunos de estos cuentan con métodos obsoletos que ocasionan la combustión incompleta, lo que desencadena en una excesiva emisión de gases contaminantes, que afectan de forma directa en la salud de las personas principalmente a los niños y personas de la tercera edad.

**Metodología.**

**Descripción del Área de Estudio.**

El área de estudio se encuentra ubicado en el Cantón la Maná, en la sede de matriculación vehicular tránsito y transporte de la mancomunidad de movilidad de la Provincia de Cotopaxi, que está localizado en la región occidental de las estribaciones externas de la cordillera de Los Andes.

**Tabla 1:** Coordenadas UTM.

PUNTOS	UTM
<b>X</b>	695777
<b>Y</b>	9895948
<b>Altitud</b>	212 msnm

**Autor:** Grupo de Investigación.

**Figura 1:** Ubicación Geográfica del Área de Estudio



**Autor:** Grupo de Investigación.

**Tipos de Investigación.****Bibliográfica.**

Se recopiló información relacionada con las emisiones de opacidad generada por los vehículos con motor diésel, el uso y funcionamiento del software R aplicado a la calidad del aire con el fin de que la información sea auténtica.

**Campo.**

Se realizó directamente en la mancomunidad de movilidad tránsito y transporte de la Provincia de Cotopaxi, sede del cantón la Maná, donde se ejecutó la medición del porcentaje de opacidad en los vehículos con motor diésel.

**Métodos.****Método Científico.**

Se analizó el porcentaje de opacidad utilizando el método de ensayo INEN 2202 y el protocolo establecido por el equipo de medición de gases AVL DITEST 1000 con accesorio opacímetro.

**Método Inductivo**

El problema de la investigación se realizó mediante el análisis de datos de opacidad en forma individual, es decir de unidad en unidad, se obtuvo porcentajes que posteriormente se comparó de acuerdo al año de fabricación la cantidad de vehículos que cumplen y no cumplen conforme a la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2207: Gestión Ambiental. Aire. Vehículos Automotores. Límites Permitidos de Emisiones producidas por Fuentes Móviles Terrestres de diésel.

**Método analítico.**

Este método ayudó a realizar un análisis y simulación de la dispersión del contaminante basados en los datos opacidad de los vehículos con motor diésel, combinando los factores meteorológicos: dirección, velocidad del viento y temperatura, para lo cual se aplicó el software Rstudio, conjuntamente con el paquete Openair.

**Protocolo para mediciones de gases.**

- ✓ Registrar los datos generales del vehículo (tipo de vehículo, marca, placa y kilometraje) en el equipo AVL DITEST 1000, esperar un lapso de 5 minutos donde los datos queden grabados en el equipo, procediendo a la fase de estabilización.

**a. Procedimiento para la toma de datos.**

Para la toma de datos se cumplió con la metodología y procedimientos establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2202: GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. DETERMINACIÓN DE LA OPACIDAD DE EMISIONES DE ESCAPE DE MOTORES DE DIÉSEL MEDIANTE LA PRUEBA ESTÁTICA. MÉTODO DE ACELERACIÓN LIBRE; el mismo que establece:

