

	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	<b>FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO</b>	<b>F-AC-DBL-007</b>	<b>10-04-2012</b>	<b>A</b>
Dependencia	Aprobado		Pág.	
<b>DIVISIÓN DE BIBLIOTECA</b>	<b>SUBDIRECTOR ACADEMICO</b>		<b>1(75)</b>	

## RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

<b>AUTORES</b>	<b>JUAN MIGUEL ARÉVALO TORRADO</b>		
<b>FACULTAD</b>	<b>CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE</b>		
<b>PLAN DE ESTUDIOS</b>	<b>INGENIERIA AMBIENTAL</b>		
<b>DIRECTOR</b>	<b>JUAN CARLOS RODRIGUEZ OSORIO</b>		
<b>TÍTULO DE LA TESIS</b>	<b>EVALUACION DE CONCENTRACIONES DE MATERIAL PARTICULADO PARA LA PRESENTACIÓN DE INFORMES DE CUMPLIMIENTO AMBIENTAL (ICA) COMO PARTE DE LAS ASESORÍAS AIR QUALITY MANAGEMENT(AQM) PARA EMPRESAS MINERAS DE LA ZONA CARBONÍFERA DEL CESAR</b>		
<b>RESUMEN</b> (70 palabras aproximadamente)			
<p>EL PRESENTE DOCUMENTO CONTIENE EL TRABAJO REALIZADO EN LA EMPRESA CONSULTORA EVALUACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL S.A.S. COMO PARTE DE PASANTÍAS UNIVERSITARIAS, EL CUAL ESTÁ COMPUESTO POR EL ANÁLISIS Y PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AIRE Y METEOROLOGÍA DE LA ZONA CARBONÍFERA DEL CESAR COMO PARTE DE ASESORÍA DE AIR QUALITY MANAGEMENT (AQM) PARA LA PRESENTACIÓN DE PLANES DE RIEGO E INFORMES DE CUMPLIMIENTO AMBIENTAL DE LAS EMPRESAS MINERAS DEL CESAR.</p>			
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
<b>PÁGINAS: 75</b>	<b>PLANOS:</b>	<b>ILUSTRACIONES:</b>	<b>CD-ROM:1</b>



**EVALUACION DE CONCENTRACIONES DE MATERIAL PARTICULADO  
PARA LA PRESENTACIÓN DE INFORMES DE CUMPLIMIENTO AMBIENTAL  
(ICA) COMO PARTE DE LAS ASESORÍAS AIR QUALITY  
MANAGEMENT(AQM) PARA EMPRESAS MINERAS DE LA ZONA  
CARBONÍFERA DEL CESAR**

**JUAN MIGUEL ARÉVALO TORRADO**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA  
CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE  
INGENIERIA AMBIENTAL  
OCAÑA  
2015**

**EVALUACION DE CONCENTRACIONES DE MATERIAL PARTICULADO  
PARA LA PRESENTACIÓN DE INFORMES DE CUMPLIMIENTO AMBIENTAL  
(ICA) COMO PARTE DE LAS ASESORÍAS AIR QUALITY  
MANAGEMENT(AQM) PARA EMPRESAS MINERAS DE LA ZONA  
CARBONÍFERA DEL CESAR**

**JUAN MIGUEL ARÉVALO TORRADO**

**Trabajo de grado bajo la modalidad de pasantía presentado para obtener el título de  
Ingeniero Ambiental**

**Director  
JUAN CARLOS RODRIGUEZ OSORIO  
Especialista**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA  
CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE  
INGENIERIA AMBIENTAL  
OCAÑA  
2015**

## CONTENIDO

	Pág.
<u>INTRODUCCIÓN</u>	13
<u>1. EVALUACION DE CONCENTRACIONES DE MATERIAL PARTICULADO PARA LA PRESENTACIÓN DE INFORMES DE CUMPLIMIENTO AMBIENTAL (ICA) COMO PARTE DE LAS ASESORÍAS AIR QUALITY MANAGEMENT(AQM) PARA EMPRESAS MINERAS DE LA ZONA CARBONÍFERA DEL CESAR</u>	14
<u>1.1. DESCRIPCION BREVE DE LA EMPRESA</u>	14
1.1.1 Misión	14
1.1.2 Visión	14
1.1.3 Objetivos de la empresa	15
1.1.4 Estructura organizacional	15
1.1.5 Descripción a la dependencia a la que fue asignada	16
<u>1.2 DIAGNOSTICO INICIAL DE LA DEPENDENCIA ASIGNADA</u>	17
1.2.1 Planteamiento del problema	18
<u>1.3 OBJETIVOS DE LAS PASANTIAS</u>	19
1.3.1 General	19
1.3.2 Específicos	19
<u>1.4. DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES A DESARROLLAR EN LA MISMA</u>	20
<u>2. ENFOQUES REFERENCIALES</u>	22
<u>2.1. ENFOQUE CONCEPTUAL</u>	22
<u>2.2. ENFOQUE LEGAL</u>	27
<u>3. INFORME DE CUMPLIMIENTO DE TRABAJO</u>	30
<u>3.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS</u>	30
3.1.1. Calidad del aire	30
3.1.1.1. Partículas Suspendidas Totales (TSP)	33
3.1.1.2. Partículas Menores a 10 micras (PM10)	40
3.1.2. Meteorología	46
3.1.2.1. Rosas de Viento	46
3.1.2.2. Precipitación	47
3.1.2.3. Velocidad del Viento	49
3.1.2.4. Temperatura	51
3.1.3. Aplicabilidad del análisis de la información procesada	53
<u>4. DIAGNOSTICO FINAL</u>	54
<u>5. CONCLUSIONES</u>	55

