



**UNIVERSIDAD CATOLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

Evaluación de los niveles de Material Particulado en el Aire de la ciudad de Caluma, Provincia de Bolívar, identificación de fuentes y solución a sus efectos ambientales.

AUTOR:

Guzmán Gomez, Freddy Fabricio

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO CIVIL**

TUTOR:

Ing. Vásconez Gavilanes, José Ernesto

Guayaquil, Ecuador

21 de Marzo del 2017



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Freddy Fabricio Guzmán Gomez**, como requerimiento para la obtención del Título de **Ingeniero Civil**.

TUTOR (A)

f. _____

Ing. José Ernesto, Vásconez Gavilanes

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____

Ing. Stefany Esther, Alcívar Bastidas

Guayaquil, a los 21 días del mes de Marzo del año 2017



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Freddy Fabricio, Guzmán Gomez**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación “EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE MATERIAL PARTICULADO EN EL AIRE DE LA CIUDAD DE CALUMA, PROVINCIA DE BOLIVAR, IDENTIFICACIÓN DE FUENTES Y SOLUCION A SUS EFECTOS AMBIENTALES”, previo a la obtención del Título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 21 días del mes de Marzo del año 2017

EL AUTOR

Freddy Fabricio, Guzmán Gomez



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

AUTORIZACIÓN

Yo, **Freddy Fabricio, Guzmán Gomez**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación "EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE MATERIAL PARTICULADO EN EL AIRE DE LA CIUDAD DE CALUMA, PROVINCIA DE BOLIVAR, IDENTIFICACIÓN DE FUENTES Y SOLUCION A SUS EFECTOS AMBIENTALES", cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 21 días del mes de Marzo del año 2017

EL AUTOR

f. _____

Freddy Fabricio, Guzmán Gomez

Urkund Analysis Result

Analysed Document: TRABAJO DE TRITULACION DE FREDDY GUZMAN.docx
(D26634761)
Submitted: 2017-03-21 16:41:00
Submitted By: claglas@hotmail.com
Significance: 5 %

Sources included in the report:

<http://www.ingproy.com/material-particulado-2/>
<http://www.zonahospitalaria.com/efectos-del-material-particulado-en-la-salud/>
<http://www.hteltda.com/index.php/productos/2013-05-30-21-54-05/material-particulado/item/113-cdem-1000>
<http://www.hteltda.com/index.php/productos/2013-05-30-21-54-05/material-particulado/item/118-evm3-4-7>
<http://www.murciasalud.es/pagina.php?id=244308&idsec=1573>
<http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsea/fulltext/contaminacion/contaminacion.pdf>

Instances where selected sources appear:

6

AGRADECIMIENTO:

Este trabajo fue culminado con éxito gracias a la bendición de dios, quien guía y fortalece mi conocimiento día tras día; agradezco a mis padres, quienes con su apoyo moral y económico hicieron posible la culminación del mismo; a mi tutor ing. José Vásconez, quien aportó con su conocimiento durante el periodo de este trabajo.

Por último y no menos importante, un eterno agradecimiento a esta prestigiosa universidad, la misma que cada año recibe a jóvenes y los prepara para un futuro profesional competitivo.

DEDICATORIA:

Dedico este trabajo a mis padres, Sonia y Fredy, quienes con su cariño me enseñaron el valor del trabajo, el respeto y responsabilidad; a mi hermano Christian, a mis tíos Marcelo y Stalin, a mi primo Víctor, quienes han estado apoyándome en esos momentos difíciles y con los que compartí muchas alegrías; de manera muy especial a mis abuelitos Wilson y Melida en quienes eh visto reflejado el amor y el trabajo.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

f. _____

Ing. José Ernesto Vásconez Gavilanes
TUTOR

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

Ing. Stefany Esther Alcívar Bastidas
DIRECTOR DE CARRERA

f. _____

Ing. Andrés Castro Beltrán
DOCENTE DE LA CARRERA

Ing. Melida Camacho Monar
OPONENTE

INDICE DE CONTENIDO

CAPITULO 1:	14
1. INTRODUCCION.....	14
1.1 Antecedentes	14
1.2 Descripción del problema:	14
1.3 Justificación del tema:	15
1.3.1. Punto de vista científico:	15
1.3.2. Punto de vista social:	15
1.4 Objetivos:	15
1.4.1 Objetivos Generales:.....	15
1.4.2. Objetivos Específicos:.....	15
1.5 Alcance:	15
1.6 Metodología:	16
CAPITULO 2:	17
2. MARCO TEORICO	17
2.1 Material Particulado	17
2.2 Clasificación del Material Particulado	17
2.3 PM10.....	18
2.4 PM2.5.....	18
2.5 Principales fuentes Generadoras de Material Particulado	18
2.6 Efectos que Provocan en la Salud el Material Particulado	18
2.7 Características del Cantón Caluma	19
CAPITULO 3:	21
3. MUESTREO	21
3.1 Selección de Ubicación de Muestreo	21
3.2 Selección de Equipo de Monitoreo y Tiempo de Ejecución.....	23
CAPITULO 4:	29
4. RESULTADOS.....	29
4.1 Presentación de Resultados	29

4.2 Análisis de Resultados.....	29
CONCLUSIONES.....	34
RECOMENDACIONES.....	35
BIBLIOGRAFIA.....	36
ANEXOS.....	37

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema comparativo de PM10 y PM2,5 con un cabello humano.....	17
Figura 2 Principales actividades de los habitantes del Cantón Caluma.....	19
Figura 3 Vista panorámica del Cantón Caluma	20
Figura 4 Estaciones de Muestreo.....	22
Figura 5 CDEM – 1000, medidor de material particulado.....	23
Figura 6 Nephelometer, medidor de material particulado	24
Figura 7 Dusk Trak II, medidor de material particulado	25
Figura 8 SidePak AM510, medidor de material particulado	26
Figura 9 EVM 3/4/7, medidor de material particulado	26
Figura 10 EPAM - 5000, medidor de material particulado	27

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resultados de las mediciones de PM10.....	29
Tabla 2 Resultados de las mediciones de PM2,5.	29
Tabla 3 Esquema comparativo de los resultados de PM10 vs el máximo permisible por el TULSMA.	30
Tabla 4 Esquema comparativo de los resultados de PM2,5 vs el máximo permisible por el TULSMA.	31

RESUMEN

El presente trabajo consiste en Evaluar los niveles de Material Particulado en el Aire de la ciudad de Caluma, Provincia de Bolívar, identificar las fuentes que lo generan y dar solución a sus efectos ambientales. Para lo cual se realizó una visita al sitio para identificar los puntos más representativos y por ende críticos de la ciudad, los cuales ameriten a ser analizados partiendo de una toma de muestras con un medidor de material particulado que en este caso se usó el EPAM-5000; se midió PM10 Y PM2,5.

Basándonos en la normativa ambiental vigente del Texto Único de Legislación Ambiental (TULSMA) comparamos los resultados obtenidos de las cinco diferentes muestras, que existe un exceso de PM2,5 en todas las estaciones de estudio logrando identificar las fuentes que lo generan, siendo estas las vías en mal estado y el parque automotor; llegando a recomendar que se tome medidas de mitigación frente a estos problemas ambientales.

ABSTRAC

This work is to assess the levels of particulate matter in the air of de city of Caluma province of Bolivar, identify sources that generate and provide solution to environmental effects, for which I was held a visit to the site to identify the most representative points and therefore the critical city, which merit to be analyzed der starting from sampling a meter particulate material in this case is the EPAM-5000; PM10 and PM2,5 it was measured.

Based on current environmental regulations in the single text of environmental legislation (TULSMA) compare the results of five different samples, there is an excess of PM2,5 in all seasons study succeeded in identifying the sources that generate, being these are going in a bad state and the vehicle fleet, reaching mitigation measures to be taken against these environmental problems.

Palabras Claves: Material Particulado, PM10, PM2.5, Cabecera Cantonal, Tránsito vehicular, calles adoquinadas, calles lastradas.

CAPITULO 1:

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La ciudad del Cantón Caluma cuenta con aproximadamente 25000 habitantes según el último censo del 2010, con un crecimiento del 1,2%; esta ciudad cuenta con una infraestructura vial adecuada (asfaltada, adoquinado) en un orden del 55% del total del área urbana, por lo que las partículas disueltas en el aire de las calles que no se encuentran pavimentadas generan malestar a sus habitantes.

En un inicio los seres humanos vivía en grupos pequeños, los cuales se movilizaban de un lugar a otro por lo que el daño ambiental era mínimo. Con el paso de los años se fue descubriendo varias herramientas de gran ayuda para el hombre como son: vehículos, fábricas, etc., los cuales generan altos niveles de contaminación al aire.

Debido a que no existen pruebas contundentes en las que el ser humano intervino por primera vez para generar material particulado a la atmósfera, pues esto nos lleva a suponer que fue cuando el hombre descubrió el fuego.

La contaminación del aire es un problema que se genera por la intervención del hombre así como también de la misma naturaleza.

Con el paso del tiempo se ha dado un mayor interés en la contaminación del aire debido a que los niveles de impurezas son más altos en las últimas décadas (material particulado, gases).

1.2 Descripción del problema:

La contaminación ambiental por material particulado en el Cantón Caluma es un inconveniente que no ha sido estudiado y su principal fuente generadora es la mala calidad vial (calles lastradas), ya que en esta ciudad no existen fábricas que puedan dar origen a este problema al ambiente y a los habitantes.

1.3 Justificación del tema:

1.3.1. Punto de vista científico:

Con el objetivo de determinar los niveles de material particulado que se generan en la ciudad del Cantón Caluma, las diversas fuentes que lo producen y el perjuicio del impacto ambiental que causa en los habitantes.