**Antes de la Prueba.**

- ✓ Verificar que el sistema de escape del vehículo se encuentre en perfectas condiciones de funcionamiento.
- ✓ Verificar que el nivel de aceite en el cárter del motor del vehículo esté entre el mínimo y el máximo recomendado por el fabricante del vehículo.
- ✓ Verificar que el motor del vehículo se encuentre en la temperatura normal de operación.
- ✓ Verificar que la transmisión del vehículo se encuentre en neutro (transmisión manual) o en parqueo (transmisión automática).
- ✓ Verificar que se haya realizado el proceso de autocalibración en el equipo.
- ✓ Verificar que el opacímetro marque cero en la lectura. Medición
- ✓ Verificar que no exista ningún impedimento físico para el libre movimiento del acelerador.
- ✓ Con el motor funcionando en "ralenti", realizar por lo menos tres aceleraciones consecutivas, desde la posición de "ralenti" hasta la posición de máximas revoluciones, con el fin de limpiar el tubo de escape.
- ✓ Conectar la sonda de prueba a la salida del sistema de escape del vehículo.
- ✓ Aplicar aceleración libre al vehículo y permitir que el motor regrese a condición de "ralenti". (repetición por lo menos 6 veces, consecutivamente).
- ✓ En cada ciclo, registrar el valor del porcentaje de opacidad máximo obtenido, considerar como mínimo tres lecturas.
- ✓ Procedimiento de encendido del equipo.
- ✓ Conectar los cables principales a las conexiones principales / Aplicar el interruptor de encendido / Aparece el menú principal/ Verificar conexiones de dispositivos, a través del menú principal.
- ✓ A través del menú principal ingresar los datos del propietario y de la unidad a muestrear.
- ✓ Verificar los campos de temperatura, de revoluciones por minuto (RPM), opacímetro y proceder con la medición.
- ✓ Se utilizó el sensor magnético para medir la velocidad dada por las aceleraciones, se debe colocar en cualquier parte metálica del motor (donde capte las oscilaciones), las aceleraciones deben ser hasta que el indicador del sensor este de color verde.

## **Técnicas De Investigación.**

### **Población.**

Mediante un diagnóstico con investigaciones bibliografías y como fuente de sustentabilidad (ANT) Agencia Nacional de Tránsito, anexo (4.2), en la provincia de Cotopaxi se matriculan 30.278 vehículos a gasolina, 6.201 vehículos a diésel, híbridos 25 y gas licuado de petróleo 7 al año.

**Tabla 2:** Número de vehículos matriculados por tipo de combustible año 2016, Provincia de Cotopaxi.

<b>TIPO DE COMBUSTIBLE</b>	<b>NÚMERO DE VEHÍCULOS</b>	<b>PORCENTAJE</b>
DIÉSEL	6.201	17%
GASOLINA	30.278	82%
HÍBRIDO	25	0.068%
GAS LICUADO DE PETRÓLEO	7	0.019%
TOTAL DE VEHÍCULOS	36.511	100%

**Autor:** Grupo de Investigación.

### **Muestra.**

Para obtener la muestra se realizó una relación entre los datos publicados por la (ANT) y los datos establecido por El Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), Ecuador posee un indicador de 124 vehículos matriculados por cada 1.000 habitantes, por año calendario. Por lo tanto, con la información de los vehículos matriculados en el año 2016 en la provincia de Cotopaxi relacionado con la proyección poblacional para el 2017 se estimó un número aproximado de 1,111 vehículos que circulan en el cantón la Maná.

**Tabla 3:** Proyección de población de vehículos para el cantón la Maná año 2017.

TIPO DE COMBUSTIBLE	CANTIDAD	PORCENTAJE
DIÉSEL	1,111	17%
GASOLINA	5,361	83%
TOTAL	6,472	100%

**Autor:** Grupo de Investigación.

**Cálculo del Tamaño de la muestra, conociendo el tamaño de la Población.**

Se aplicó la fórmula establecida por Fisher y Navarro (Autores de Estadística Inferencial y Descriptiva) para calcular el tamaño de la muestra cuando la población es conocida es la siguiente:

$$n = \frac{NZ^2 \times pq}{NE^2 + Z^2 \times pq}$$

**Dónde:**

n= Tamaño de la muestra

N= Tamaño de la Población, (1,111)

Z= valor correspondiente a la distribución de gauss = 1.96 por el nivel de confianza que es 95%.

p= prevalencia esperada del parámetro a evaluar, en caso de desconocerse (p =5%/100= 0.05)

q= 1 – p (p= 1- 0.05: 0.95)

E= error que se prevé cometer. (4%/100= 0.04)

Comúnmente se acepta como porcentaje de error el 5 %. Pero para obtener más precisión en esta investigación se trabajará con un error del 4%/100%= 0,04.

