

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

**ESPECIALIZACIÓN EN PLANEACIÓN AMBIENTAL Y MANEJO
INTEGRAL DE RECURSOS NATURALES**



TRABAJO DE GRADO

**ANÁLISIS DE LAS MEDICIONES DE PM 10 PARA EL PRIMER SEMESTRE
DEL AÑO 2017 EN LA ESTACIÓN DE MONITOREO DEL MUNICIPIO DE
NOBSA CON RESPECTO A LA NORMA DE CALIDAD DEL AIRE**

**PRESENTADO POR:
CRISTIAN DANIEL HERNÁNDEZ**

DICIEMBRE 2017

ANÁLISIS DE LAS MEDICIONES DE PM 10 PARA EL PRIMER SEMESTRE DEL AÑO 2017 EN LA ESTACION DE MONITOREO DEL MUNICIPIO DE NOBSA CON RESPECTO A LA NORMA DE CALIDAD DEL AIRE

ANALYSIS OF PM 10 MEASUREMENTS FOR THE FIRST SEMESTER OF 2017 IN THE MONITORING STATION OF THE MUNICIPALITY OF NOBSA WITH RESPECT TO THE AIR QUALITY STANDARD.

CRISTIAN DANEIL HERNÁNDEZ CORREDOR¹

Referencias:

RESUMEN

Dada la problemática que presenta el municipio de Nobsa al poseer tanto en su perímetro urbano como rural diferentes fuentes de contaminación ambiental bastantes importantes y buscando aprovechar al máximo los recursos existentes en el mismo que permiten monitorear los niveles de PM10, se solicitó a Corpoboyaca quien es la entidad encargada del manejo y control de la información de las muestras correspondientes a las emisiones de PM10 tomadas por la estación de monitoreo ubicada en las instalaciones del cuerpo de bomberos del casco urbano del municipio de Nobsa, que nos facilitara una copia de las información con el fin de realizar un análisis comparativo detallado.

El periodo de tiempo de la información evaluada corresponde a los meses de enero a junio de 2017, en la cual se hizo una revisión del cumplimiento de las muestras obtenidas de la estación durante cada día, y una comparación de estas con el valor máximo permitido por la norma de calidad del aire establecida en su oportunidad por el Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial en la Resolución 610 del 24 de marzo de 2010 además de un estudio de la información apoyado en un análisis estadístico con graficas de los datos que reflejan el estado actual de la contaminación del aire en el municipio.

Palabras clave: Calidad del aire, diagnóstico de aire, equipos de control, material particulado,

ABSTRACT

Given the problems presented by the municipality of Nobsa by having both important environmental pollution sources in its urban and rural perimeter and seeking to make the most of the existing resources that allow the monitoring of Pm 10 levels, corpoboyaca was requested the entity in charge of the handling and control of the information of the samples corresponding to the PM 10 emissions taken by the monitoring station located in the facilities of the fire department in the urban area municipality of Nobsa wich will provide us with a copy of information with in order to perform a detailed comparative analysis.

¹ Ingeniero industrial, Universidad Católica de Colombia, Bogotá – Colombia, cdhernandez45@ ucatolica.edu.co

The period evaluated corresponds is between the month of January and June 2017 period in which an audit of the legal compliance of the samples obtained directly from the station was carried out day by day samples that were compared to the maximum level allowed by the air quality standard established by the Ministry of environment, housing and territorial Development in Resolution 610 of March 24, 2010, as well as a study of the information supported by a statically analysis with graphs of the data that reflect the current state of air pollution in the municipality.

Keywords: Air quality, air diagnosis, control equipment, particulate matter.

INTRODUCCIÓN

En Colombia la calidad del aire representa uno de los retos más grandes que tiene el país por afrontar. (IDEAM, s.f.) La contaminación del aire representa un importante riesgo medioambiental para la salud. Mediante la disminución de los niveles de contaminación del aire, los países pueden reducir la carga de morbilidad derivada de accidentes cerebrovasculares, cánceres de pulmón y neumopatías crónicas y agudas. (OMS, 2016).

La mayoría de las fuentes de contaminación del aire exterior están más allá del control de las personas, y requieren medidas por parte de las ciudades, así como de las instancias normativas nacionales e internacionales en sectores tales como transporte, gestión de residuos energéticos, construcción y agricultura.

Existen numerosos ejemplos de políticas fructíferas relativas a los sectores de transporte, planificación urbana, generación de electricidad e industria, que permiten reducir la contaminación del aire:

Industria: utilización de tecnologías limpias que reduzcan las emisiones de chimeneas industriales; gestión mejorada de desechos urbanos y agrícolas, incluida la recuperación del gas metano de los vertederos como una alternativa a la incineración (para utilizarlo como biogás).

Transporte: adopción de métodos limpios de generación de electricidad; priorización del transporte urbano rápido, las sendas peatonales

y de bicicletas en las ciudades, y el transporte interurbano de cargas y pasajeros por ferrocarril; utilización de vehículos pesados de motor diésel más limpios y vehículos y combustibles de bajas emisiones, especialmente combustibles con bajo contenido de azufre.