<u>6. RECOMENDACIONES</u>	56
<u>BIBLIOGRAFIA</u>	57
<u>REFERENCIAS DOCUMENTALES</u>	58
<u>ANEXOS</u>	59

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Estándares de calidad del aire.	28
Tabla 2. Niveles de prevención, alerta o emergencia	28
Tabla 3. Estaciones de monitoreo del SEVCA y parámetros utilizados para el análisis	30
Tabla 4. Estaciones de monitoreo del SVCA de CORPAMAG y parámetros utilizados para el análisis.	31
Tabla 5. Resumen Análisis estadístico concentraciones de TSP, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , estaciones de monitoreo SEVCA_ZCC	34
Tabla 6. Clasificación área fuente de contaminación. Estaciones red CORPOCESAR TSP SEVCA.	36
Tabla 7. Resumen análisis estadístico concentraciones de TSP, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , estaciones del SVCA de CORPAMAG.	37
Tabla 8. Clasificación área fuente de contaminación. Estaciones del SVCA de CORPAMAG TSP.	39
Tabla 9. Resumen Análisis estadístico concentraciones de $\text{PM}_{10}$ , en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , estaciones de Fondo de monitoreo SEVCA_ZCC.	40
Tabla 10. Clasificación área fuente de contaminación. Estaciones del SEVCA-ZCC CORPOCESAR de $\text{PM}_{10}$ .	42
Tabla 11. Análisis estadístico concentraciones de $\text{PM}_{10}$ , en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , estaciones de la red de monitoreo de CORPAMAG.	43
Tabla 12. Clasificación área fuente de contaminación. Estaciones del SVCA de CORPAMAG de mediciones de PM	45
Tabla 13. Estaciones Meteorológicas de la ZCC.	46

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Organigrama de la empresa Evaluación y Control Ambiental S.A.S.	16
Figura 2. Ubicación de las estaciones de Calidad del Aire y estaciones meteorológicas de la zona carbonífera del Cesar.	32
Figura 3. Ubicación de las estaciones de Calidad del Aire de la SVCA de Corpamag.	33
Figura 4. Análisis de rosas de viento en estaciones del SEVCA-ZCC.	47

## LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Grafica 1. Comparación Media Geométrica de valores de TSP en la red de monitoreo de CORPOCESAR	35
Grafica 2. Porcentaje de excedencias de las estaciones de SEVCA de CORPOCESAR. De valores de TSP, ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Y tendencias de los porcentajes de excedencias durante el período de análisis	36
Gráfica 3. Comparación Media Geométrica de valores de TSP del SVCA de CORPAMAG	38
Grafica 4. Porcentaje de excedencias de las estaciones del SVCA de CORPAMAG de valores de TSP ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Y tendencias de los porcentajes de excedencias durante el período de análisis	39
Grafica 5. Comparación Media Aritmética de valores de $\text{PM}_{10}$ del SEVCA-ZCC CORPOCESAR	41
Grafica 6. Porcentaje de excedencias de las estaciones de la red de monitoreo de calidad del aire de CORPOCESAR. De valores de $\text{PM}_{10}$ , ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	42
Grafica 7. Comparación Media Aritmética de valores de $\text{PM}_{10}$ en la red de monitoreo de CORPAMAG	44
Grafica 8. Porcentaje de excedencias de las estaciones del SVCA de CORPAMAG. De valores de $\text{PM}_{10}$ , ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	45
Grafica 9. Precipitación Mensual Acumulada de la Estación El Descanso Norte y Borrego (in) Para los meses Enero-Febrero y Marzo del año 2015	48
Gráfica 10. Comportamiento de la precipitación media mensual de la ZCC de los meses Enero, Febrero, Marzo, Abril y Mayo del año 2015	48
Grafico 11. Temperatura mensual de las estaciones EDN y Borrego de los primeros 5 meses del año 2015	50
Gráfica 12. Velocidad del viento promedio mes en la ZCC	51
Grafico 13. Temperatura mensual de las estaciones EDN y Borrego de los primeros 5 meses del año 2015	52