1.3.2. Punto de vista social:

Identificar desde el punto de vista ambiental el medio en que habitan los ciudadanos del Cantón Caluma basándose en un estudio de medición de material particulado (PM10, PM2.5) comparándolo con las normas permisibles establecidas en el Texto Unificado Legislación Secundaria Medio Ambiental (TULSMA) y poder identificar cuáles son las zonas donde se requiere mayor atención y dar solución al problema.

1.4 Objetivos:

1.4.1 Objetivos Generales:

Efectuar una investigación de los niveles de material particulado en el aire en la ciudad de Caluma, identificar orígenes de las emisiones de material particulado y formulación de soluciones para disminuir la concentración de las partículas en el aire.

1.4.2 Objetivos Específicos:

- ✓ Determinar el nivel de material particulado en el aire en la ciudad de Caluma, para poder entender la problemática que existe en la ciudadanía basándonos en resultados que arrojen los instrumentos de medición de material particulado.
- ✓ Entregar al municipio del Cantón Caluma el presente trabajo para que ellos puedan tomar las medidas correspondientes frente a la problemática que existe.

1.5 Alcance:

La investigación abarcará la ejecución de un plan de monitoreo en la ciudad de Caluma, dentro de sus límites urbanos.

Las estaciones para realizar las mediciones tendrán relación con el tamaño de urbe y la presencia de colinas o edificios altos dentro de la misma para tener resultados altamente representativos de la realidad en la ciudad de Caluma.

Se realizó las mediciones de material particulado en cinco estaciones en diversas ubicaciones que son representativas y abarcan el mayor espacio uniforme posible.

El propósito, una vez que se identificaron las fuentes de contaminación en capítulos subsiguientes se recomienda alternativas de solución que posibiliten mejorar la calidad del aire, respecto a los niveles de material particulado determinados.

1.6 Metodología:

La metodología a ser aplicada en el presente trabajo de titulación será la siguiente:

- ✓ Premisas o Hipótesis
- ✓ Universo y muestra
- ✓ Formulación del plan de monitoreo
- ✓ Ejecución del plan de monitoreo de material particulado en Caluma
- ✓ Identificación de las principales fuentes de emisión de material particulado
- ✓ Gestión de datos
- ✓ Comparación de resultados con los límites máximos permisibles establecidos en las normas ambientales vigentes.
- ✓ Propuesta de Conclusiones y Recomendaciones.

CAPITULO 2:

2 MARCO TEORICO

2.1 Material Particulado

Según el acuerdo ministerial 097-A del TULSMA en el anexo 4 del libro VI, el material particulado está definido como; "es todo material sólido o líquido en forma de partículas, con excepción del agua no combinada, presente en la atmósfera. Se designa como PM_{2,5} al material particulado cuyo diámetro aerodinámico es menor a 2,5 micrones. Se designa como PM₁₀ al material particulado de diámetro aerodinámico menor a 10 micrones" (TULSMA, 2015).

2.2 Clasificación del Material Particulado

Las partículas disueltas en el aire para ser clasificadas no dependen de la forma que tengan, ni si son sólidas o gotas líquidas, más bien depende de su tamaño, (TULSMA, 2003).

- ✓ PM₁₀; partículas menores a 10 micrones y mayores a 2,5 micrones
- ✓ PM_{2,5}; partículas menores a 2,5 micrones

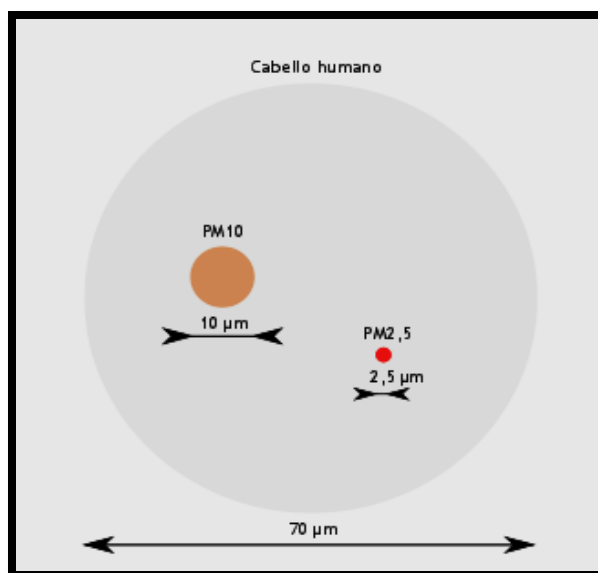


Figura 1 Esquema comparativo de PM₁₀ y PM_{2,5} con un cabello humano.

Fuente:

<https://es.wikipedia.org/wiki/PM10#/media/File:PM10cabellohumano.png>

2.3 PM10

Son partículas que se encuentran dispersas en la atmósfera como sólidas o líquidas; se transportan a través del viento, se generan por actividades humanas como el tráfico y/o actividades agrícolas, con cuyo diámetro de 2,5 a 10 micrones ($10\ \mu\text{m}$); por tal razón estas partículas podrían ingresar al sistema respiración provocando daños a la salud, (OPS, 2005).

2.4 PM2.5

Son partículas cuyo diámetro es menor a $2.5\ \mu\text{m}$, se encuentran suspendidas en el aire como sólidas o líquidas; sus principales fuentes generadoras y composición son similares a las partículas de PM10, (OPS, 2005).

2.5 Principales fuentes Generadoras de Material Particulado

La fuente web wikipedia.org; indica que las principales fuentes generadoras de PM10 y PM2.5 son las citadas a continuación:

- ✓ Fenómenos naturales
 - Incendios forestales
 - Emisiones volcánicas
- ✓ Actividades humanas
 - La contaminación generada por la combustión en los automóviles
 - Actividades industriales
 - Actividades productivas
 - Labores agrícolas o de construcción
 - Quema agrícola; (Wikipedia, 2016).

2.6 Efectos que Provocan en la Salud el Material Particulado

Según la web murciasalud.es; "La exposición crónica a las partículas aumenta el riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares y respiratorias, así como de cáncer de pulmón. La mortalidad en ciudades con niveles elevados de contaminación supera la registrada en ciudades más limpias del 15-20%" (Murcia Salud, 2013).

Según Jesús Miguel Santamaría menciona en su publicación en la web Zonahospitalaria.com; "Las partículas penetra en el organismo por las vías respiratorias. Las partículas de diámetro inferior a $10\ \mu\text{m}$ penetran más allá

de la laringe y alcanzan la región traqueo bronquial, y las partículas con diámetro inferior a 4 mg/m³ son capaces de acceder hasta los alvéolos pulmonares” (Santamaría, 2015).

2.7 Características del Cantón Caluma

Pertenece a la Provincia de Bolívar; se encuentra limitada por Urdaneta (Prov. Los Ríos), Echandia, Chimbo y Guaranda pertenecientes a la Provincia del mismo. Ocupa una superficie de 225 km². Es una zona muy rica en producción agrícola de productos subtropicales tales como la naranja, cacao, plátano entre otros. Según el censo de población y vivienda 2010 tiene una población de 25.000 habitantes con una tasa de crecimiento de 1.2%. Está situado aproximadamente a 250 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura promedio de 22°C, por lo que hace que sea un clima tropical (Caluma, 2014).

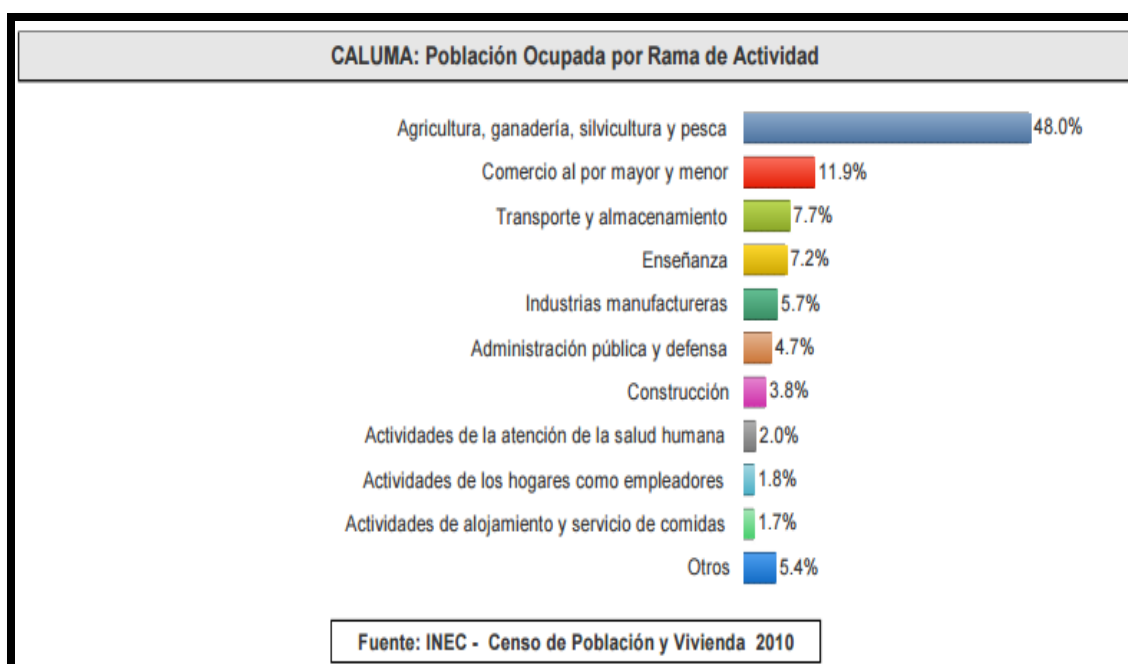


Figura 2 Principales actividades de los habitantes del Cantón Caluma.

Fuente: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/Portal%20SNI%202014/FICHAS%20F/0206_CALUMA_BOLIVAR.pdf



Figura 3 Vista panorámica del Cantón Caluma

CAPITULO 3:

3 MUESTREO

3.1 Selección de Ubicación de Muestreo

Basado en los sectores más poblados se optó por hacer un muestreo sectorizado y dentro de este se ubicó aleatoriamente un punto de medición.