Planificación urbana: mejoramiento de la eficiencia energética de los edificios y concentración de las ciudades para lograr una mayor eficiencia.

Generación de electricidad: aumento del uso de combustibles de bajas emisiones y fuentes de energía renovable sin combustión (solar, eólica o hidroeléctrica); generación conjunta de calor y electricidad; y generación distribuida de energía.

Gestión de desechos municipales y agrícolas: estrategias de reducción, separación, reciclado y reutilización o reelaboración de desechos, así como métodos mejorados de gestión biológica de desechos tales como la digestión anaeróbica para producir biogás, mediante métodos viables y alternativas económicas en sustitución de la incineración de desechos sólidos. En casos en que la incineración sea inevitable, será crucial la utilización de tecnologías de combustión con rigurosos controles de emisión. (OMS, 2016). De acuerdo con lo anterior Boyacá tiene altos índices de contaminación por ser un departamento industrial, en pleno desarrollo social, político, económico y se proyecta como un departamento líder, contando con la autoridad ambiental en este caso Corpoboyacá;

que tiene como labor estar pendiente de la calidad del aire para un desarrollo humano sostenible de las comunidades globales y locales.

1. ÁREA DE ESTUDIO

El lugar en el que se realizara el estudio es el municipio de Nobsa ubicado en el departamento de Boyacá, cuenta con una población de alrededor de 16.500 habitantes, su principal actividad económica es el turismo, gracias al tejido de productos artesanales a base de lana.

Es de destacar que su reconocimiento a nivel nacional e internacional se debe a las actividades industriales, en el sector cementero, minero y siderúrgico que opera en este municipio, con industrias como Acerías Paz del Río Votorantim y Lafarge Holcim Colombia principalmente, así como las instalaciones de premezclados, Col Concretos, Triturados y minas de extracción de piedra caliza.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Mediciones y equipos de PM 10

El método PM10 provee una medida de la concentración másica de material particulado con un diámetro aerodinámico menor o igual a 10 μm nominales (PM10) en el aire ambiente durante un periodo de 24 h. El proceso de medición es un proceso no destructivo y la muestra de PM10 está sujeta a posterior análisis físico o químico.

En este proceso un muestreador arrastra aire ambiente a una velocidad de flujo constante hacia una entrada de forma especial donde el material particulado se separa por inercia en uno o más fracciones dentro del intervalo de tamaño de PM10. Cada fracción dentro del intervalo de tamaño de PM10 se recolecta en un filtro separado en un periodo de muestreo específico.

La precisión de los muestreadores de PM10 debe ser de 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para concentraciones de

PM10 por debajo de 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 7% para concentraciones por encima de 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. IDEAM. (2014).

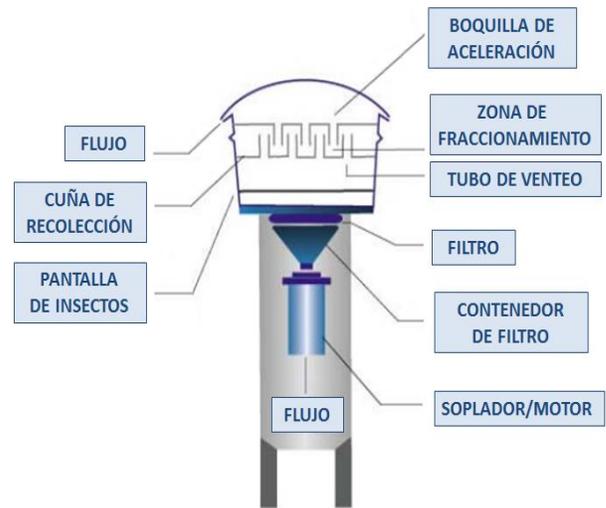


Figura 1. Muestreador de PM10.

Fuente. MANUAL DE OPERACIÓN DE SISTEMAS DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE (Bogotá, Febrero 2008)

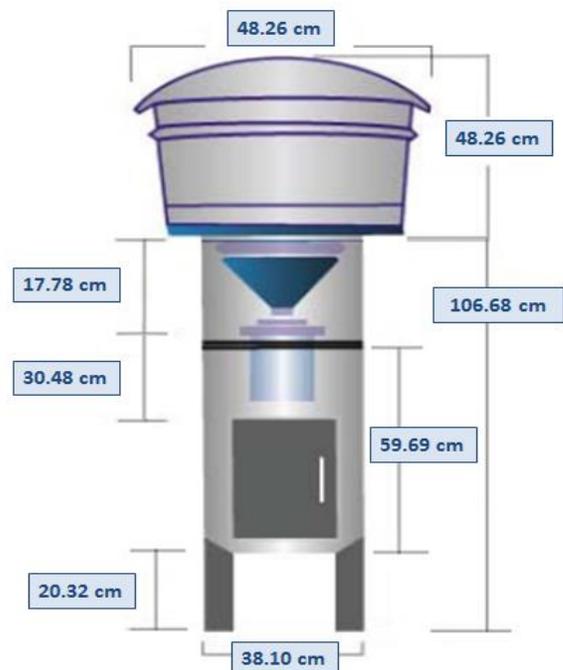


Figura 2. Muestreador de PM10.