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXOS A. Datos muestreados por el SEVCA-ZCC de Corporcesar y por el SVCA de Corpamag.	60
ANEXO B. Procesamiento de información meteorológica con el software WRPLOT.	74

## **RESUMEN**

El presente documento contiene el trabajo realizado en la empresa consultora Evaluación y Control Ambiental S.A.S. como parte de pasantías universitarias, el cual está compuesto por el análisis y procesamiento de información de calidad del aire y meteorología de la Zona Carbonífera del Cesar como parte de asesoría de Air Quality Management (AQM) para la presentación de Planes de Riego e Informes de Cumplimiento Ambiental de las empresas mineras del Cesar.

Para el desarrollo de este trabajo, fue necesario recopilar mensualmente la información de calidad del aire y de meteorología que presentan CORPOCESAR y CORPAMAG tanto para la zona minera del Cesar y para la zona portuaria de Santa Marta. De esta manera, se analizó y procesó la información mediante herramientas de software estadísticos (Excel, R, WRPLOT); para así, generar gráficos de análisis que ayuden a entender el comportamiento de la calidad del aire en la zona y realizar una asesoría completa a las empresas mineras del Cesar.

## INTRODUCCIÓN

La Zona Carbonífera del Cesar ha sido por varias décadas una zona con un gran potencial minero, en donde su principal mineral que se explota es el carbón que se obtiene en minas a cielo abierto de gran calado. Por ende, la contaminación atmosférica que se genera en la zona es de grandes proporciones que se conmuta con la polución de otras actividades de la zona. Por tal razón, la zona carbonífera del Cesar ha sido catalogada como una zona de especial importancia para la vigilancia de la calidad del aire y control de la contaminación. Además, se denota también la calidad del aire que se presenta en la zona portuaria de Santa Marta, pues en esta se llevan a cabo las actividades de carga y descargue del carbón que proviene de la zona carbonífera del Cesar que son operadas por las mismas empresas mineras.

Por consiguiente, son las empresas mineras que deben encaminar acciones para minimizar la contaminación atmosférica y todos los impactos negativos que este implique para que la autoridad ambiental competente otorgue licencia ambiental a dichas empresas.

El procesamiento y análisis de datos de calidad de aire y meteorología para la presentación de informes de cumplimiento ambiental (ICA) y planes de riego como parte de las asesorías Air Quality Management (AQM) para empresas mineras de la zona carbonífera del Cesar es el documento presentado con el propósito de optar el título de ingeniero ambiental como trabajo de grado modalidad pasantía.

Se presenta un análisis estadístico de los datos procesados desde que se obtuvieron de los muestreos de calidad del aire y meteorología en la Zona Carbonífera del Cesar (ZCC) y de la zona portuaria de Santa Marta, en donde se generan grandes cantidades de contaminantes y emisiones atmosféricas.

**1. EVALUACION DE CONCENTRACIONES DE MATERIAL PARTICULADO  
PARA LA PRESENTACIÓN DE INFORMES DE CUMPLIMIENTO AMBIENTAL  
(ICA) COMO PARTE DE LAS ASESORÍAS AIR QUALITY  
MANAGEMENT(AQM) PARA EMPRESAS MINERAS DE LA ZONA  
CARBONÍFERA DEL CESAR**

**1.1 DESCRIPCION BREVE DE LA EMPRESA Y LA DEPENDENCIA DONDE SE  
VA A DESEMPEÑAR**

EVALUACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL S.A.S. es una compañía que nace en el año 2006 agrupando la experiencia de más de 15 años de sus socios en los temas de consultoría en higiene ambiental, gestión ambiental y en tratamiento integral de temas de contaminación de aire y ruido.

Sus servicios están enfocados en la consultoría, diagnóstico y diseño de soluciones para las empresas e instituciones que desean cumplir con requisitos legales y/o establecer condiciones de operación que garanticen el mínimo impacto al ambiente y a la salud de los trabajadores.

Su desempeño ha trascendido el ámbito local y hoy realiza trabajos de consultoría especializada en temas de aire y ruido en México, Salvador, Panamá y Perú.

**1.1.1 Misión.** EVALUACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL S.A.S. es una empresa dedicada a la Consultoría, Diagnóstico, Diseño, Fabricación y Montaje de Soluciones integrales ambientales y de Higiene Ocupacional, con énfasis en Acústica, Contaminación Atmosférica, Ventilación para Laboratorios, Sistemas de Ventilación y Control Atmosférico y Air Quality Management.