Por lo tanto, el número de vehículos a diésel a realizar las respectivas mediciones de opacidad en el cantón la Maná sería:

$$n = \frac{(1,111 \times 1.96^2) \times (0.05 \times 0.95)}{1,111 \times (0.04)^2 + 1.96^2 \times (0.05 \times 0.95)}$$



$$n = \frac{202,73}{1.96}$$

n=103 vehículos

### **Equipos e Instrumentos.**

#### **Equipo.**

- ✓ AVL DITEST Gas 1000 con accesorio a diésel (Opacímetro DISMOKE 480).-
- ✓ Equipo requerido para determinar el porcentaje de opacidad, puede comunicarse de forma inalámbrica con el AVL DITEST CDS.
- ✓ Cámara de medición de opacidad, compacta, ligera y poco mantenimiento sin apertura.
- ✓ Integración de la señal inalámbrica por Bluetooth
- ✓ Prueba de linealidad patentada, comprobación automática de la calibración para el uso sin prueba de filtros.

**Figura 1: AVL Ditest Gas 1000**



**Autor:** Grupo de Investigación.

#### **Opacímetro Dismoke 480.**

Según (Schimpl & Schult, 2016). El opacímetro está equipado con una bomba de vacío, que arrastra los gases de escape a través de una manguera de muestra insertada en el tubo de escape del vehículo y de ahí al opacímetro, donde una muestra de gas de escape pasa al interior del analizador; una emisión de luz infrarroja es proyectada a través de la muestra de gas de escape.

**Figura N° 2.** AVL Dismoke 480 bt Opacimetro



**Autor:** Grupo de Investigación.

**Resultados.**

**Clasificación de los vehículos con motor diésel por su año de fabricación.**

Se clasificó los vehículos con motor diésel de acuerdo a su año de fabricación como lo establece la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2207: Gestión Ambiental. Aire. Vehículos Automotores. Límites Permitidos de Emisiones producidas por Fuentes Móviles Terrestres a diésel.

**Tabla 4:** Muestra total de vehículos medidos la emisión de gases por año de fabricación.

Año modelo	Total de vehículos	Total de vehículos en porcentaje (%)
2000 y posteriores	83	80.5
1999 y anteriores	20	19.5
<b>Total</b>	103	100

**Autor:** Grupo de Investigación.

**Análisis:**

En la tabla 4 se encuentra la muestra de 103 vehículos con motor diésel, los cuales se evaluaron el nivel de emisión opacidad expulsados por el tubo de escape, clasificados por su año de fabricación, dando como resultado el 80.5 % correspondiente a 83 vehículos con año de fabricación del 2000 y posteriores, y el 19.5% correspondiente a 20 vehículos con año de fabricación 1999 y anteriores, como lo estipula la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 207.

**Promedio total de opacidad con tres mediciones.**

**Tabla 5:** Límites permisibles de opacidad para año modelo 2000 y posteriores y 1999 y anteriores.

Año modelo	Límite máximo NTE INEN 2207 opacidad (%)			Total vehículos
2000 y posteriores	50 (%)	59 Cumplen	24 No cumplen	83
1999 y anteriores	60 (%)	10 Cumplen	10 No cumplen	20

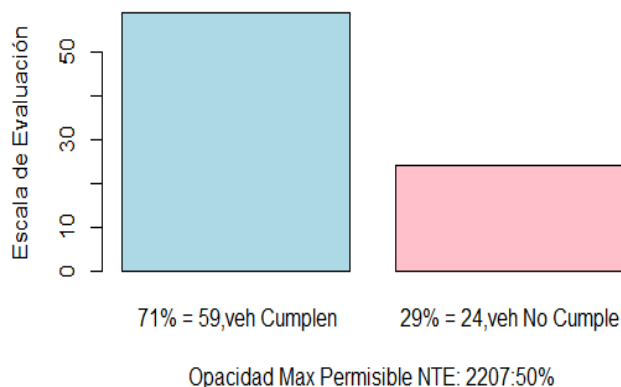
**Autor:** Grupo de Investigación.

**Análisis:**

La Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2202: método de ensayo establece realizar tres mediciones de aceleración libre y el promedio total, y compararlo con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2207: Gestión Ambiental. Aire. Vehículos Automotores. Límites Permitidos de Emisiones producidas por Fuentes Móviles Terrestres a diésel. Estableciendo el límite máximo de opacidad del 50% para vehículos con motor diésel del año 2000 y posteriores, y el 60% para vehículos del año 1999 y anteriores.