El muestreo estratégico estuvo basado en la sectorización, donde el sector más transitado de la cabecera Cantonal es la parte céntrica del mismo y se tomó dos puntos de medición; y en los extremos a la parte céntrica se escogió tres puntos de muestreo adicionales. El muestreo con selección aleatoria simple se lo ubico dentro de los limites ya establecidos en el paso anterior basándonos también en los lugares donde puedan ocurrir mayor influencia del material Particulado.

Se realizó cinco estaciones de monitoreo dentro de la zona urbana del Cantón Caluma las cuales se menciona a continuación con su respectiva descripción del sitio:

- ✓ Estación 1.- Barrio el Despertar, entre la Calle Alfredo Arregui y Av. Galo Miño Jarrin; vía lastrada.
- ✓ Estación 2.- Barrio Los Rosales, entre Av. La Naranja y Calle Anarcaseles Camacho; vía adoquinada ligeramente degradada.
- ✓ Estación 3.- Barrio El Corazón, entre Av. La Naranja y Calle Charquiyacu; vía principal asfaltada con vías transversales lastradas.
- ✓ Estación 4.- Barrio Central, entre Av. Héroes del Cenepa y Av. Elías Fierro; vía adoquinada notablemente degradada.
- ✓ Estación 5.- Barrio Nueva Esperanza, Av. Vía Telimbela; vía adoquinada.

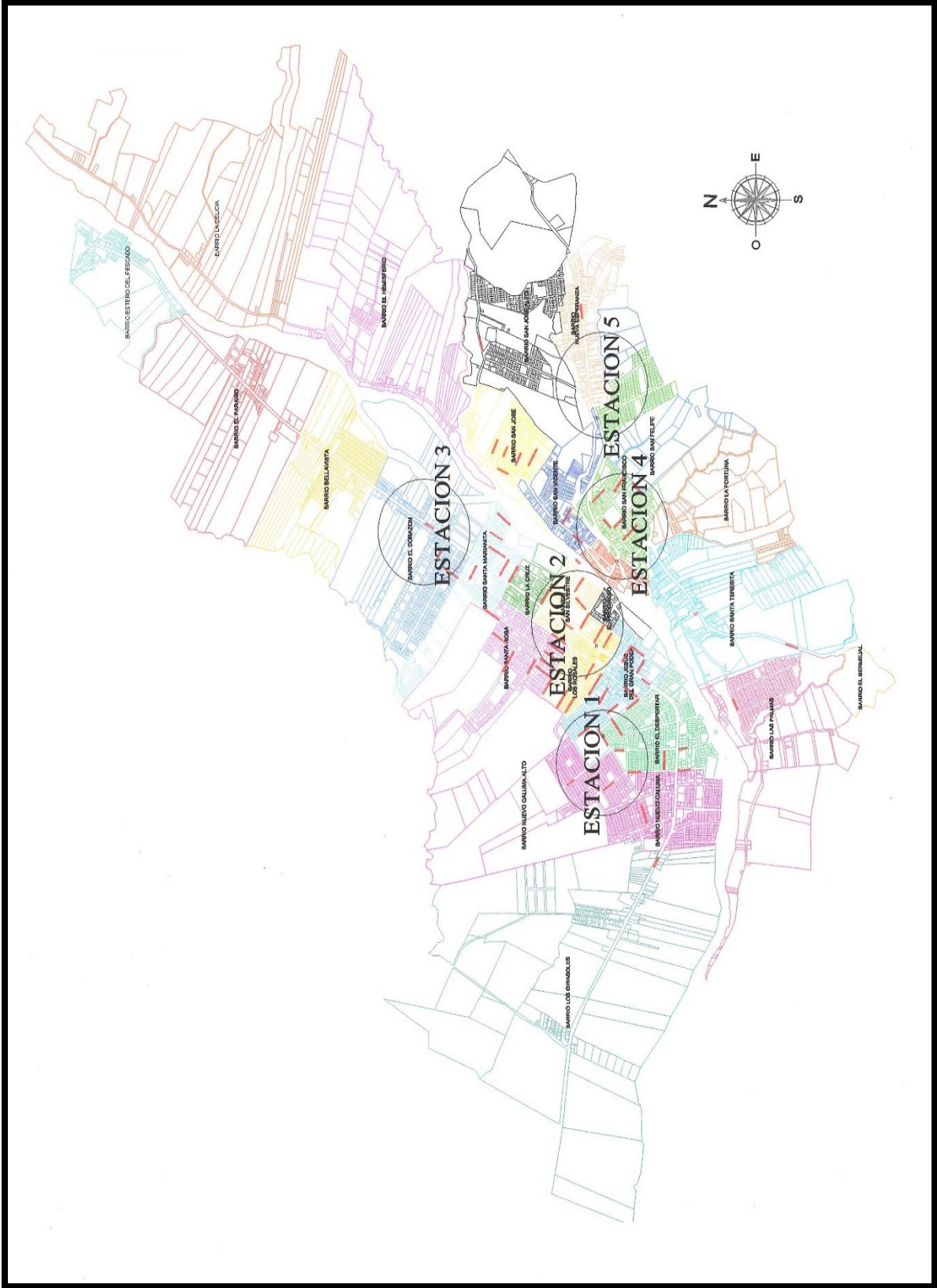


Figura 4 Estaciones de Muestreo.

3.2 Selección de Equipo de Monitoreo y Tiempo de Ejecución

Los equipos de medición de Material Particulado son instrumentos muy sensibles por lo que existe una alta gama de aparatos para poder elegir el que más se acople a nuestro trabajo a realizar, por lo que a continuación mencionare algunos de ellos como son: menciona la web hteltda.com;

✓ **CDEM – 1000**

Características: Marca Sensydine, Es un Monitor portátil de polvo de carbón explosivo, ideal para uso de operarios en las minas, este aparato distingue entre el polvo de carbón más oscuro y el polvo de roca inerte más traslucido, tiene una pantalla LCD en la que muestra los datos en tiempo real, con un rango de 70-100% de polvo de roca, operación mediante batería de 9 voltios (High Tec Environmental, 2013).



Figura 5 CDEM – 1000, medidor de material particulado

Fuente: www.hteltda.com. 2013

✓ **Nephelometer**

Características: Marca Sensydine, con un monitor portátil de medición de material particulado, es fácil de manipular debido a que es muy elemental ya que tiene dos botones con una pantalla táctil, mide las concentraciones de material particulado por medio del principio de fotometría laser, tiene una capacidad para medir de 1-10000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, se puede efectuar monitoreos

continuos de hasta 4000 puntos, baterías recargables de Ion Litio con carga de 3 horas lo cual dura aproximadamente para 12 horas de monitoreo continuo (High Tec Environmental, 2013).



Figura 6 Nephelometer, medidor de material particulado

Fuente: www.hteltda.com, 2013

✓ **Dusk Trak II**

Características: Marca TSI, es un Monitor que mide Material Particulado, es fácil de operar debido a que consta con un solo botón y una pantalla táctil, puede registrar hasta 60000 toma de datos a un minuto por muestra durante 45 días, se puede programar el tiempo de intervalo de toma de muestras, etc.; es ideal para Estudios de calidad de aire, higiene industrial y ocupacional, el rango de medición de 0.1-10 micrómetros por lo que le hace ideal para impactadores de tamaño de fracción PM1, PM2.5, PM4 y PM10, (High Tec Environmental, 2013).



Figura 7 Dusk Trak II, medidor de material particulado

Fuente: www.hteltda.com, 2013

✓ **SidePak AM510**

Características: Marca TSI, es un monitor que mide material particulado, es fácil de manipular debido a su puntual sistema operativo y es portátil, este instrumento es ideal para realizar estudios de Seguridad Industrial, Higiene y Salud ocupacional, Monitoreo de área de respiración de los trabajadores, muestreo ambiental, monitoreos de ambiente, Rango de concentración 0.001-20 mg/m³, con rango de tamaño 0.1-10 micrómetros, Pantalla LCD con muestra de información y tiempo de operación restante, tiene funciones estadísticas como máximo, mínimo, promedio, tiempo de muestreo, los Impactadores que determina son PM₁, PM_{2.5}, PM₁₀, con una capacidad datalogger avanzada para registro de datos hasta de 31000 puntos, en intervalo de registro programable de 1 segundo a una hora, está formado de 4 botones por lo que le hace de fácil manejo (High Tec Environmental, 2013).

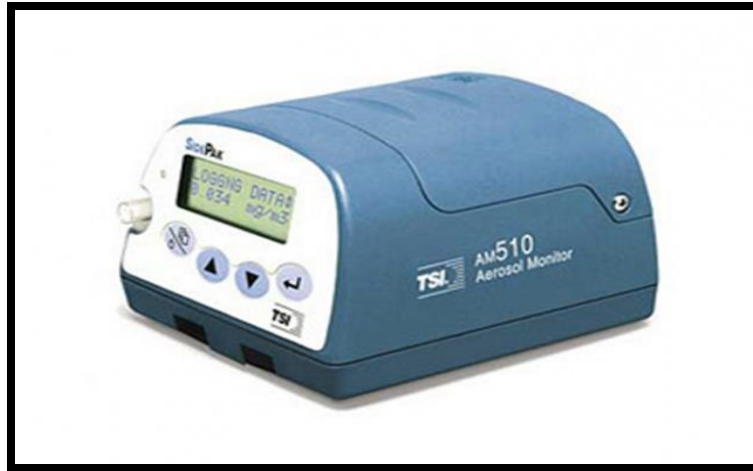


Figura 8 SidePak AM510, medidor de material particulado

Fuente: www.hteltda.com, 2013

✓ **EVM 3/4/7**

Características: Marca Quest – 3M, es un monitor de material particulado, es fácil de manipularlo, liviano, portátil, es ideal para estudios de calidad de aire, Seguridad e Higiene Industrial, Salud ocupación, entre otros, tiene la particularidad que no solo mide material particulado, sino que también se puede realizar trabajos como Gases tóxicos, Vapores orgánicos y Temperatura dependiendo del modelo, se manipula con una fácil Selección de fracción de tamaño solo girando el impactador para escoger entre PM2.5, PM4, PM10, (High Tec Environmental, 2013).