Fuente. MANUAL DE OPERACION DE SISTEMAS DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DEL AIRE (Bogotá, Febrero 2008)

2.2 Contaminación del aire

Se considera contaminación del aire a cualquier sustancia, introducida en la atmósfera por las personas, que tenga un efecto perjudicial sobre los seres vivos y el medio ambiente.

La niebla tóxica que flota por encima de las ciudades es la forma de contaminación del aire más común y evidente. No obstante, existen diferentes tipos de contaminación, visibles e invisibles, que contribuyen al calentamiento global. OPS, (2017).

2.3 Compuestos Orgánicos Volátiles

Los compuestos orgánicos volátiles (COV) son contaminantes del aire y cuando se mezclan con óxidos de nitrógeno, reaccionan para formar ozono (a nivel del suelo o troposférico). La presencia de concentraciones elevadas de ozono en el aire que respiramos es muy peligrosa.

Los efectos sobre la salud de la exposición a ozono incluyen: irritación de ojos y vías respiratorias; astenia, cefaleas; alergias; disminución de la función pulmonar y lesiones al hígado, riñones, pulmones y sistema nervioso central. Los efectos sobre el medio ambiente incluyen la alteración de la función fotosintética de las plantas.

También participan activamente en numerosas reacciones, en la troposfera y en la estratosfera, contribuyendo a la formación del smog fotoquímico y al efecto invernadero.

Los COV se liberan durante la quema de combustibles, como gasolina (el transporte es una de las principales fuentes de emisión de COV), madera, carbón o gas natural y también desde disolventes, pinturas, adhesivos, plásticos, aromatizantes y otros productos empleados en procesos industriales.

Son COV todos aquellos hidrocarburos que se presentan en estado gaseoso a la temperatura ambiente normal o que son muy volátiles a dicha temperatura. Suelen presentar una cadena

con un número de carbonos inferior a doce y contienen otros elementos como oxígeno, flúor, cloro, bromo, azufre o nitrógeno.

Según el RD 117/2003 sobre limitación de emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes en determinadas actividades, es todo compuesto orgánico que tenga a 293,15K una presión de vapor de al menos 0.01 kPa, o que tenga una volatilidad equivalente en las condiciones particulares de uso.

Refiriéndose siempre a la sustancia y compuestos, tanto como a los productos que los contengan.

Los efectos de los compuestos orgánicos volátiles para la salud pueden variar mucho según el compuesto y comprenden desde un alto grado de toxicidad hasta ausencia de efectos conocidos.

Esos efectos dependerán de la naturaleza de cada compuesto y del grado y del período de exposición al mismo.

La exposición a largo plazo a los compuestos orgánicos volátiles puede causar lesiones del hígado, los riñones y el sistema nervioso central.

La exposición a corto plazo puede causar irritación de los ojos y las vías respiratorias, dolor de cabeza, mareo, trastornos visuales, fatiga, pérdida de coordinación, reacciones alérgicas de la piel, náusea y trastornos de la memoria.

Algunos COV son muy tóxicos, como el benceno, el óxido de estireno, el percloroetileno o el tricloroetileno, que son cancerígenos, o el formaldehído y el estireno, que además son disruptores endocrinos. Risctox. (2008-2010).

2.4 Estaciones de monitoreo

Las estaciones de monitoreo para la calidad de aire involucra cuatro elementos cruciales para su montaje:

- Equipos e insumos de medición de acuerdo a regulaciones ambientales (US EPA Approval).
- Sistema de transmisión de información inalámbrico.
- Montaje e Instalación de infraestructura ya sea fija o móvil.
- Sistema de calibración/auto calibración.

Una red de monitoreo de calidad del aire está diseñada para ser fija o móvil y medir concentraciones de compuestos químicos y material particulado, usualmente una estación de monitoreo de este tipo involucra toda la infraestructura para poder tener datos en tiempo real de los siguientes parámetros:

- Concentración de Material particulado PM10 - PM2.5
- Concentración Hidrocarburos Totales (TH)
- Concentración de Ozono (O3)
- Concentración de Monóxido de Carbono (CO)
- Concentración de Dióxido de Azufre (SO2)
- Concentración de Óxidos Nitrosos (NOx)

Estas estaciones requieren una alta inversión y la retribución tiene que darse en los costos de mantenimiento y la calidad de los equipos con los cuales se lleva a cabo el monitoreo. High Tec, Environmental Ltda. (2013)

2.5 Postura de la organización mundial de la salud OMS y Emisiones permisibles

La Organización Mundial de la Salud estimó que una de cada nueve muertes en todo el mundo es el resultado de condiciones

relacionadas con la contaminación atmosférica.

Los contaminantes de la atmosfera más relevantes para la salud son material particulado (PM) con un diámetro de 10 micras o menos, que pueden penetrar profundamente en los pulmones e inducir la reacción de la superficie y las células de defensa.

La mayoría de estos contaminantes son el producto de la quema de combustibles fósiles, pero su composición puede variar según sus fuentes. Las directrices de la OMS sobre la calidad del aire recomiendan una exposición máxima de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para las PM₁₀ y una exposición máxima de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para las PM_{2.5} basado en las evidencias de los efectos sobre la salud de la exposición a la contaminación del aire ambiente.