Análisis de opacidad de los vehículos con año de fabricación 2000 y posteriores

**Figura 3:** Análisis de opacidad con año de fabricación 2000 y posteriores



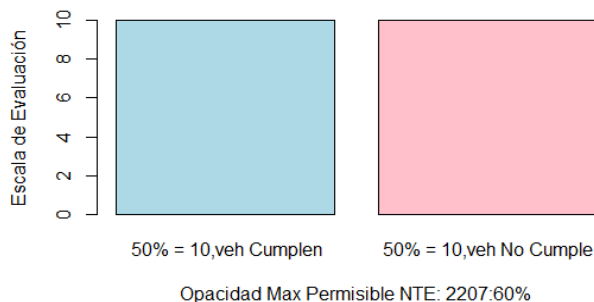
**Autor:** Grupo de Investigación.

**Análisis:**

De los 83 vehículos realizados el análisis de gases con año de fabricación 2000 y posteriores, el 71% correspondiente a 59 vehículos no superan los límites de opacidad para fuentes móviles con motor a diésel es decir que CUMPLEN con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2207, mientras que el 29% que corresponde a 24 vehículos NO CUMPLEN con la norma establecida.

*Análisis de opacidad de los vehículos con año de fabricación 1999 y anteriores.*

**Figura 4:** Análisis de opacidad con año de fabricación del 1999 y anteriores



**Autor:** Grupo de Investigación.

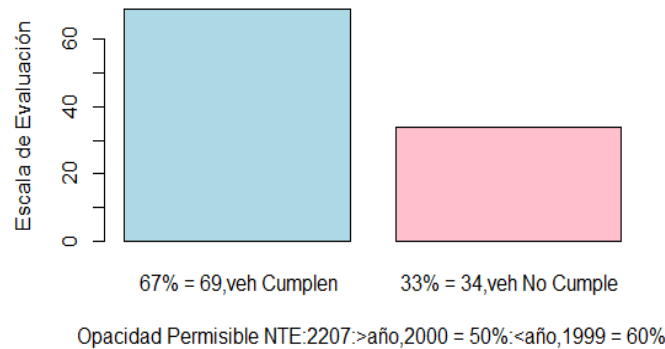
**Análisis:**

De los 20 vehículos con año de fabricación 1999 y anteriores, el 50 % que corresponde a 10 unidades se encuentran superando los límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres a diésel, es decir NO CUMPLEN con lo establecido en la Norma Técnica

Ecuatoriana INEN 2207, mientras que el otro 50% SI CUMPLEN con los estándares permisibles.

*Análisis General*

**Figura 5: Análisis general, límites permisibles de opacidad.**



**Autor:** Grupo de Investigación.

**Análisis:**

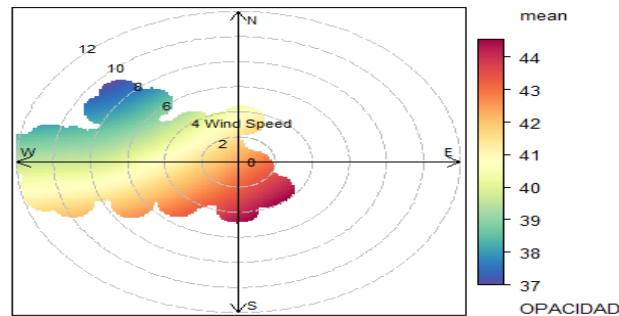
De los 103 vehículos medidos la emisión de gases (opacidad) en el Cantón La Maná se realizó un corrido de datos en el software R y se obtuvo que el 33%, supera los estándares permisibles, establecida en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2207: límites máximos de opacidad de emisiones para fuentes móviles con motor diésel. Mientras que el 67% cumplen los límites máximos permisibles.