Figura 9 EVM 3/4/7, medidor de material particulado

Fuente: www.hteltda.com, 2013

✓ **EPAM-5000**

Características: Marca Haz Dust, es un monitor específicamente diseñado para medir material particulado, mide según criterios EPA PM10, PM2,5 y PM1, lo cual se logra con tan solo cambiar la cabeza de fracciones, este es fácil de operar y transportar, con un rango de 0,001 a 20 mg/m³ para partículas de 0,1 a 100 µm, este instrumento no mide ninguna otra clase de material disperso en el ambiente sino más bien es estrictamente diseñado para PM10, PM2,5 y PM1; no mide ni PM4, para la extracción de datos de lo realiza mediante un Software DustComm (Vertex Technics, 2015).



Figura 10 EPAM - 5000, medidor de material particulado

Fuente: www.portal.vertex.es, 2015

Para la toma de muestras se utilizó el medidor EPAM-5000 (fig. 10), el cual fue el que mejor se acoplo para nuestro objetivo de trabajo que es de medir partículas de PM10 y PM2.5 con un tiempo de medición de 1 hora cada PM; cabe recalcar que este instrumento mide el material particulado hasta por 24 horas continuas.

El tiempo de ejecución de cada PM fue de una hora para las diferentes estaciones de estudio.

Este instrumento no mide simultáneamente el PM10 y PM2,5, por lo que en cada estación se tomó muestras de una hora para cada PM; esto conlleva a que no podamos comparar los resultados de una estación (PM10 y PM2,5) ya que son muestras tomadas en diferentes tiempos.

CAPITULO 4:

4 RESULTADOS

4.1 Presentación de Resultados

Las mediciones realizadas fueron de PM10 y PM2.5, los datos obtenidos son los siguientes:

MATERIAL PARTICULADO PM10					
ESTACION	UBICACIÓN	MAX (mg/m3)	MIN (mg/m3)	PROM (mg/m3)	OBSERVACION
1		109	12	29	Calle Lastrada y poco transitada (Anex. 1)
2		119	0	23	Calle adoquinada y principal (Anex. 2)
3		137	0	23	Calle asfaltada y principal (Anex. 3)
4		230	0	103	Calle adoquinada y principal (Anex. 4)
5		270	1	33	Calle adoquinada y poco transitada (Anex. 5)

Tabla 1 Resultados de las mediciones de PM10.

MATERIAL PARTICULADO PM2.5					
ESTACION	UBICACIÓN	MAX (mg/m3)	MIN (mg/m3)	PROM (mg/m3)	OBSERVACION
1		195	11	54	Calle Lastrada y poco transitada (Anex. 6)
2		104	0	30	Calle adoquinada y principal (Anex. 7)
3		99	0	24	Calle asfaltada y principal (Anex. 8)
4		128	0	34	Calle adoquinada y principal (Anex. 9)
5		270	1	31	Calle adoquinada y poco transitada (Anex. 10)

Tabla 2 Resultados de las mediciones de PM2,5.

4.2 Análisis de Resultados

Según el acuerdo ministerial 097-A del TULSMA en el anexo 4 del libro VI; "Material particulado menor a 10 micrones (PM10).- El promedio aritmético de la concentración de PM10 de todas las muestras en un año no deberá exceder de cincuenta microgramos por metro cúbico. El promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas, no deberá exceder de cien microgramos por metro cubico.", (TULSMA, 2015).

Según el acuerdo ministerial 097-A del TULSMA en el anexo 4 del libro VI; "Material particulado menor a 2,5 micrones (PM2,5).- El promedio aritmético de la concentración de PM2,5 de todas las muestras en un año no deberá exceder

de quince microgramos por metro cúbico. El promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas, no deberá exceder de cincuenta microgramos por metro cubico.", (TULSMA, 2015).

Los resultados obtenidos atravez el medidor EPAM-5000 son comparados con la norma del TULSMA tanto para el PM10 y PM2,5, para la cual la norma nos muestra dos valores con los que podemos comparar que es para muestras de 24 horas y para un valor anual; las muestras fueron realizadas una hora por lo que el análisis será con respecto al valor anual, por lo que se interpreta que los valores obtenidos no deberán exceder del valor que nos indica la norma de calidad ambiental.

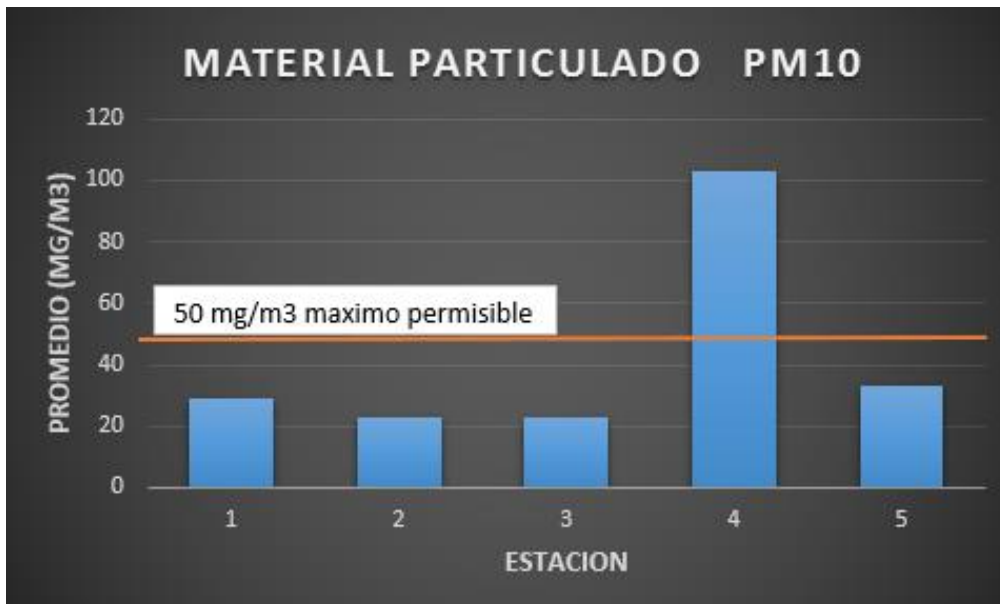


Tabla 3 Esquema comparativo de los resultados de PM10 vs el máximo permisible por el TULSMA.

La grafica de Material Particulado PM10 nos muestra que los valores promedios de las estaciones 1, 2, 3 y 5 no exceden el límite máximo permisible (50mg/m3) por la norma de calidad ambiental del libro TULSMA, pero a diferencia del valor promedio obtenido en la estación 4 nos indica lo contrario, esto se debe a que en el área de monitoreo existe un constante movimiento vehicular ya que se encuentra una intersección tipo T con calles adoquinadas bastante degradadas y a unos 100m está el único puente que conecta al

Cantón, este a su vez se dividido en Caluma Viejo y Caluma Nuevo; para salir de la ciudad los vehículos deben pasar por esta sitio de monitoreo, lo cual hace que este punto sea el más importante para la medición de material particulado en el Cantón, no obstante en el tiempo en que fue monitoreado esta estación hubo fuertes corrientes de vientos las cuales se debían a que se aproximaba una tormenta de lluvia de un lapso de 20 minutos. Por dichas razones se puede justificar el exceso de PM10 en dicho punto de monitoreo.

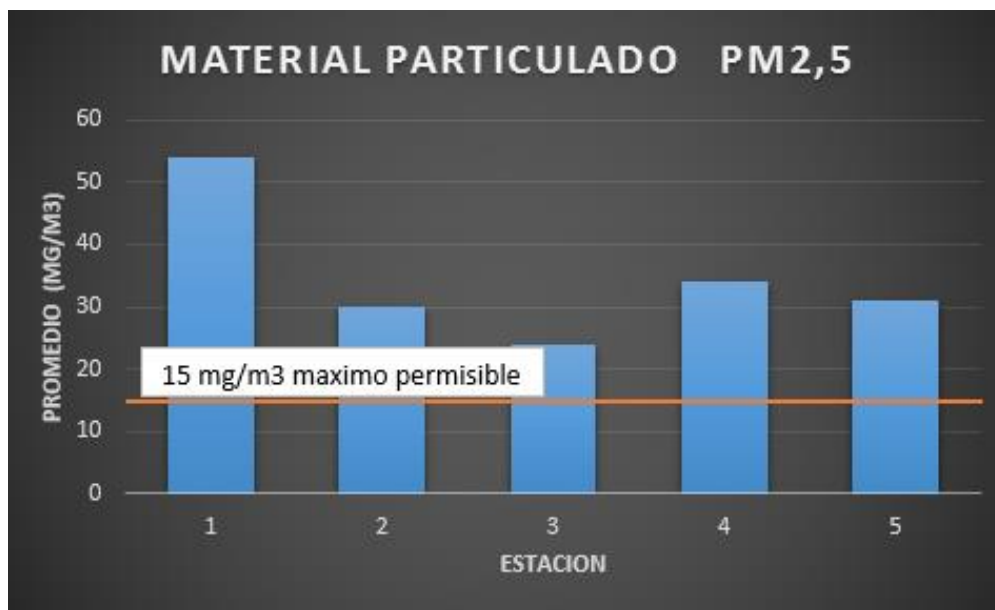


Tabla 4 Esquema comparativo de los resultados de PM2,5 vs el máximo permisible por el TULSMA.