**1.1.2 Visión.** En el 2015 EVALUACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL S.A.S. proveerá soluciones integrales Ambientales y de Salud Ocupacional a través de alianzas estratégicas; sus principales metas son:

Incrementar las ventas totales en un 10% anual.

Lograr un crecimiento del 50% anual de ventas representadas en nuevos clientes.

Aumentar la participación en el mercado nacional e internacional.

Implementar herramientas internas de software para la estandarización y mejoramiento de los procesos. Promover el crecimiento y desarrollo de nuestra gente.

### **1.1.3 Objetivos de Evaluación y Control ambiental S.A.S.**

Asignar los recursos necesarios para el desarrollo de la política demostrando el compromiso por parte de la gerencia

Cumplir con los requisitos legales y requerimientos de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente, aplicables a la organización.

Exigir a todos los niveles de la organización que se responsabilicen en promover ambientes de trabajo sanos y seguros, reportando toda condición que genere riesgos e impactos ambientales durante el desarrollo de las actividades, con el fin de implementar acciones encaminadas a la prevención y protección de la salud y seguridad de los trabajadores, contratistas, visitantes y proveedores y a la comunidad.

Optimizar el uso de los recursos naturales en las actividades que cotidianamente se realizan con el fin de minimizar el impacto generado al medio ambiente.

Propiciar el mejoramiento continuo del sistema de gestión de seguridad, salud ocupacional medio ambiente y calidad.

Actualizar y revisar periódicamente la política, teniendo en cuenta los cambios generados en los procesos.<sup>1</sup>

**1.1.4 Estructura organizacional.** Evaluación y Control Ambiental S.A.S. se encuentra conformada por una junta directiva que deriva a un gerente general y un gerente técnico, este cargo es compromiso del Ingeniero Santiago Gómez Fernández; y que además, está a cargo de la dirección comercial de la empresa.

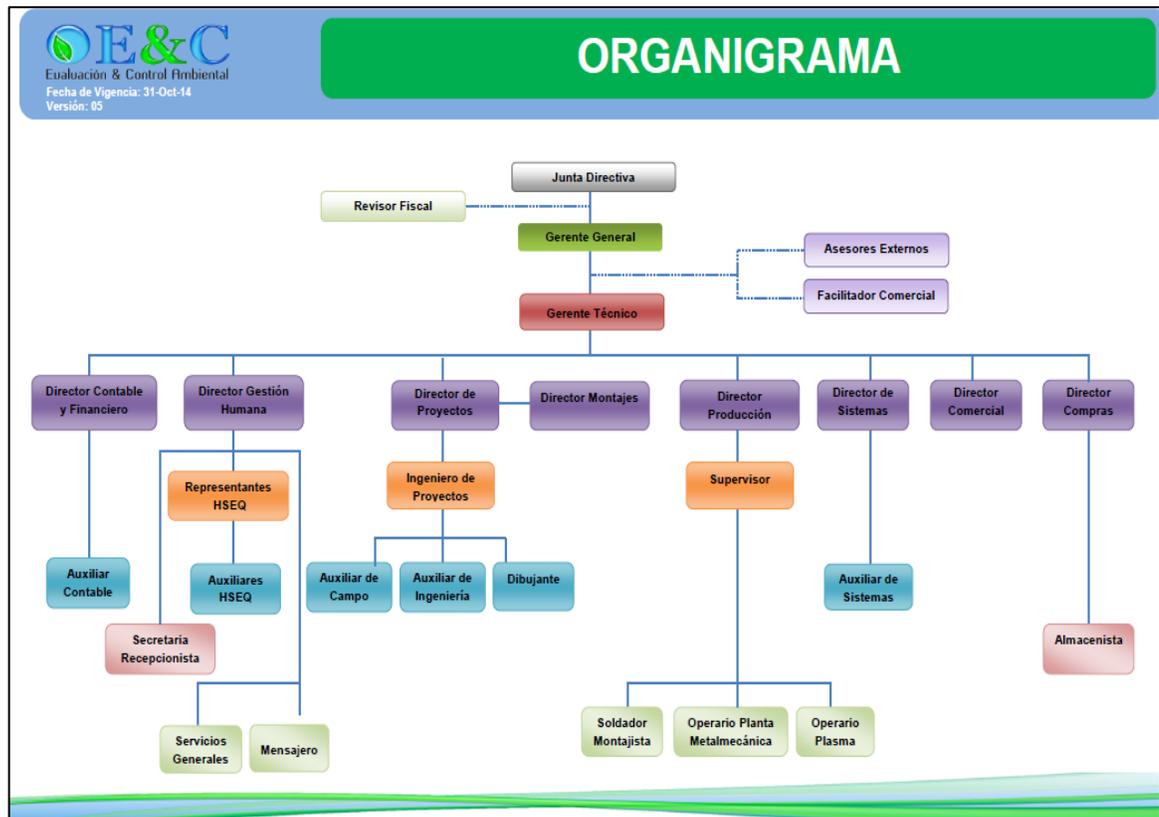
La empresa es comprendida por la dirección contable y financiera; dirección de recursos humanos; dirección de proyectos, dirección de producción, dirección de sistemas; así como también la dirección comercial y dirección de compras. La dependencia de proyectos es coordinada por los ingenieros Santiago Guarín, Esteban Echeverry, y Juan Camilo Baena que lideran los proyectos en la línea de productos de Estudios Ambientales y Air Quality Management.