**Minería de datos (data mining), para la simulación de la dispersión del nivel de opacidad en Rstudio y openair.**

Para el análisis y simulación en el software Rstudio y el paquete Openair se realizó una base de datos conocida como (data minig) , relacionando el promedio total del contaminante (opacidad) con los factores meteorológicos: dirección , velocidad del viento y temperatura, el porcentaje de opacidad se obtuvo del promedio de las tres mediciones, mientras que los datos de los factores meteorológicos fueron tomados del archivo meteorológico en línea (meteoblue) para el Cantón la Maná a 212 msnm, estableciendo: 0° = Norte, 90° = Este, 180° = Sur, y 270°= Oeste.

*Representación gráfica de la simulación.*

**Figura 6: Distribución geográfica del nivel de opacidad.**

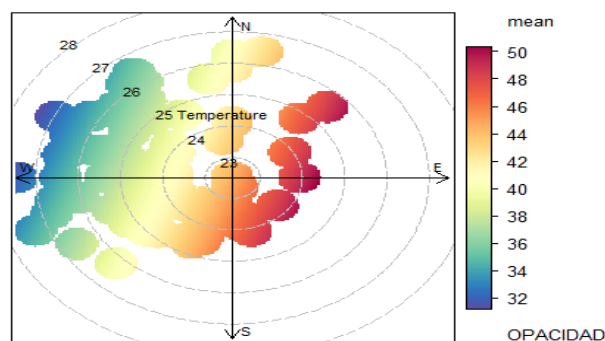


**Autor:** Grupo de Investigación.

**Análisis:**

Las dispersiones del contaminante (OPACIDAD) se distribuye geográficamente en la dirección Sur Este (SE), con concentraciones de vientos oscilatorios entre los 2 a 4.5 m/s; mientras tanto en la dirección Sur Oeste (SW) el contaminante se dispersa con vientos predominantes desde los 2 a 7 m/s. Por lo tanto, se puede manifestar que la opacidad generada por los vehículos con motor a diésel se dispersa en grandes cantidades en el espacio geográfico, Este-Oeste (EW) en dirección Sur (S).

**Figura 7: nivel de opacidad relacionado con la temperatura**



**Autor:** Grupo de Investigación.

**Análisis:**

En la relación de la opacidad y temperatura asociada con la dirección del viento se puede observar cómo la temperatura varía de 23 a 26 °C, presentando una generación difusa del contaminante y generando varios focos calientes que representa la mayor concentración del

nivel opacidad en el espacio geográfico Sur-Este (SE) y en la dirección Norte-Este (NE) con una concentración media del 50 %.

**Discusión.**

**Tabla 4:** Muestra total de vehículos medidos la emisión de gases por año de fabricación.

Año modelo	Total de vehículos	Total de vehículos en porcentaje (%)
2000 y posteriores	83	80.5
1999 y anteriores	20	19.5
<b>Total</b>	103	100

**Autor:** Grupo de Investigación.

**Discusión.**

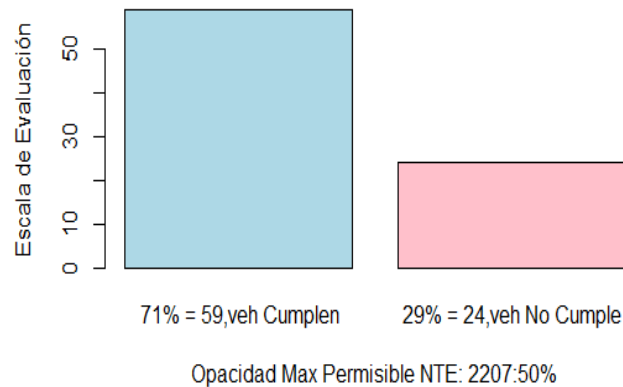
Se identificó en el cantón la Maná una actualización constante de las unidades de transporte que utilizan combustible diésel, siendo así que el parque automotor es superior a modelos con años de fabricación 2000 y posteriores, existiendo un beneficio para el medio ambiente y la sociedad.