Hay efectos de la contaminación del aire sobre la salud a corto y largo plazo, siendo la exposición a largo plazo y de larga duración la más significativa para la salud pública.

La mayoría de las muertes atribuibles a la contaminación atmosférica en la población general están relacionadas con las enfermedades no transmisibles. En efecto, el 36% de las muertes por cáncer de pulmón, el 35% de la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (COPD), el 34% de los accidentes cerebrovasculares y el 27% de cardiopatías isquémicas son atribuibles a la contaminación atmosférica.

Sin embargo, el mayor impacto es sobre la mortalidad infantil, ya que más de la mitad de las muertes de niños menores de 5 años por infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores (ALRI) son debidas a partículas inhaladas por la contaminación del aire interior producto del uso de combustibles sólidos.

El trabajo de la OMS en materia de salud ambiental proporciona la base para los estándares mundiales en calidad ambiental y una inversión efectiva para la salud pública,

como las pautas de calidad del aire y las pautas de calidad del agua potable. OPS, (2017).

Tabla 1. Pautas de la OMS para la Contaminación del Aire Ambiental (AQG).

	PM ₁₀ (µg/m ³)	PM _{2.5} (µg/m ³)	
IT-1	70	35	15% Mayor riesgo de mortalidad a largo plazo en relación con los niveles de AQG
IT-2	50	25	6% Menor riesgo de mortalidad a largo plazo en relación con el Nivel 1
IT-3	30	15	6% Menor riesgo de mortalidad a largo plazo en relación con el Nivel 2
WHO AQG	20	10	Nivel más bajo en presentar aumento al riesgo a la salud en respuesta a la exposición a largo plazo a PM _{2.5}

Fuente. Organización Mundial de la Salud (2014)

2.5 Resolución 610 del 24 de marzo de 2010 ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial

Artículo 4. Niveles Máximos Permisibles para Contaminantes Criterio. En la Tabla 1 se establecen los niveles máximos permisibles a condiciones de referencia para contaminantes criterio, los cuales se calculan con el promedio geométrico para PST y promedio aritmético para los demás contaminantes.

Tabla 2. Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio.

Contaminante	Nivel Máximo Permissible (µg/m ³)	Tiempo de Exposición
PST	100	Anual
	300	24 horas
PM 10	50	Anual
	100	24 horas
PM 2.5	25	Anual

SO ₂	50	24 horas
	80	Anual
	250	24 horas
	750	3 horas
NO ₂	100	Anual
	150	24 horas
	200	1 horas
O ₃	80	8 horas
	120	1 hora
CO	10.000	8 horas
	40.000	1 hora

Fuente. Resolución 610 del 24 de Marzo De 2010

Parágrafo Primero: Las autoridades ambientales competentes deberán iniciar la medición de PM_{2.5}, cuando se presente incumplimiento de alguno de los niveles máximos permisibles de PM₁₀. Sin perjuicio de lo anterior, las autoridades ambientales pueden medir PM_{2.5}, de acuerdo con lo establecido en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire.

Parágrafo Segundo: Las autoridades ambientales competentes que a la fecha de publicación de la presente resolución operen medidores de PST deberán mantenerlos operando siempre que se presente una muestra de incumplimiento de los niveles máximos permisibles, de acuerdo con lo establecido en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire.

Parágrafo Tercero: Las autoridades ambientales competentes deben realizar las mediciones de los contaminantes criterio establecidos en el presente artículo, de acuerdo con los procedimientos, frecuencias y metodología establecidas en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad de Aire que adoptará el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (Resolución 610)

3. METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS

Este estudio se basó en el uso de los tiempos capturados desde el 01 de enero hasta el 30 de junio de 2017 en la estación de monitoreo del municipio de Nobsa y su comparación respecto a los máximos permitidos por norma de calidad del aire para PM10 (Resolución 610 del 24 de marzo de 2010).

Información a emplear.

Se estableció que para tener una buena muestra a validar, se necesitaba información de varios meses. Por lo cual, se solicitó a Coopoboyacá la entrega de las muestras capturadas en el periodo de enero a junio de 2017 durante todos los días de cada mes.

Sistematización análisis de información.

Se implementó un revisor de información en hojas de cálculo Excel con plantillas que admiten el uso de fórmulas, gráficos y un lenguaje de programación que permite:

- Almacenar las muestras suministradas durante cada hora, por cada día, de todos los meses en estudio, en un archivo para cada mes.

- Comparar cada muestra tomada con el valor máximo permitido y establecer cuales lo sobrepasan.

- Señalar al frente de cada una, las muestras que sobrepasan el nivel máximo permisible de PM10 por la norma.

- Realizar el conteo de las muestras tomadas por cada día en estudio y establecer así, si se cumplió con la toma de muestras durante todas las horas y todos los días del mes a evaluar. Es decir, que en un día deberían haber 24 muestras capturadas.

- Calcular el valor promedio por mes de las muestras tomadas y establecer si en general hay una buena cantidad de días con los valores por debajo del nivel máximo permisible de PM10 o por el contrario hay tendencia a superarlo.