Para el funcionamiento de la empresa, esta es constituida por la Planta de Producción, Departamento Administrativo, de Diseño y de Proyectos y por las oficinas del departamento ambiental en donde se desarrollan todas las funciones y actividades de E&C Ambiental.

---

<sup>1</sup> Evaluación y Control Ambiental S.A.S. Diseñamos soluciones. Nosotros. [en línea]. [citado el 21 de enero, 2015]. Disponible en: <http://www.ecambiental.com/sitio/node/2>.

**Figura 1. Organigrama de la empresa Evaluación y Control Ambiental S.A.S.**



Fuente: Sistema de Gestión de Calidad de E&C Ambiental S.A.S.

**1.1.5 Descripción de la dependencia a la que fue asignado.** La dependencia de proyectos es una parte esencial de la estructura organizacional de Evaluación y Control Ambiental S.A.S. al dirigir y liderar los proyectos ambientales de los que trata la empresa. En este sentido, determina los impactos ambientales y las medidas que se deben aplicarse para su prevención, mitigación, corrección y/o compensación. Se realizan estudios convencionales en procesos de licenciamiento ambiental como Diagnostico Ambiental de Alternativas y Estudio de Impacto Ambiental. Se han construido metodologías robustas para la determinación de las áreas de influencia, magnitudes del impacto ambiental, cuantificación y valoración del impacto ambiental.

Además, se realizan otros tipos de estudios: Planes de Manejo Ambiental, Componentes Ambientales de Planes Parciales, Interventorías Ambientales, Informes de Cumplimiento Ambiental, entre otros. Y se aplica el concepto de Air Quality Management para la atención de los componentes aire y ruido dentro de los estudios ambientales.

## **1.2 DIAGNOSTICO INICAL DE LA DEPENDENCIA ASIGNADA.**

Evaluación y Control Ambiental S.A.S. es una empresa que se enfoca a la consultoría, diagnóstico y diseño de soluciones ambientales. Entre los proyectos que se realizan en la empresa, están los estudios de Air Quality Management en la zona carbonífera del Cesar, donde por su gran intensidad minera se generan inmensas cantidades de emisiones contaminantes a la atmosfera; Por tal razón es necesario diseñar planes de riego y presentar Informes de Cumplimiento Ambiental (ICA) de las empresas mineras en el Cesar con base a información meteorológica y calidad de aire que proporcionan la red de monitoreo de CORPOCESAR y CORPAMAG.

**Cuadro 1. Matriz DOFA.**

	<b>FORTALEZAS</b>	<b>DEBILIDADES</b>
<p>Ambiente Interno</p> <p>Ambiente Externo</p>	<p>Gran cantidad de información histórica de meteorología y de calidad del aire de la zona carbonífera del Cesar para obtener buenos análisis y de tendencias. Conocimiento especializado en el manejo y análisis de información.</p>	<p>Disponibilidad de información dispersa. Volumen de información extensa. Información de la zona carbonífera del Cesar sin procesar. (datos crudos) Poco personal calificado para el manejo y análisis de información de calidad de aire y meteorología.</p>
<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>FO (MAXI-MAXI)</b>	<b>DO (MINI-MAXI)</b>
<p>Alta confianza de las empresas mineras del Cesar en confidencialidad en información concedida. Información de CORPOCESAR y CORPAMAG es disponibilidad publica Relaciones con Universidades para instituir programas de estudiantes en prácticas.</p>	<p>Generación de análisis y tendencias de calidad con la información recopilada y concedida por CORPOCESAR y CORPAMAG.</p>	<p>Inclusión y capacitación a estudiantes en prácticas para el manejo y procesamiento y análisis de información. Este análisis es insumo para los diferentes productos esperados por los clientes en las diferentes asesorías Posibilidad al cliente de consulta de su información de interés en tiempo real como valor adicional.</p>
<b>AMENAZAS</b>	<b>FA (MAXI-MINI)</b>	<b>DA (MINI-MINI)</b>
<p>Perdida de información aislada. Competencia en el medio. Información solicitada debe presentarse en los tiempos establecidos.</p>	<p>Fortalecimiento del sistema de base de datos. Liderazgo en la competencia por desempeño de calidad y efectividad.</p>	<p>Análisis de calidad de aire y meteorología para ser utilizada en la presentación de ICA y planes de riego como parte de las asesorías de AQM en las empresas mineras de la zona carbonífera del Cesar.</p>