**Tabla 5:** Límites permisibles de opacidad para año modelo 2000 y posteriores y 1999 y anteriores.

Año modelo	Límite máximo NTE INEN 2207 opacidad (%)			Total vehículos
2000 y posteriores	50 (%)	59 Cumplen	24 No cumplen	83
1999 y anteriores	60 (%)	10 Cumplen	10 No cumplen	20

**Autor:** Grupo de Investigación.

**Figura 8:** Análisis de opacidad con año de fabricación 2000 y posteriores

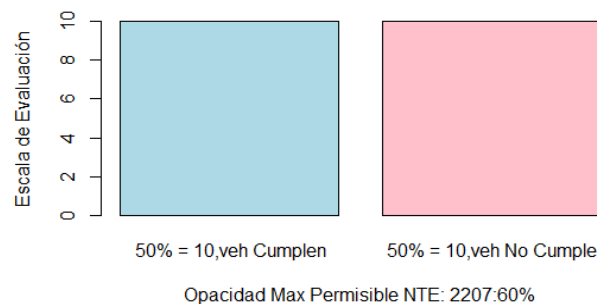


**Autor:** Grupo de Investigación.

**Discusión.**

Los vehículos con año de fabricación del 2000 y posteriores se encuentran en una evolución automotriz, buscando una relación amigable con el medio ambiente y la sociedad, renovando día a día sus sistemas integrales de funcionamiento y relacionado de mejor manera sus partes mecánicas y electrónicas como: cámara de combustión y tubo de escape, con el fin de buscar reducir al mínimo las emisiones de gases contaminantes generadas. Por lo tanto, los vehículos con estas características producen una mínima contaminación que no afecta de manera agravante la calidad del aire.

**Figura 9:** Análisis de opacidad con año de fabricación del 1999 y anteriores



**Autor:** Grupo de Investigación.

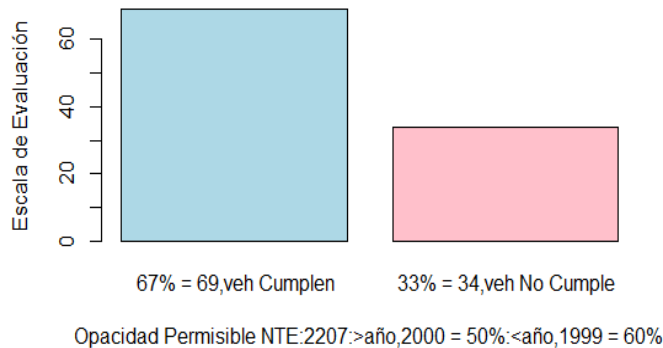
**Discusión:**

Se identificó que 10 vehículos superan los estándares permisibles, las causas son; que sus partes mecánicas se encuentran desgastadas, que impiden una correcta combustión en el carburante, es por la falta de mantenimiento preventivo o correctivo. Del total de la muestra



tan solo fueron evaluados 20 vehículos con año de fabricación de 1999 y anteriores, por lo tanto se puede estimar que los vehículos con estas características están llegando al final de su vida útil.

**Figura 10:** Análisis general, límites permisibles de opacidad.

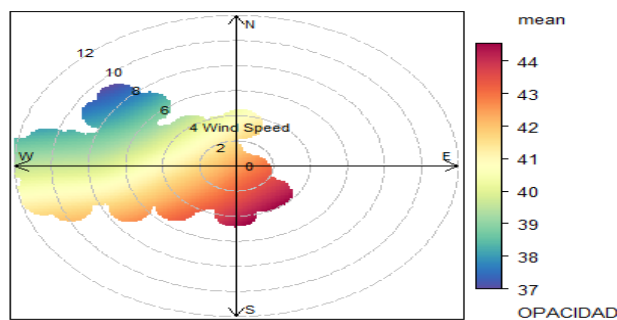


**Autor:** Grupo de Investigación.

**Discusión.**

La evaluación del porcentaje de opacidad se realizó a vehículos que circulan a una altitud de 212 (msnm) obteniendo como resultado un gran porcentaje de vehículos que se encuentran dentro del rango permisible, se establece que a menor altura (msnm) existe menor emisión de contaminación de gases producto de la combustión del vehículo, estableciendo una mejor relación entre el combustible y oxígeno lo que provoca una mejor eficiencia en los motores diésel. De la misma manera corroboran los autores Cantos & Toledo, (2015): a mayor altura sobre el nivel del mar la concentración de contaminantes en los gases de escape aumenta debido a que el volumen de oxígeno es menor y por lo tanto habrá un aumento en el consumo de combustible en comparación con la altitud del nivel del mar.