La grafica nos muestra los resultados promedios de una hora de monitoreo de Material Particulado PM2,5 en las distintas estaciones con relación al valor máximo permisible (15mg/m3) dada por la norma de calidad ambiental del libro TULSMA; para lo cual se observa que todos los valores exceden la norma, por los que a continuación se describirá algunos factores que hacen que se de este incremento de PM2,5 sobre al máximo permisible:

- ✓ La Estación 1 tiene el valor más alto de material particulado inferior a 2,5 mg/m3, la explicación para esto se debe a que en la zona de monitoreo se encuentran calles lastrada (lastre de rio mezclado con cascajo) por lo que con las corrientes de los viento y el paso de los vehículos hacen que

este material particulado (polvo) se levante formando un ambiente dañino para el ser humano. Incluso durante el monitoreo se pudo visualizar que en el momento que pasaban los vehículos se generaba una nube de polvo.

- ✓ La Estación 2 se produjo un exceso de PM_{2,5} del doble de lo que la norma ambiental estipula en su libro del TULSMA; este punto fue monitoreado en la zona central del Cantón (Av. De la Naranja), en la cual existe un constante tránsito vehicular y peatonal, por lo que la explicación para este exceso de material particulado se debe a los motores en mal estado que hacen que produzca una incorrecta quema de combustible expulsándolo al ambiente y también hay que tener en cuenta que el material que conforman las calles en esa zona (adoquín ligeramente degradado). En este punto de monitoreo se observó en el análisis que no tenía problemas con el PM₁₀ ya que estas son partículas más pesadas por lo que hace que no puedan permanecer por mucho tiempo en el aire y se registren más datos, dando un mayor valor promedio durante la hora de monitoreo, a diferencia del PM_{2,5} que sus partículas quedan suspendidas en el aire por más tiempo.
- ✓ La Estación 3 es la que genero menos PM_{2,5} con respecto a los demás puntos; esto se puede explicar que es una zona menos transitada y con una mejor calidad vial (adoquín en buen estado), el exceso de material particulado menor a 2,5 mg/m³ se debe a los motores en mal estado que conllevan a una mala quema de combustible expulsando humo al ambiente.
- ✓ La Estación 4 es un caso similar a lo ocurrido en la Estación 2, ya que es una zona de mucha transcurencia vehicular en la que a unos 100m de lo que estaba ubicado el instrumento de medición de material particulado se encuentra el único puente que conecta al Cantón eh incluso a unos 800m mas adelante esta la vía para salir o ingresar a la ciudad, la por dicha razón los automotores se ven obligados a pasar por este punto estratégico de análisis. La explicación para este excedente de PM_{2,5} sobre la norma ambiental se debe al mal estado de la calle (adoquín en estado de degradación), las corrientes de viento por la presencia del rio

- a pocos metros y el tránsito vehicular acompañado de una incorrecta quema de combustible por el mal estado que se encuentran los motores.
- ✓ La Estación 5 también se produjo un exceso de material particulado inferior a 2,5 mg/m³, dando un análisis a este excedente se puede interpretar que es por la mala infraestructura vial (adoquín en pésimo estado) que se encuentra en la zona generando una leve nube de polvo haciéndose visible al momento de transitar los automotores, y ah esto se le agrega la mala quema de combustible de los motores.

CONCLUSIONES

Después de haber realizado el muestreo en diversos puntos de la ciudad y con un previo análisis e interpretación de resultados se pudo llegar a concluir lo siguiente:

1. El Cantón Caluma se ve afectado por una contaminación de material particulado, especialmente de partículas inferiores a $2,5 \text{ mg/m}^3$ que son las que podrían atravesar el torrente sanguíneo provocando severos daños en la salud de los habitantes.
2. En el Barrio Central de Caluma Viejo se produjo un exceso de PM_{10} debido al alto tránsito vehicular y la calle en mal estado.
3. Los puntos de análisis fueron representativos debido a que son los más críticos y con mayor densidad poblacional del Cantón.
4. Las vías en mal estado (lastradas, adoquinadas) es el principal generador de material particulado menor a 10 mg/m^3 y $2,5 \text{ mg/m}^3$.
5. La fuente humorigena del parque automotor genera contaminación debido a que tiene media o vieja edad.
6. Los combustibles son de mala calidad por lo que genera material particulado, el cual es expulsado al ambiente a través del tubo de escape de los vehículos.

RECOMENDACIONES

1. Realizar pruebas de emisión de material particulado a los vehículos que transiten en el Cantón Caluma, entregándoles un permiso de circulación aquellos automóviles que no excedan el límite permisible establecido en el acuerdo ministerial 097-A del libro VI del TULSMA.
2. Mejorar la calidad de los combustibles para que no se degraden los motores y a su vez disminuir la contaminación ambiental por la emisión de material particulado de los vehículos. Debido a que estudios realizados han demostrado que los combustibles y en especial el diésel son de mala calidad, provocando una contaminación al aire siendo estos expulsados al ambiente en forma de humo a través del tubo de escape de los automóviles.
3. Mejorar la calidad vial, principalmente en las zonas con mayor densidad poblacional para así evitar que se produzca material particulado (polvo) en las calles; esta mejora vial se recomienda que se coloque una carpeta asfáltica ya que las vías con este material generan un bajo PM a diferencia si se coloca adoquín que entre las juntas son selladas con partículas finas de arena y con el paso vehicular (fricción de las llantas sobre las partículas) se hacen más pequeñas y volátiles por lo que da origen a un PM un poco más alto que el caso del asfalto.

BIBLIOGRAFIA

Wikipedia. (29 de Septiembre de 2016). *Wikipedia*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/PM10>

Jesús Miguel Santamaría (2015). Zona Hospitalaria. Recuperado de: <http://www.zonahospitalaria.com/efectos-del-material-particulado-en-la-salud/>

Caluma (2014). *Caluma.gob*. Obtenido de: <https://www.caluma.gob.ec/index.php/caluma>

High Tec Environmental. (21 de Marzo del 2013). Hteltda. Obtenido de: <http://www.hteltda.com/index.php/productos/2013-05-30-21-54-05/material-particulado/item/113-cdem-1000>

High Tec Environmental. (21 de Marzo del 2013). Hteltda. Obtenido de: http://www.hteltda.com/index.php/productos/2013-05-30-21-54-05/material-particulado/item/115-dusttrak_ii

High Tec Environmental. (21 de Marzo del 2013). Hteltda. Obtenido de: <http://www.hteltda.com/index.php/productos/2013-05-30-21-54-05/material-particulado/item/114-nephelometer>

High Tec Environmental. (21 de Marzo del 2013). Hteltda. Obtenido de: <http://www.hteltda.com/index.php/productos/2013-05-30-21-54-05/material-particulado/item/118-evm3-4-7>

Vertex Technics. (20 de Febrero del 2015). Portal.vertex. Obtenido de: http://portal.vertex.es/es/open/1446823953.9ac329cb7d7f12461ce767dbaea862.pdf/C_VERTEX_Higiene+Industrial_v12_1015_LR.pdf

Acuerdo Ministerial 097-A TULSMA (2015). Anexo 4 del Libro VI del Texto Unificado de legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Norma de calidad del aire o nivel de inmisión.

OPS, Organización Panamericana de la Salud (2005). Libro Evaluación de los Efectos de Contaminación del aire en la Salud de América Latina y el Caribe. Obtenido de: <http://www.bvsde.opsoms.org/bvsea/fulltext/contaminacion/contaminacion.pdf>

MS, Murcia Salud (2010). Contaminación del Aire Ambiente. Obtenido de: <http://www.murciasalud.es/pagina.php?id=244308&idsec=1573>

ANEXOS

Anexo 1. – Resultados del Muestreo en los cinco puntos de estudio

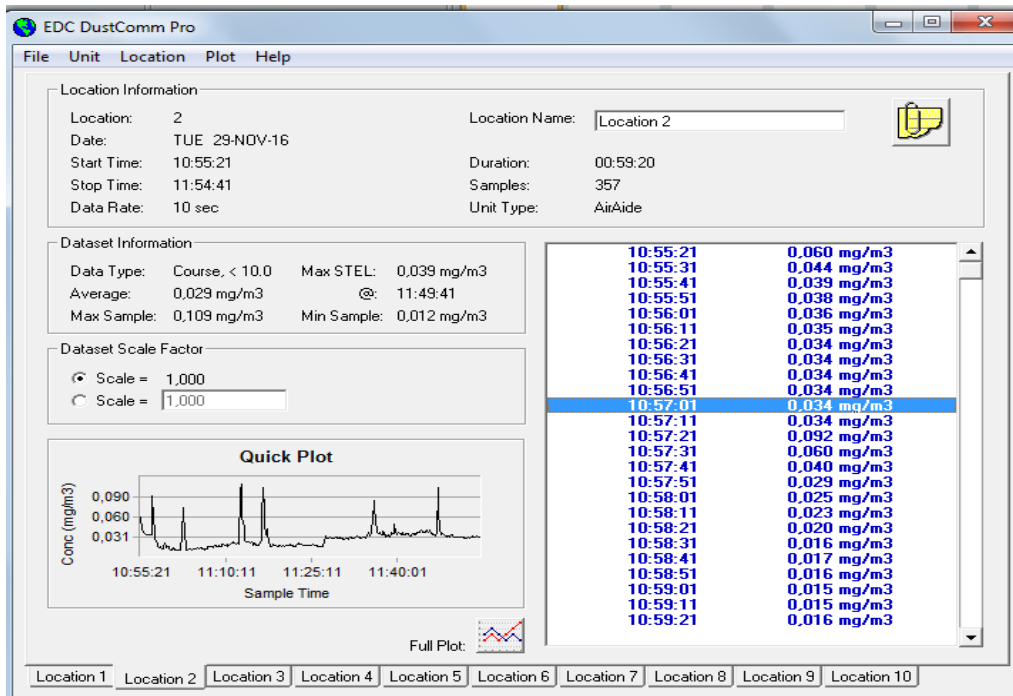


Tabla 1. Resultados de PM10 en la Estación 1.