- Graficar por dispersión la tendencia de las muestras frente al máximo permitido por día y tener una visión general del comportamiento de la contaminación del aire durante cada día del mes.

- Con Establecer el periodo del día promedio adecuado para estar expuesto al aire libre y realizar actividades deportivas.

Revisión de información.

Con base en los resultados obtenidos con el manejo de la información se clasificaron los hallazgos por días, y meses.

4. ANÁLISIS Y RESULTADO

4.1 ANÁLISIS DIARIO

Durante el análisis de los datos correspondientes a las mediciones de PM 10 diarias, se puede observar que el equipo no captura todos los datos correspondientes durante el transcurso del día.

Este equipo debe almacenar diariamente 24 datos, uno por cada hora desde que inicia el día a las 00:00 horas y hasta que termina a las 23:00 horas. De esta manera se presentan días en que la maquina no captura el total de datos diarios. (Véase Figura 3).

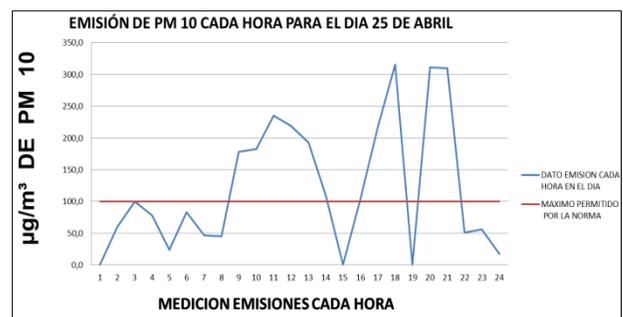


Figura 3. Comparativo emisiones cada hora durante el día con respecto a la normatividad legal vigente.

Fuente. El autor

También se observa que pasan días en que la maquina no captura ningún dato durante las 24 horas que tiene el día. (Véase tabla 3).

Tabla 3. Cantidad de datos tomados cada día durante el mes de abril.

MES DE ABRIL	
DIA	CANTIDAD DE DATOS TOMADOS EN EL DIA
1	24
2	24
3	24
4	23
5	0
6	0
7	23
8	24
9	24
10	24
11	24
12	20
13	0
14	0
15	0
16	0
17	0
18	0
19	24
20	24
21	24
22	24
23	21
24	0
25	21
26	24
27	23
28	0
29	0
30	0

Fuente. El autor

4.2 ANÁLISIS MENSUAL

Después de realizar la comparación entre los resultados obtenidos por las mediciones de PM10 en la estación de monitoreo del municipio de Nobsa y los valores permisibles por la normatividad legal vigente de nuestro país (Resolución 610 del 24 de Marzo de

2010), se observa que las cantidades de PM 10 varían de la siguiente forma:

4.2.1 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS MES DE ENERO

Para la revisión del mes de enero, se observa que las cantidades de PM 10 capturadas por el sistema de monitoreo, en promedio se mantiene por debajo del límite máximo permitido por la norma, de esta manera el 80.64% de los días analizados están dentro de la norma y el 19.35% superan los valores establecidos por la resolución. (Véase Figura 4).

Hay varios picos en los días 5, 6, 7, 12, 19 y 31 de enero en el que se superaron los valores permitido por la normatividad legal vigente.

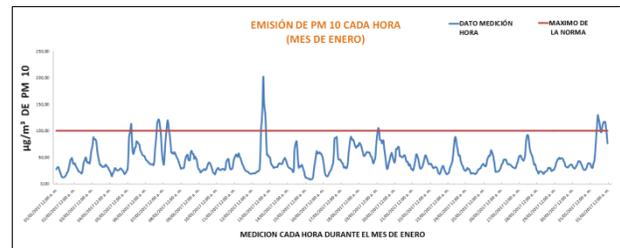


Figura 4. Comparativo emisiones cada hora durante el mes de enero con respecto a la normatividad legal vigente.

Fuente. El autor

Al realizar la revisión del total de datos generados por la estación de monitoreo para el mes de enero y compararlos con el valor máximo permitido por la por la resolución 610 del 24 de marzo de 2010, se observa que el 95% del total de datos analizados está dentro del valor máximo permitido por la resolución y que el 5 % de los datos superan los 100 µg/m³ establecidos por la normatividad legal vigente, del total de emisiones que no cumplen con la legislación nacional, el 30 % se presentan en la mañana el 40 % se presentan en la tarde y el 30 % restante se dan en horas de la noche.

Otro aspecto importante para tener en cuenta es el valor máximo que reporto la estación de

monitoreo, siendo este de $202.04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ el día 12 de enero a las 4:00 pm.

4.2.2 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS MES DE FEBRERO

Cuando se realiza el análisis correspondiente al mes de febrero se puede identificar que las cantidades de PM 10 capturadas por el sistema de monitoreo, en promedio se mantiene por debajo del límite máximo permitido por la norma, de esta manera el 94.25% de los datos correspondientes al mes de febrero está dentro de los límites permisibles y el 5.75% supero el máximo permitido por la norma, (Véase Figura 5).