**Figura 11:** Distribución geográfica del nivel de opacidad.

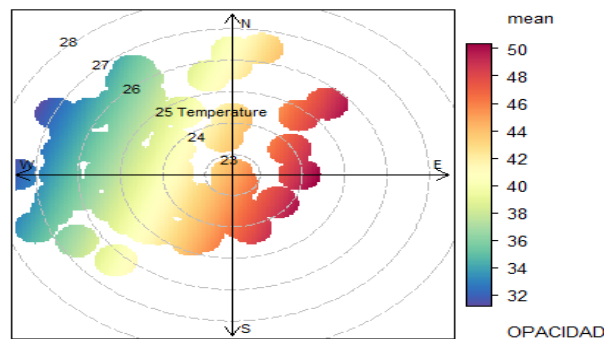


**Autor:** Grupo de Investigación.

**Discusión.**

La trayectoria que sigue el nivel de opacidad en el aire y el grado de dispersión dependen de la dirección y la velocidad del viento, estimando que la concentración del contaminante en el foco de emisión es directamente proporcional, es decir, si aumenta el porcentaje de opacidad, aumentara la concentración del contaminante en el foco de emisión, si disminuye el nivel de emisión, disminuye la concentración del contaminante.

**Figura 12:** Nivel de opacidad relacionado con la temperatura



**Autor:** Grupo de Investigación.

### Discusión.

El incremento de la temperatura provoca que el nivel de opacidad sea más denso que el aire, haciendo que descienda e impidiendo su flotabilidad provocando altas concentraciones de contaminación, por lo tanto, se establece que entre la temperatura y opacidad existe una relación inversamente proporcional, manifestando que la temperatura es un factor meteorológico muy agravante que impide que la contaminación se disperse con mayor fluidez del foco de emisión, razón por la cual se puede estimar que a mayor ( $^{\circ}$ T) temperatura existe mayor concentración del contaminante.

### Conclusiones.

- Se realizó las mediciones de opacidad a 103 vehículos del cantón la Maná en la Empresa Pública de Movilidad tránsito y transporte de la Mancomunidad de Cotopaxi, sede la Mamá, donde se indicó los porcentajes de opacidad aplicando la metodología y el procedimiento en base a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2202. Los vehículos con motor a diésel dentro del cantón, el 67% no superan los límites máximos permisibles es decir CUMPLEN con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 207.
- Aplicando la herramienta polar plot (gráficos polares) se evidencio la concentración

y dispersión del contaminante (opacidad) en varias direcciones geográficas, siendo la más predominante es Este- Oeste (EW), con dirección Sur (S), los gráficos polares demostraron la dispersión del contaminante en varias direcciones. Por lo tanto, se puede manifestar que el software Rstudio y openair demostraron ser de gran interés al contribuir con grandiosas ventajas y funcionalidades en el análisis de datos de los contaminantes comunes del aire, por la variedad de salidas que puede generar.

### **Agradecimiento.**

A Dios y al universo por haber conspirado para mantenerme firme y no decaer a pesar las adversidades presentadas durante este gran esfuerzo y dedicación a la investigación.

A los profesores Ing. Oscar Daza, MsC. Patricio Clavijo, Dr. Carlos Mantilla, por estar involucradas en la guía durante el desarrollo de este proceso de investigación.

A los compañeros y co-trabajadores de la Investigación en las áreas adyacentes del estudio, por la ayuda prestada durante el desenvolvimiento de este trabajo en la etapa de campo: Ing. María Viteri, Ing. José Andrade, Dr. Polivio Moreno.

A mis amigos que colaboraron conmigo en diferentes oportunidades: Ing. Mercy Ilbay, Ing. Kalina Fonseca, Lic. Jaime Lema, Ing. Vinicio Mogro.