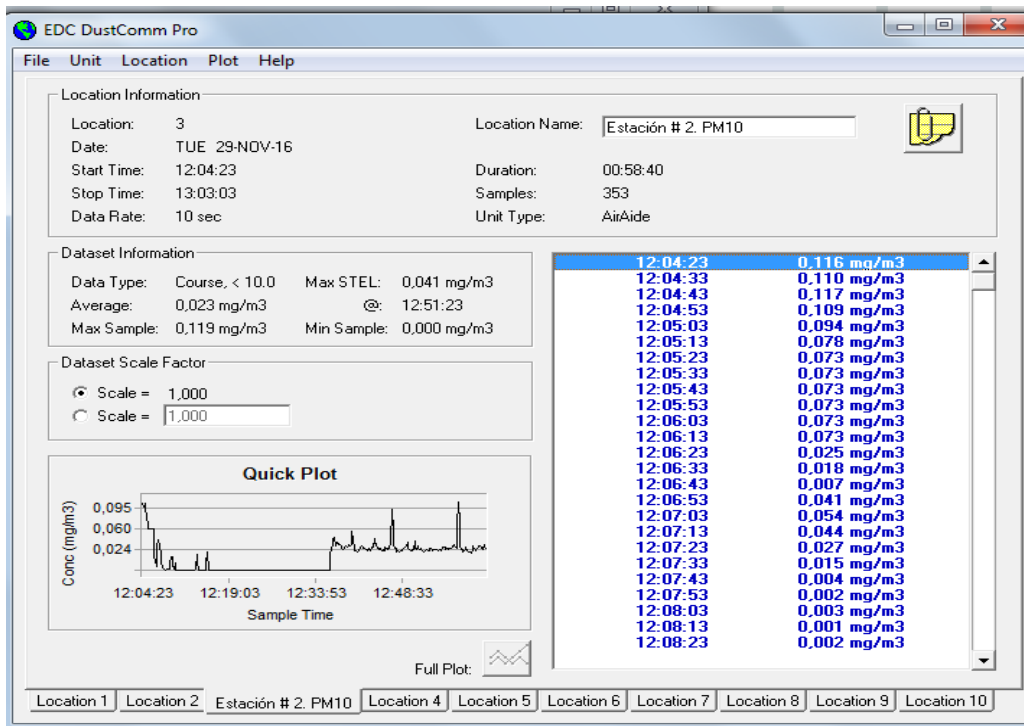


Tabla 2. Resultados de PM10 en la Estación 2.

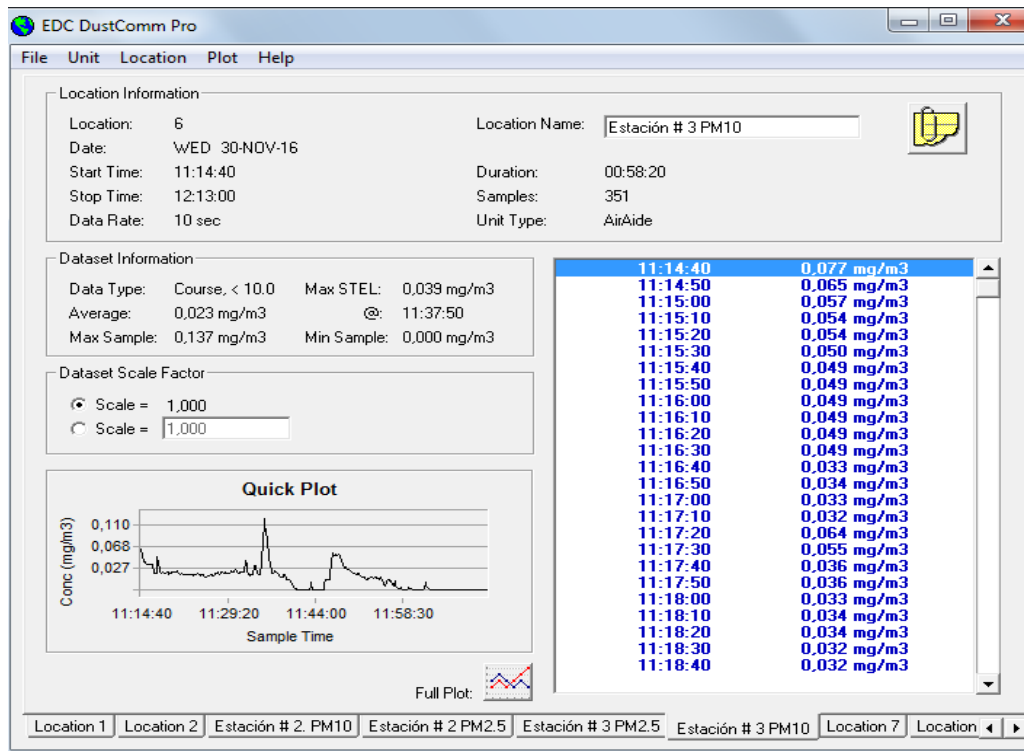


Tabla 3. Resultados de PM10 en la Estación 3.

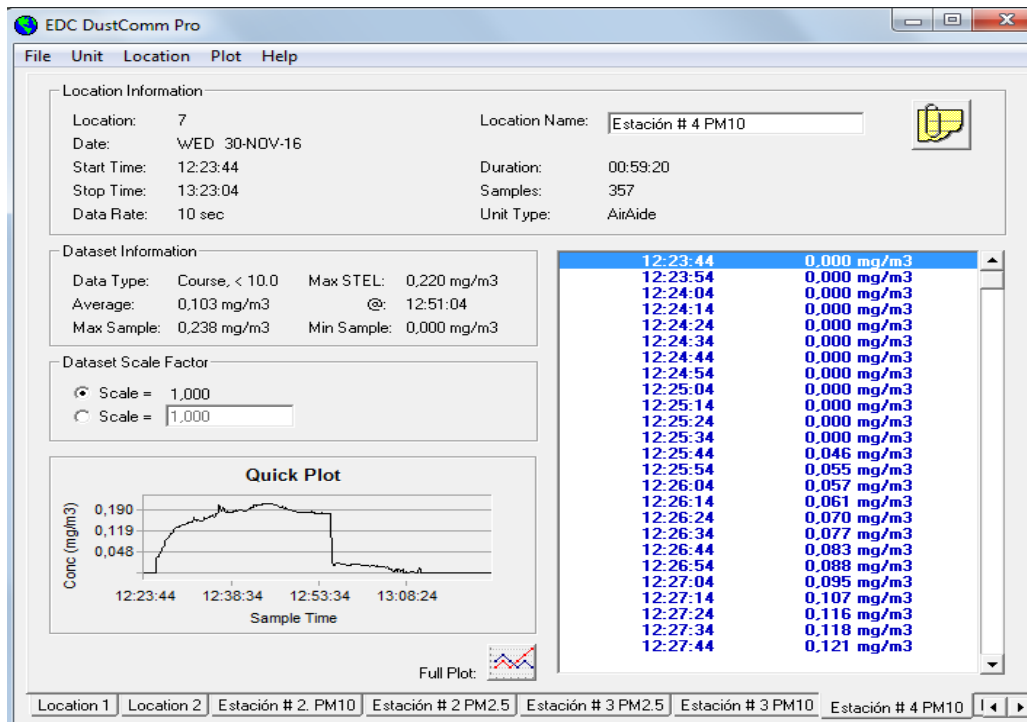


Tabla 4. Resultados de PM10 en la Estación 4.

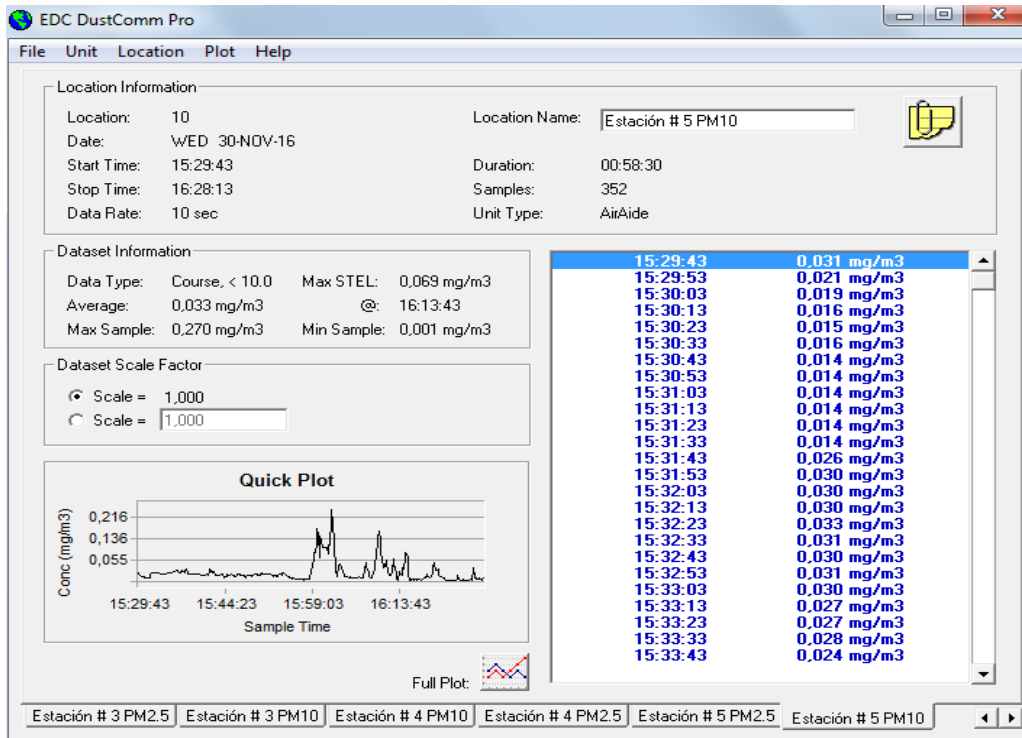


Tabla 5. Resultados de PM10 en la Estación 5.