Fuente: Pasante

**1.2.1 Planteamiento del problema.** Evaluación y Control Ambiental S.A.S. presenta escaso personal encargado de dar atención a compromisos de asesoría de Air Quality Management (AQM) en la zona carbonífera de Cesar, parte de las asesorías de AQM se encuentran es el diseño de planes de riego para las empresas mineras del Cesar, así como también la presentación de Informes de Cumplimiento Ambiental (ICA), los cuales se deben presentar de manera mensual, semestral y anual. En donde se han presentado retrasos en el procesamiento de información y análisis meteorológico y de calidad del aire el cual es fundamento esencial en la construcción de dichos productos dentro de las asesorías. De continuar con el problema, los retrasos en la presentación de los estudios de AQM se harán más extensos, ocasionando poca efectividad en los cumplimientos de los compromisos acordados. Esto podría ser una señal para que E&C Ambiental S.A.S. deje de ser una empresa competitiva y pueda perder recorrido en el campo empresarial.

Dado el volumen de información que suministran las empresas mineras y las autoridades ambientales, es necesario realizar un análisis de datos de la información meteorológica y de calidad del aire para construir los estudios de AQM en lo que E&C Ambiental S.A.S. tiene a cargo. La inclusión de un pasante en E&C Ambiental S.A.S. ayudará a mejorar la velocidad de procesamiento y análisis de dicha información. De esta manera, se podrá optimizar recursos y garantizar la satisfacción del cliente como empresa minera. Este análisis tendrá lugar en la generación de rosas de viento, así como tendencias, excedencias, promedios mensuales acumuladas, entre otros.

### **1.3 OBJETIVOS DE LA PASANTIA**

#### **1.3.1 General**

Realizar la evaluación de concentraciones de material particulado para la presentación de informes de cumplimiento ambiental (ICA) como parte de las asesorías Air Quality Management (AQM) para empresas mineras de la zona carbonífera del Cesar.

#### **1.3.2 Específicos**

Evaluar y organizar la información proporcionada por la red de monitoreo de calidad de aire y meteorología de CORPOCESAR y CORPAMAG.

Consolidar y establecer una base de datos de manera que facilite que la información pueda ser procesada y evaluada.

Elaborar Rosas de viento, graficas de comportamiento y tendencias de contaminantes atmosféricos que se requieren para la presentación Informes de Cumplimiento Ambiental (ICA).

## 1.4 DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES A DESARROLLAR EN LA MISMA

**Cuadro 2. Descripción de las actividades a desarrollar.**

Objetivo General	Objetivos específicos	Actividades a desarrollar en la empresa para a hacer posible el cumplimiento de los objetivos específicos
<p><b>Realizar la evaluación de concentraciones de material particulado para la presentación de informes de cumplimiento ambiental (ICA) como parte de las asesorías Air Quality Management (AQM) para empresas mineras de la zona carbonífera del Cesar.</b></p>	<p>Evaluar y organizar la información proporcionada por la red de monitoreo de calidad de aire y meteorología de CORPOCESAR y CORPAMAG.</p>	<p>Obtener el registro mensual de la información para el año 2015</p>
	<p>Consolidar y establecer una base de datos de manera que facilite que la información pueda ser procesada y evaluada.</p>	<p>Determinación de volúmenes de la información.</p>
		<p>Identificación y eliminación de valores considerados como no válidos.</p>
		<p>Revisión, validación y procesamiento de datos meteorológicos.</p>
	<p>Revisión, validación y procesamiento de datos de calidad del aire de CORPOCESAR y CORPAMAG</p>	
	<p>Elaborar rosas de viento, graficas de comportamiento y tendencias de contaminantes atmosféricos que se requieren para la presentación de Informes de Cumplimiento Ambiental (ICA).</p>	<p>Elaboración de rosas de viento mensuales mediante la herramienta WRPLOT.</p>
<p>Elaboración de gráficas de Evapotranspiración promedio horaria.</p>		

<b>Objetivo General</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Actividades a desarrollar en la empresa para a hacer posible el cumplimiento de los objetivos específicos</b>
		Elaboración de gráficas de calidad del aire CORPOCESAR y CORPAMAG
		Elaboración de informe mensual, y acumulado del año 2015, de calidad del aire de CORPOCESAR.
		Elaboración de informe mensual, y acumulado del año 2015, de calidad del aire de CORPAMAG.