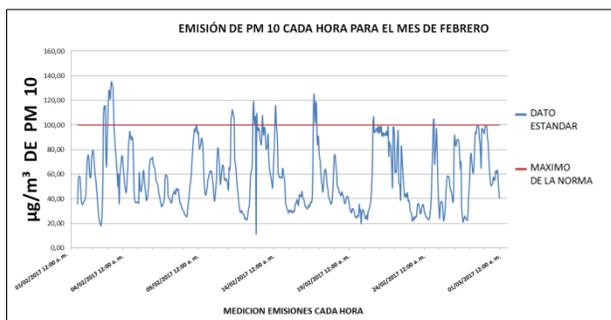


Figura 5. Comparativo emisiones cada hora durante el mes de en febrero con respecto a la normatividad legal vigente.

Fuente. El autor

También es de resaltar que del 100% de los datos que no cumplieron con la resolución 610 del 24 de Marzo de 2010, el 70% de estos se tomaron en horas de la tarde y el 30% restante en horas de la mañana.

De esta manera se refleja que en las horas de la tarde aumentan las emisiones de PM 10 en el municipio de Nobsa.

4.2.3 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS MES DE MARZO

Al realizar la revisión del total de datos generados por la estación de monitoreo para el mes de marzo y compararlos con el valor

máximo permitido por la por la resolución 610 del 24 de Marzo De 2010, se observa que el 100% del total de datos analizados está dentro del valor máximo permitido por la resolución y que durante este mes los datos no superan los $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. (Véase Figura 6).



Figura 6. Comparativo emisiones cada hora durante el mes de en marzo con respecto a la normatividad legal vigente.

Fuente. El autor

Cabe resaltar que solo el 1% de los datos obtenidos supero el valor supero $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y el 99 % de los datos está por debajo del máximo permitido por la norma.

4.2.4 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS MES DE ABRIL

Para la revisión del mes de abril, se observa que se presentan varias inconsistencias para resaltarlas.

Como primera medida tenemos que de los 30 días que tiene el mes de abril, 13 de estos que corresponden al 43.33% de días del mes, no se registra información correspondiente a las mediciones de PM 10 por tanto su valor fue cero.

También es de resaltar que del 56.66% de días que el sistema de monitoreo registra un valor correspondiente a las cantidades de PM 10 en el municipio de Nobsa, el 47.05% genero valores por encima del límite del valor máximo permitido por la norma.

Además de esto, de los valores que exceden el límite permitido por la norma, la mayoría doble y en ocasiones triplica el valor límite máximo permitido así como es el caso de los días 25, 26, 27 de abril en el que se superaron por encima de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (véase Figura 7).

El valor máximo que reporto el sistema fue de $360.00 \mu\text{g}/\text{m}^3$ el día 27 de abril.

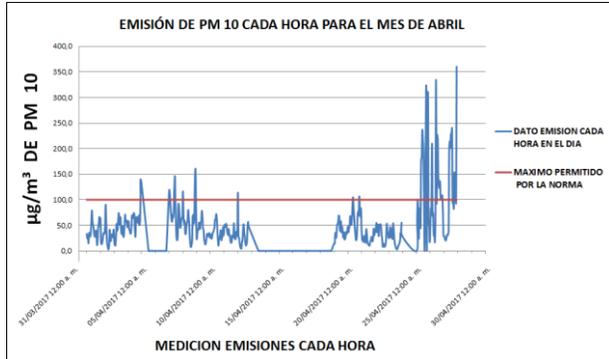


Figura 7. Comparativo emisiones cada hora durante el mes de en abril con respecto a la normatividad legal vigente.

Fuente. El autor

Otro aspecto importante a tener en cuenta es que estos valores máximos de emisión de PM 10 se registran entre las 12:00 del mediodía y las 10:00 de la noche.

4.2.5 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS MES DE MAYO

Al realizar la revisión del total de datos generados por la estación de monitoreo para el mes de mayo y compararlos con el valor máximo permitido por la por la resolución 610 del 24 de Marzo De 2010, se observa que el 61.30% del total de datos analizados está por encima del valor máximo permitido por la resolución y que tan solo el 38.70% cumple con la normatividad legal vigente.

También es de resaltar que del 61.30% de los datos que superan lo permitido por la norma, el 52.63% genero las emisiones en horas de la tarde y el 47.36% en horas de la mañana.

El valor máximo que reporto el sistema fue de $139.65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ el día 14 de mayo. (Véase Figura 8).

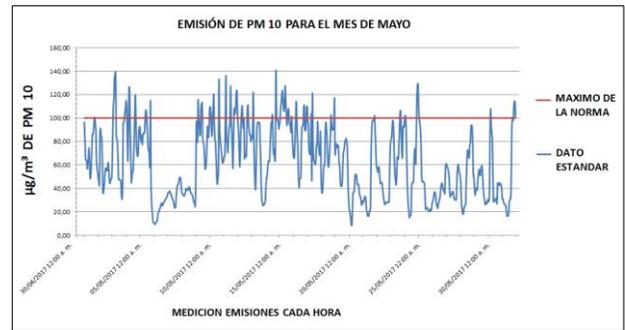


Figura 8. Comparativo emisiones cada hora durante el mes de en mayo con respecto a la normatividad legal vigente.