Al Proyecto de Calidad del Aire, de la Universidad Técnica de Cotopaxi, por el apoyo financiero de la Investigación.

### **Referencias bibliográficas.**

- Agudelo, J. (2009) Motores Diésel Turboalimentados, Universidad Antioquia, Colombia.
- Avilés, P. (2006). Metodología de la Investigación Científica” Ediciones.
- Calle, C. (2014). Departamento de Ingeniería Energética Grupo de Máquinas y Motores Térmicos: Sistemas de Inyección en Motores Diesel. Obtenido de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/90174/fichero/TFG.+Alejandro+Castillejo+Calle.pdf>
- Campus, M. & Marcos, F. (2010) Biodiesel Handling and Use Guidelines NREL Los Bio-combustible.
- Cantos, J, & Toledo, J. (2015). Análisis del impacto económico generado por los niveles de servicio de las viabilidades en el centro histórico de la ciudad de Cuenca
- Carslaw, D., & Ropkins, K. (2015). Openair: Open-source tools for the analysis of air pollution data. R package version 1.6. Obtenido de <http://CRAN.Rproject.org/package=openair>

- Contreras Vigil, A. M., García Santiago, G., Icaza Hernández, B., & Montiel Yáñez, S. G. (2013). Calidad del aire: una práctica de vida. Obtenido de <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001593.pdf>
- Environmental Research Group. (2015). The openair project. Obtenido de <http://www.openair-project.org/>.
- Follos, F. 2012. Lenguaje R aplicado al análisis de datos de calidad del aire. [EN LINEA]: (<http://www.openair-project.org.pdf>.)
- García, P. 2013. Implementación del software estadístico OpenAir para el procesamiento y análisis de la información de la base de datos de la red de calidad de aire de Bogotá. <http://www.bvsde.paho.org/bvsci/fulltext/ecuador/ecuador.pdf>
- INEC. (2010). Ecuador en cifras. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda>.
- NTE INEN 2 202, (2000) Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Determinación de la opacidad de emisiones de escape de motores de diésel mediante la prueba estática. Método de aceleración libre. Quito 2000., Ecuador.
- NTE INEN 2 207, (2002) Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de diésel. Quito 2002., Ecuador.
- OMS. (2012). Las Directrices de la OMS sobre la Calidad del Aire.
- Pico, Alejandrina. Gonzales, Ignacio. y Sánchez, Benjamín. (2012). “Contaminación Atmosférica” 1ª. Edición, Editorial: Perú: Lima. 219 p. ISBN: 978-84-362-6523-1
- Porto, J. & Merino, M. (2012). Definición de opacidad. Obtenido de definición de: <http://definicion.de/opacidad/>
- Ramos, H, Bautista, R, (2007). Estudio estadístico de la correlación entre contaminantes atmosféricos y variables meteorológicas en la zona norte de Chiapa. México. [En línea] ([http:// correlación entre contaminantes atmosféricos y variables meteorológicas.](http://correlación%20entre%20contaminantes%20atmosf%C3%A9ricos%20y%20variables%20meteorol%C3%B3gicas))
- RStudio. (2015). RStudio: Integrated development environment for R. Boston. Obtenido de <http://www.rstudio.com/>
- Sánchez, A. (2014). Bioestadística Aplicada con R y RKTeaching. CEU San Pablo.
- Sanchez, S. (2009). Motores. Mantenimiento de vehículos autopropulsados. Editex.
- Schimpl, T., & Schult, K. (2016). Description: Opacimetro AVL-Emissiones Diesel. Obtenido de <https://www.scribd.com/presentation/296665137/Opacimetro-AVL>

**Para citar el artículo indexado.**

Lozano C., Daza O., Clavijo M. & Mantilla C. . (2018). Determinación de los contaminantes mediante la opacidad, producto de la combustión por fuentes móviles a diésel en El Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi. *Revista electrónica Ciencia Digital* 2(4.2), 31-51. Recuperado desde: <http://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/200/177>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Ciencia Digital**.

El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Ciencia Digital**.