Fuente: Pasante

## 2. ENFOQUES REFERENCIALES

### 2.1 ENFOQUE CONCEPTUAL

Este enfoque corresponde a la terminología y conceptos que son empleados con mayor utilización en el desarrollo del trabajo.

#### **Air Quality Management (AQM)**

Es un conjunto de procesos, procedimientos y aplicación de normas en la búsqueda de disminuir los impactos a nivel de calidad del aire y salud pública en un marco de mejoramiento continuo. Su aplicación involucra el estudio de la relación fuente-receptor y las implicaciones de esta relación utilizando diferentes técnicas de estudio.

Entre los beneficios de un Sistema de Gestión de la Calidad del Aire (SG-CA) se encuentra la capacidad de poder establecer un mayor control y entendimiento de los procesos que contribuyen a las emisiones y las consecuencias de estas en la calidad del aire así como la toma de decisiones acertadas.<sup>2</sup>

El objetivo de la AQM es proteger la salud pública y el ambiente de los efectos dañinos de la contaminación del aire, y eliminar o reducir al mínimo la exposición de las personas a los contaminantes nocivos. En países desarrollados la AQM ha utilizado sofisticados instrumentos para determinar las medidas necesarias para controlar las fuentes de contaminación.

Esto ha tomado forma en la implementación de planes de aire limpio, basados en la evaluación de los métodos más eficientes para reducir la contaminación del aire. En contraste, una evaluación de las medidas para la reducción de la contaminación del aire en países en desarrollo, está basada típicamente en información más limitada, en relación con fuentes locales, dispersión de contaminantes, niveles reales de contaminación y sus efectos adversos relacionados.<sup>3</sup>

**Contaminación atmosférica.** La contaminación atmosférica es la presencia en la atmósfera de una cantidad de sustancia que implica molestias o riesgos para la salud de los humanos y del resto de los seres vivos, también de bienes de cualquier naturaleza e incluso puede llegar a atacar distintos tipos de materiales, reducir la visibilidad y generar malos olores. Debido a su origen, no hay mucho que la ecología pueda hacer en su contra.<sup>4</sup>

---

<sup>2</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire. Bogotá D.C. Colombia., K2 ingeniería. (Abril, 2007)

<sup>3</sup> SCHWELA, Dietrich. Gestión de Calidad del Aire, Transporte Sostenible: Texto de Referencia para formuladores de políticas públicas de ciudades en desarrollo. Manfred Breithaupt, Andy Obermeyer. Eschborn, Alemania. Diciembre, 2011.

<sup>4</sup> ECOLOGIAHOY. Contaminación Atmosférica. [on line]. Febrero, 2011 [citado abril, 2015]. Disponible en: <http://www.ecologiahoy.com/contaminacion-atmosferica>

Una atmósfera contaminada puede dañar la salud de las personas y afectar a la vida de las plantas y los animales. Pero, además, los cambios que se producen en la composición química de la atmósfera pueden cambiar el clima, producir lluvia ácida o destruir el ozono, fenómenos todos ellos de una gran importancia global.

Contaminación primaria y secundaria. Resulta muy útil diferenciar los contaminantes en dos grandes grupos con el criterio de si han sido emitidos desde fuentes conocidas o se han formado en la atmósfera. Así tenemos:

- Contaminantes primarios.- Aquellos procedentes directamente de las fuentes de emisión
- Contaminantes secundarios:- Aquellos originados en el aire por interacción entre dos o más contaminantes primarios, o por sus reacciones con los constituyentes normales de la atmósfera.<sup>5</sup>

**Calidad del Aire.** Se entiende por calidad del aire la adecuación a niveles de contaminación atmosférica, cualesquiera que sean las causas que la produzcan, que garanticen que las materias o formas de energía, incluidos los posibles ruidos y vibraciones, presentes en el aire no impliquen molestia grave, riesgo o daño inmediato o diferido, para las personas y para los bienes de cualquier naturaleza.<sup>6</sup>

La norma nacional de calidad del aire, o nivel de inmisión, será establecida para todo el territorio, en condiciones de referencia, por el Ministerio del Medio Ambiente.

La norma local de calidad del aire, o nivel local de inmisión, podrá ser más restrictiva que la norma nacional y será fijada por las autoridades ambientales competentes, teniendo en cuenta la variación local de presión y temperatura, respecto de las condiciones de referencia de la norma nacional.

Las condiciones de fondo que afecten la calidad del aire en un determinado lugar, tales como las meteorológicas y las topográficas, serán tenidas en cuenta cuando se fijen normas locales de calidad del aire.<sup>7</sup>

**Concentración de fondo.** Es la cantidad mínima monitoreada de una sustancia en la atmósfera que se registró por la red de monitoreo del sistema especial de vigilancia de calidad del aire. Es un factor importante en los estudios de calidad del aire para la zona carbonífera del Cesar.