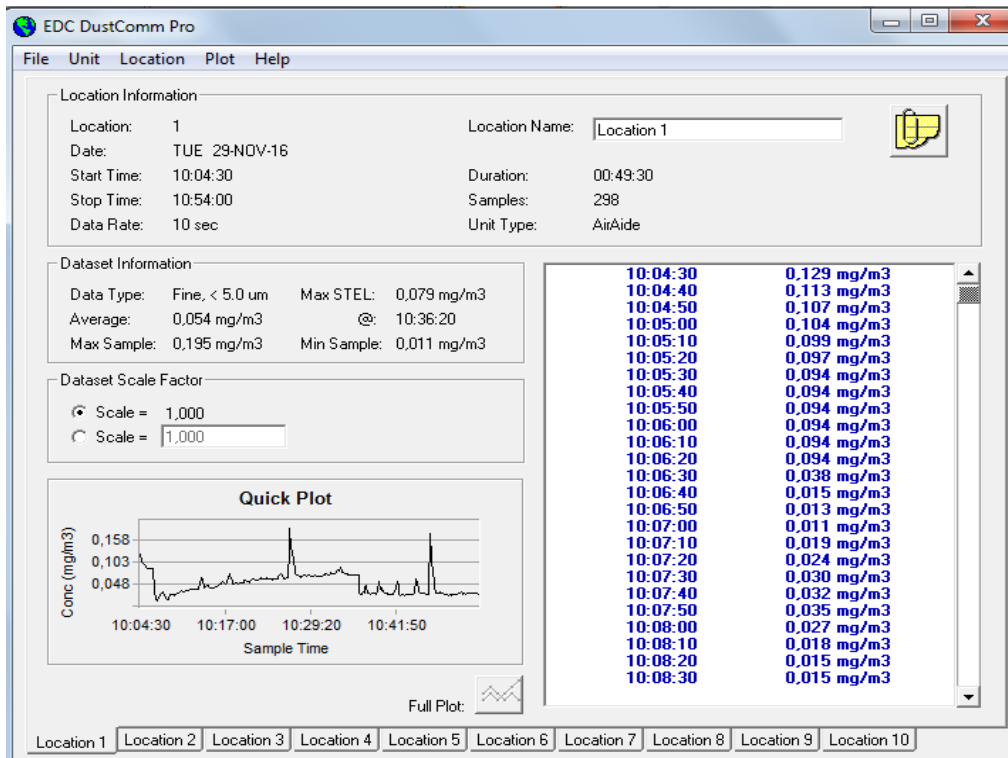


Tabla 6. Resultados de PM2,5 en la Estación 1.

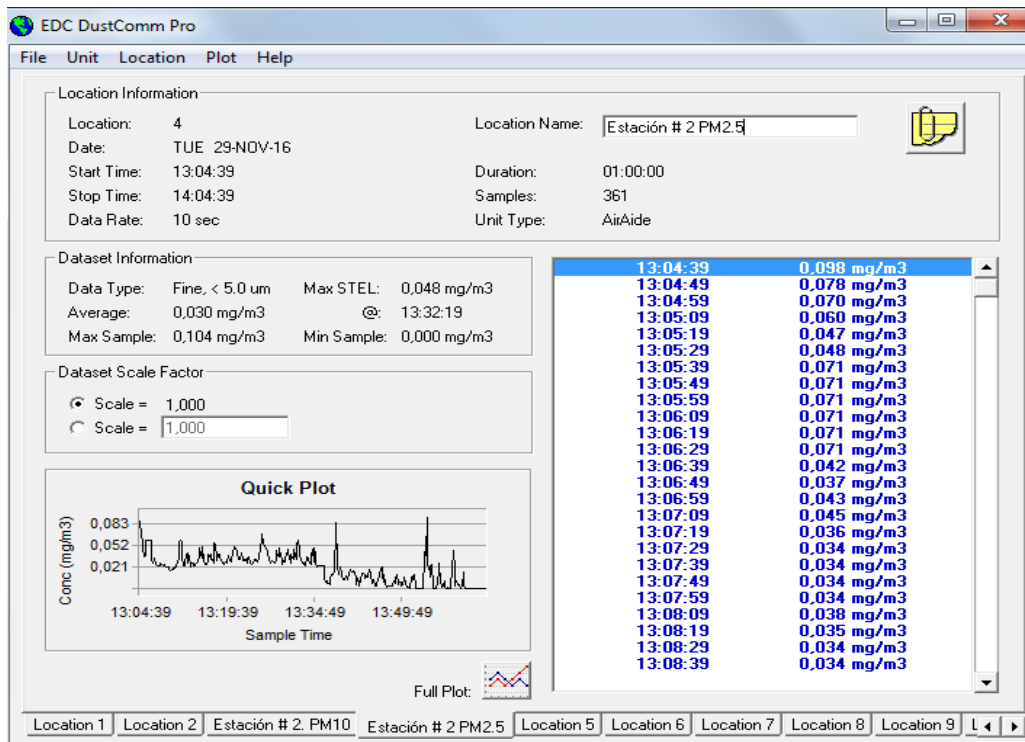


Tabla 7. Resultados de PM2,5 en la Estación 2.

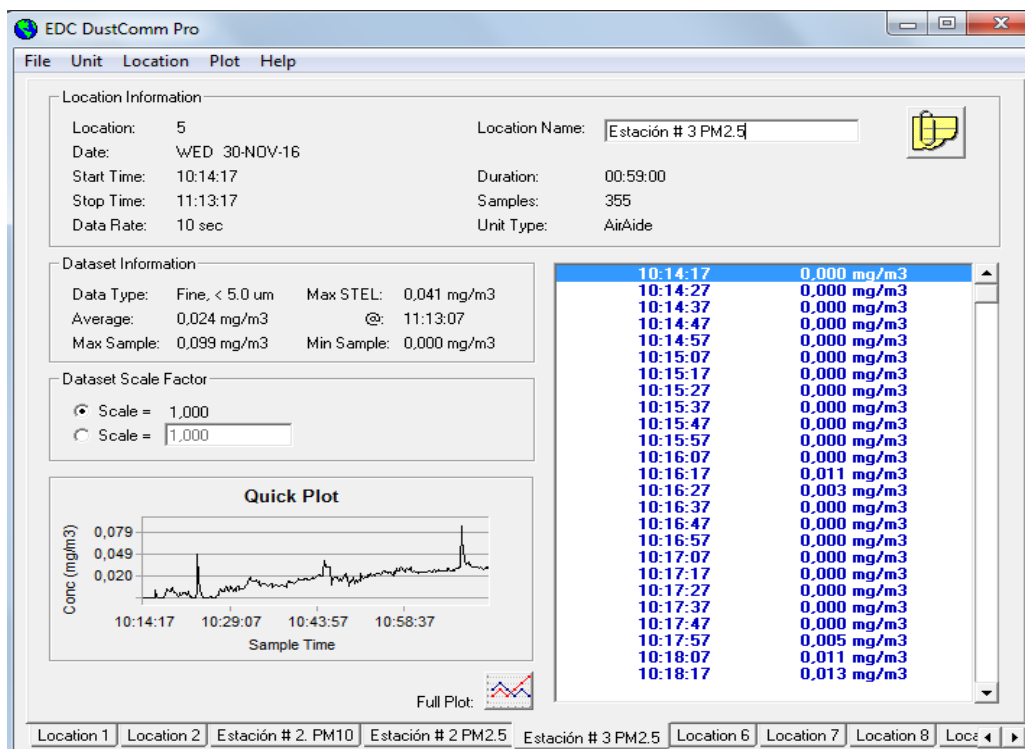


Tabla 8. Resultados de PM2,5 en la Estación 3.

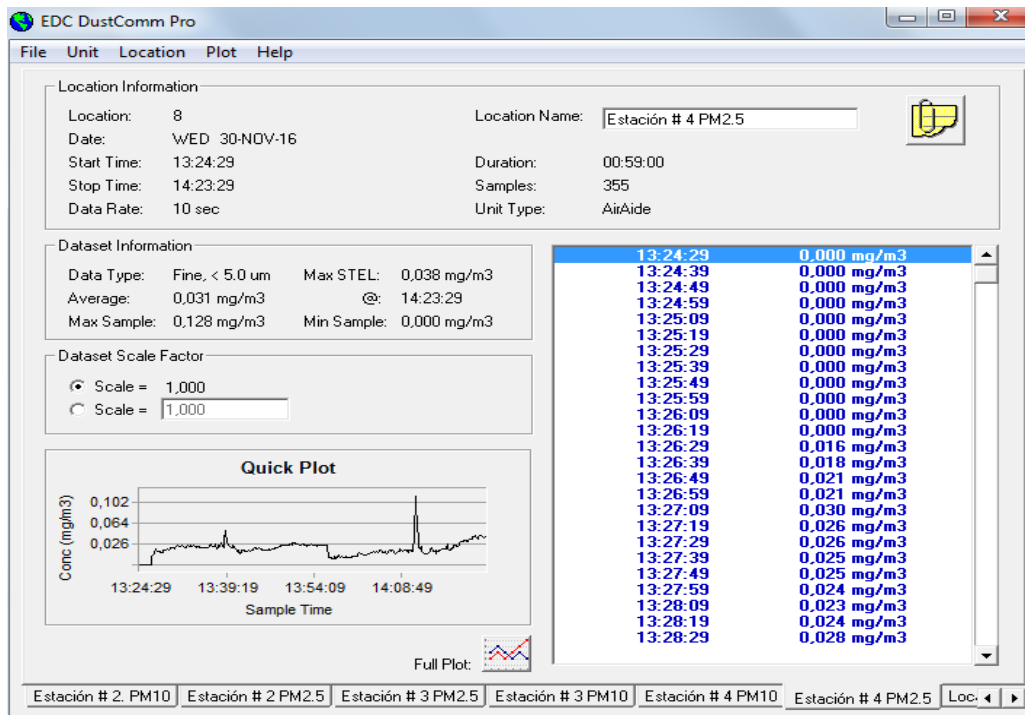


Tabla 9. Resultados de PM2,5 en la Estación 4.