Fuente. El autor

4.2.6 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS MES DE JUNIO

En el análisis de la información que reporto la estación de monitoreo durante el mes de junio, se observa como primera medida que de los 30 días que tiene el mes, 8 de estos que corresponden al 26.66% de los días del mes se registran niveles superiores a las mediciones de PM 10 permisibles por la resolución 610 del 24 de Marzo De 2010, así como también se puede identificar que todas se generaron en horas de la tarde - noche entre las 3:00 pm y las 11:00 pm.

Se puede identificar que a pesar de que el 73.33% de las emisiones de los días del mes de junio se encuentra por debajo del límite máximo permitido por la norma sus valores se encuentran muy cerca de los $100.00 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de esta forma estos valores son significativos por las alteraciones que pueda generar en el organismo de la población del municipio de Nobsa. (Véase Figura 9).

El valor máximo que reporto el sistema fue de $159.09 \mu\text{g}/\text{m}^3$ el día 20 de Junio entre las 9:00 pm y las 10:00 am.

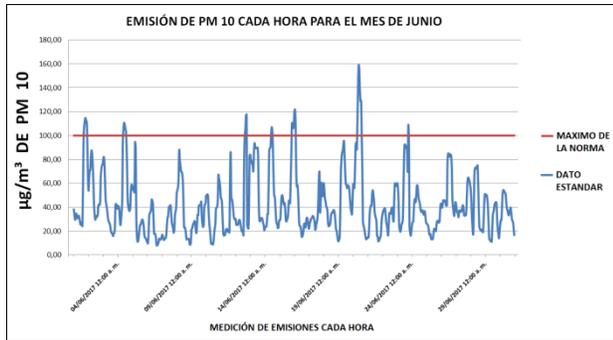


Figura 9. Comparativo emisiones cada hora durante el mes de en junio con respecto a la normatividad legal vigente.

Fuente. El autor

4.2 ANÁLISIS SEMESTRAL

Al realizar la comparación entre el promedio de las mediciones de emisiones de PM10 correspondientes a cada mes y los valores permisibles por la normatividad legal vigente de nuestro país y la establecida por la organización mundial de la salud, se observa que las cantidades de PM 10 que se encuentran distribuidas en el aire del municipio de Nobsa tienen valores que están dentro de los valores permitidos.

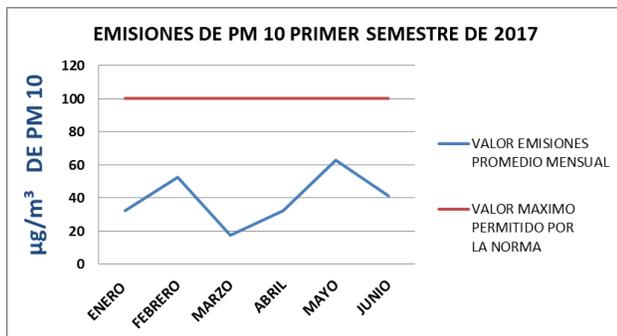


Figura 10. Comparativo emisiones cada hora durante el primer semestre del año 2017 con respecto a la normatividad legal vigente.

Fuente. El autor

También se debe tener claro que al ser un análisis con valores promedios de cada mes, los puntos críticos no son relevantes debido a que la cantidad de datos que manejaron y los

valores que se obtuvieron permiten que la curva de ponderación, relacione los picos máximos con los valores mínimos y genere una constante por ende los valores permisibles fueron mayores.

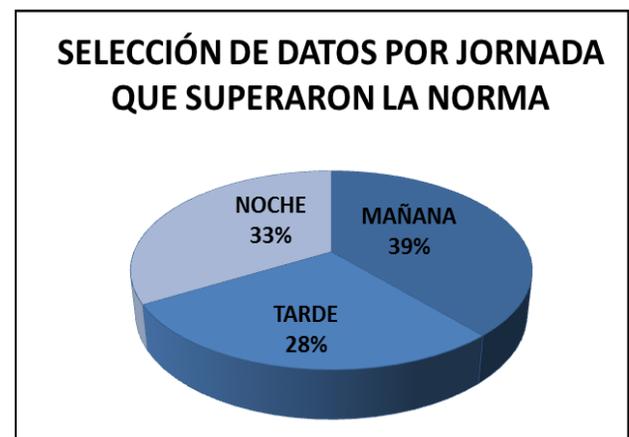
De la información que arroja la Figura 10. “Comparativo emisiones cada hora durante el primer semestre del año 2017 con respecto a la normatividad legal vigente” se puede inferir que entre más genérica sea la información menor certeza se tiene de la confiabilidad de los resultado obtenidos, pues a nivel general todos los meses de este semestre cumplen con la normatividad vigente.

Tabla 4. Cantidad de datos que superaron el requisito de la resolución 610 del 24 de Marzo de 2010 en cada mes seleccionados por hora del día.

MES	TOTAL DE EMISIONES SUPERIORES A LA NORMA	TOTAL DE EMISIONES MAÑANA	TOTAL DE EMISIONES TARDE	TOTAL DE EMISIONES NOCHE
ENERO	30	9	12	9
FEBRERO	40	14	11	15
MARZO	0	0	0	0
ABRIL	45	14	14	17
MAYO	86	43	14	29
JUNIO	30	9	14	7

Fuente. El autor

Figura 11. Selección de datos por jornada que superaron la norma y su valor correspondiente en porcentaje.



Fuente. El autor

5. CONCLUSIONES

Cuando se habla de la presencia de altos niveles de PM 10 (Material particulado) en la atmósfera del municipio de Nobsa, podemos relacionar estos índices con las enfermedades cardiorrespiratorias en la población, también el deterioro de la capa de ozono que se genera por el desequilibrio en los gases, polvo y humo que entran en la atmósfera a causa de los procesos industriales que se desarrollan aquí y que dan paso al calentamiento global, generando una de las principales amenazas ecológica a las que se enfrentan las generaciones presentes y futuras del municipio de Nobsa.

Una vez analizados los datos generados por la estación de monitoreo y comparados con los límites permisibles por la resolución 610 del 24 de Marzo de 2010, podemos resaltar que la hora menos apropiada para realizar actividades deportivas en el municipio de Nobsa es la horas de la mañana ya que se reportan los mayores índices de contaminación del aire, acelerando el deterioro en la salud de la población.

Es de resaltar que durante el análisis de la información suministrada por la corporación autónoma regional de Boyacá (Corpoboyaca) se encontró que el equipo no captura todos los datos correspondientes durante el transcurso del día, ya que este equipo debe almacenar diariamente 24 datos, uno por cada hora desde que inicia el y hasta que termina. De esta manera se presentan días en que la maquina no captura el total de datos diarios, así como también se observa que pasan días en que la maquina no captura ningún dato durante las 24 horas que tiene el día.

La implementación de nuevas tecnologías como son los equipos para el control de material particulado (PM 10) que son emitidas a la atmósfera, nos permiten identificar los riesgos a los que se enfrenta la población del municipio de Nobsa y poder desarrollar medidas de control y mitigación para mejorar la calidad del aire.

AGRADECIMIENTO

A Dios

Por su incansable compañía en cada momento difícil de este proyecto.

A mi tutor Felipe Riaño

Quiero agradecer su sabiduría, su tiempo y su apoyo, cada palabra que me transmito fue parte esencial en el desarrollo y culminación de este trabajo y de mi formación profesional.

A la Universidad Militar Nueva Granada

Por el voto de confianza y la oportunidad de formar parte de tan importante centro del conocimiento, a Facultad de ingeniería quiero agradecer por las herramientas que me entrega para construir un mejor país.

REFERENCIAS

IDEAM. (2014) .Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales. Bogotá Dc.: [http // http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/calidad-del-aire](http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/calidad-del-aire)

OMS, (2016) .Organización mundial de la salud. Washington, D.C. : [http // http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/](http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/)

High Tec, Enviromental Ltda. (2013) Estaciones de monitoreo para la calidad del aire. Bogotá DC. : [http // http://www.hteltda.com/index.php/control-y-gestion-del-riesgo2/2013-05-30-20-19-54](http://www.hteltda.com/index.php/control-y-gestion-del-riesgo2/2013-05-30-20-19-54)

Risctox. (2008-2010). Bases de datos de sustancias toxicas y peligrosas. España. : [http// http://risctox.istas.net/index.asp?idpagina=621](http://risctox.istas.net/index.asp?idpagina=621)

OPS, (2017). Organización panamericana de la salud. Washington, United States of America. : [http // http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=12918%3A2017-ambient-air-](http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=12918%3A2017-ambient-air-)

[pollution&catid=2619%3Aenvironmental-health&Itemid=42246&lang=es](http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=12918%3A2017-ambient-air-pollution&catid=2619%3Aenvironmental-health&Itemid=42246&lang=es)

IDEAM. (2014). Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales. Bogotá Dc .: [http //](http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=12918%3A2017-ambient-air-pollution&catid=2619%3Aenvironmental-health&Itemid=42246&lang=es)

http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=12918%3A2017-ambient-air-pollution&catid=2619%3Aenvironmental-health&Itemid=42246&lang=es

OPS, (2017). Organización panamericana de la salud. Washington, United States of America.: [http //](http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=12918%3A2017-ambient-air-pollution&catid=2619%3Aenvironmental-health&Itemid=42246&lang=es)

http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=12918%3A2017-ambient-air-pollution&catid=2619%3Aenvironmental-health&Itemid=42246&lang=es

Área metropolitana del valle de aburra. (2007) Procedimiento para la determinación de la concentración de partículas suspendidas menores a 10 micras en el aire ambiente por el metodo PM10. Medellin (antioquia). <http://www.metropol.gov.co/CalidadAire/isodocRedAire/Procedimiento%20determinacion%20concentracion%20PM10.pdf>

Resolución 610, Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, bogotá d.c., 24 de marzo de 2010. Recuperado de <http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/bf-Resoluci%C3%B3n%20610%20de%202010%20-%20Calidad%20de%20Aire.pdf>