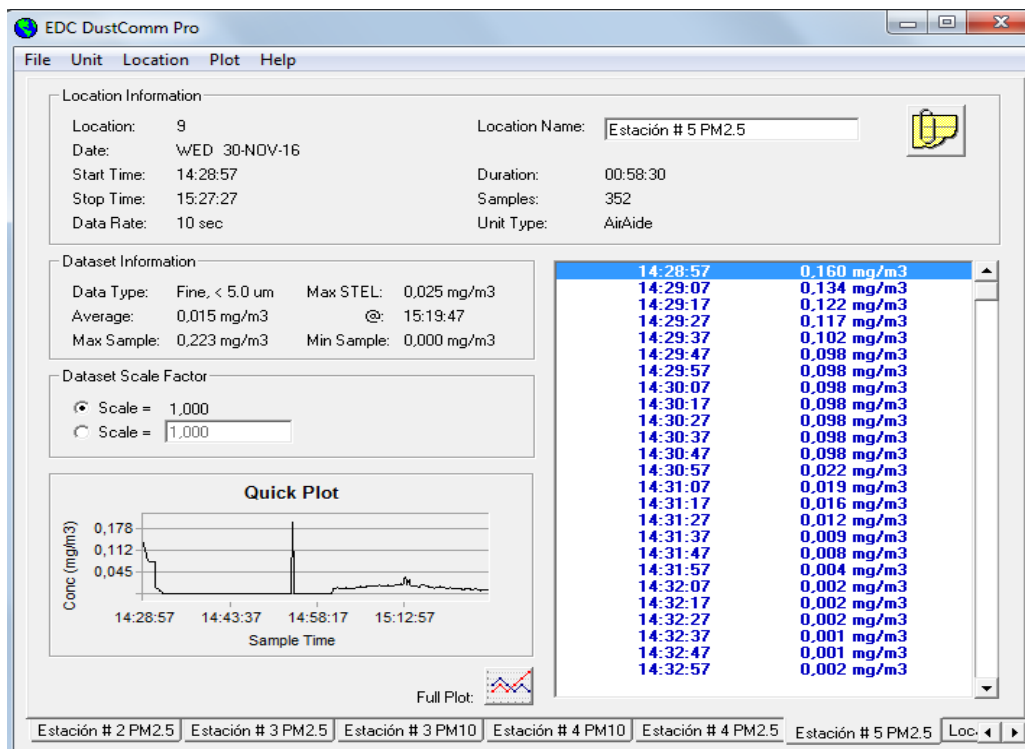


Tabla 10. Resultados de PM2,5 en la Estación 5.

Anexo 2.- Registro fotográfico



Foto 1. Estación de Muestreo 1



Foto 2. Estación de Muestreo 1



Foto 3. Estación de Muestreo 2



Anexo 4. Estación de Muestreo 2



Foto 15. Estación de Muestreo 3



Foto 6. Estación de Muestreo 4



Foto 7. Estación de Muestreo 4



Foto 8. Estación de Muestreo 5

Anexo 3.- Certificado de Calibración de Equipos.

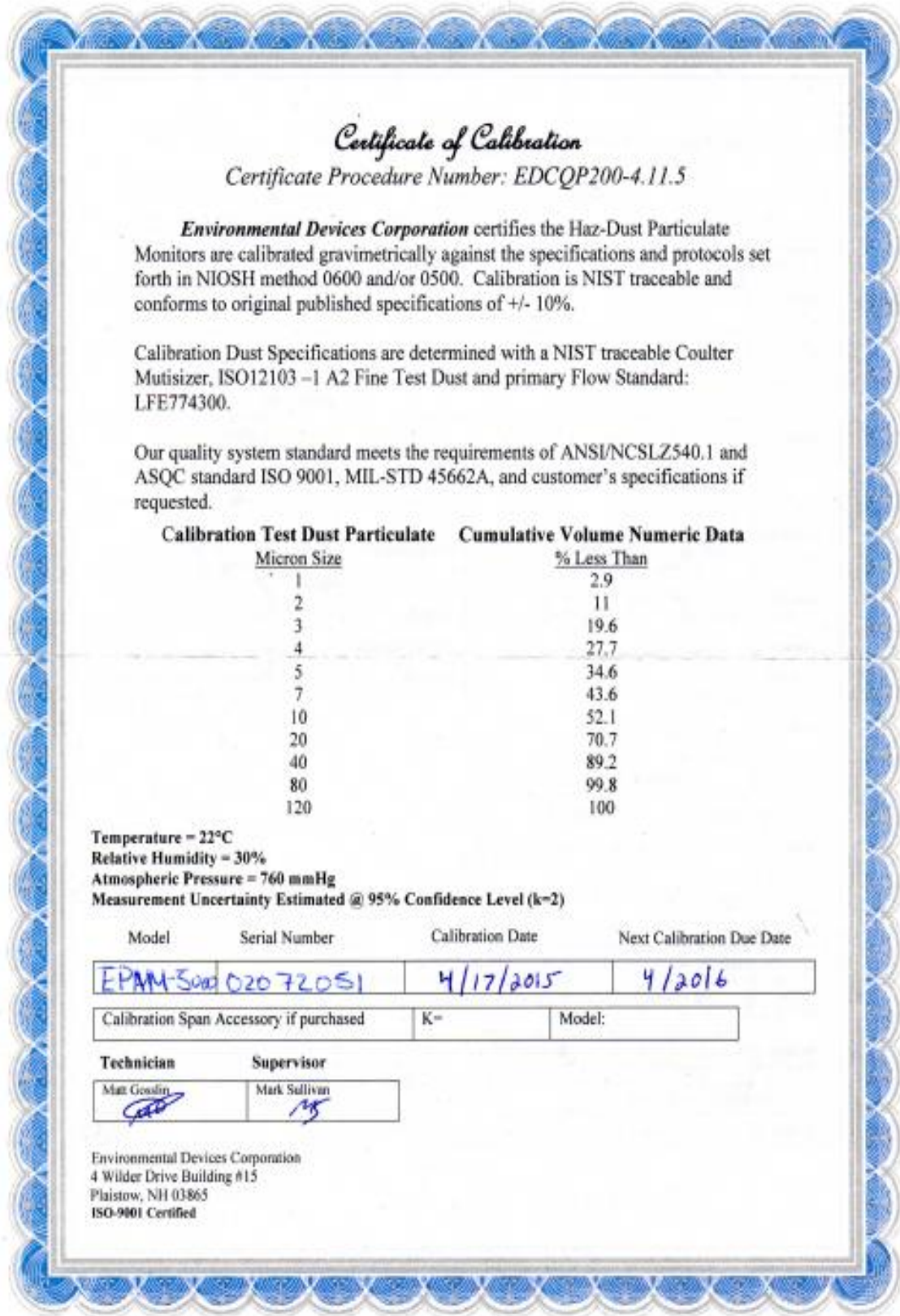


Imagen 1. Certificado de calibración del EPAM-5000



**Presidencia
de la República
del Ecuador**



**Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes**



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Guzmán Gomez, Freddy Fabricio**, con C.C: # 0202180683 autor del trabajo de titulación: **Evaluación de los niveles de Material Particulado en el Aire de la ciudad de Caluma, Provincia de Bolívar, identificación de fuentes y solución a sus efectos ambientales.** previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 21 de marzo del 2017

f. _____

Guzmán Gomez, Freddy Fabricio

C.C: 0202180683



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Evaluación de los niveles de Material Particulado en el Aire de la ciudad de Caluma, Provincia de Bolívar, identificación de fuentes y solución a sus efectos ambientales.		
AUTOR(ES)	Guzmán Gomez, Freddy Fabricio		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. José Ernesto Vásconez Gavilanez		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería Civil		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	21 de marzo del 2017	No. DE PÁGINAS:	48 páginas
ÁREAS TEMÁTICAS:	Ingeniería Civil, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Química		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Material Particulado, PM10, PM2.5, Cabecera Cantonal, Tránsito vehicular, calles adoquinadas, calles lastradas.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>El presente trabajo consiste en Evaluar los niveles de Material Particulado en el Aire de la ciudad de Caluma, Provincia de Bolívar, identificar las fuentes que lo generan y dar solución a sus efectos ambientales. Para lo cual se realizó una visita al sitio para identificar los puntos más representativos y por ende críticos de la ciudad, los cuales ameriten a ser analizados partiendo de una toma de muestras con un medidor de material particulado que en este caso se usó el EPAM-5000; se midió PM10 Y PM2,5. Basándonos en la normativa ambiental vigente del Texto Único de Legislación Ambiental (TULSMA) comparamos los resultados obtenidos de las cinco diferentes muestras, que existe un exceso de PM2,5 en todas las estaciones de estudio logrando identificar las fuentes que lo generan, siendo estas las vías en mal estado y el parque automotor; llegando a recomendar que se tome medidas de mitigación frente a estos problemas ambientales.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +5939967854139	E-mail: inguzman_93@hotmail.com ; fabyffgg_93@homtamil.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Ing. Clara Glas Cevallos		
	Teléfono: +593-4-2206950		
	E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			