**Corporación Autónoma Regional del Magdalena (CORPAMAG).** La Corporación Autónoma Regional del Magdalena -Corpamag- es un ente corporativo de carácter público encargado de administrar el medio ambiente y propender por el desarrollo sostenible del

---

<sup>5</sup> ECHARRI, Luis. Población, Ecología y Ambiente: Contaminación Atmosférica. Universidad de Navarra. 2007. P. 1-20.

<sup>6</sup> ESPAÑA, COMUNIDAD AUTONOMA DE ANDALUCIA. Ley 7 (18 de Mayo, 1994) Protección Ambiental de Andalucía. Julio, 1994.

<sup>7</sup> COLOMBIA, PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. Decreto 948 (5 de Junio, 1995) prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire. Diario Oficial. Bogotá D.C., Junio, 1995.

Magdalena. Es un ente del orden nacional, que como su nombre lo indica, cuenta con autonomía administrativa y financiera, así como patrimonio propio y personería jurídica. Fue creada por la ley 28 de 1.988 y modificada en su jurisdicción y denominación por la ley 99 de 1.993, tiene jurisdicción en los 29 municipios que conforman el Departamento del Magdalena, así como en el área rural de Distrito de Santa Marta.

La política ambiental colombiana se enmarca en el reconocimiento que hace la Constitución de 1991 al consagrar la obligación de todas las personas naturales o jurídicas y del mismo Estado, a la protección y defensa de un medio ambiente sano, a través, de la promoción de una relación armónica del hombre con el sistema natural.<sup>8</sup>

**Corporación Autónoma Regional del Cesar (CORPOCESAR).** Ente corporativo de carácter público, que actúa como autoridad ambiental en el departamento del Cesar. Que por sus características constituyen geográficamente un mismo ecosistema o una unidad geopolítica, biogeográfica o hidrogeográfica, encargados, dentro del área de su jurisdicción, de administrar el medio ambiente y los recursos naturales renovables y propender por su desarrollo sostenible.<sup>9</sup>

**Sistema Especial de Vigilancia de la Calidad del Aire (SEVCA).** Conjunto de equipos de medición de calidad del aire instalados sistemáticamente para verificar el cumplimiento de uno o varios de los objetivos de vigilancia de calidad del aire previstos en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire.<sup>10</sup>

Las estaciones de monitoreo que opera CORPOCESAR en la zona carbonífera del Cesar como parte del Sistema Especial de Vigilancia de Calidad del Aire SEVCA son utilizadas para el estudio y análisis de la calidad del aire.

**Plan de riego.** Es la constante humectación mediante la aspersión con tanqueros de hasta 22000 galones a las vías activas existentes y el tráfico de maquinaria en cada una de ellas en la operación minera.<sup>11</sup>

Es un método bastante económico y efectivo, aunque en zonas áridas y en épocas de estiaje su implementación presenta serias restricciones por la disponibilidad de agua; sin embargo, para garantizar un suministro continuo de agua para riego, dentro del proyecto deberán construir grandes reservorios de agua ("pondajes"), los cuales permitirán hacer las provisiones necesarias. Para la operacionalización de este método es necesario implantar un programa de riego, el cual deberá considerar como mínimo, los siguientes aspectos: áreas a

---

<sup>8</sup> CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL MAGDALENA. Quienes somos: caracterización [on line]. Santa Marta. [Citado en Abril. 2015]. Disponible en: <http://www.corpamag.gov.co/index.php/es/quienes-somos/caracterizacion>

<sup>9</sup> CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CESAR. Biblioteca Virtual. [on-line]. Valledupar. [Citado en Abril. 2015]. Disponible en: <http://biblovirtual.minambiente.gov.co:3000/>.

<sup>10</sup> COLOMBIA, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 610 (4 de Abril del 2010). Por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006. Diario Oficial. Bogotá D.C., 2010.

<sup>11</sup> DRUMMOND. Compromiso Ambiental: Calidad del Aire. [on line]. [citado en Abril, 2015]. Disponible en: <http://www.drummondLtd.com/compromiso-ambiental/calidad-del-aire/>

regar, requerimientos de agua, fuentes de captación, equipo necesario, ruteo y frecuencia de aplicación (ciclos).<sup>12</sup>

**Índice de Calidad del Aire.** El índice de calidad del aire es un indicador diseñado para informar a la población sobre el estado de la calidad del aire, muestra que tan contaminado se encuentra el aire y cuáles podrían ser los efectos en la salud.

El propósito del índice es facilitar la comprensión del vínculo entre los niveles de contaminación del aire y los efectos en la salud. Con este fin, el índice se divide en cinco categorías, cada una corresponde a un intervalo en el índice y señala el nivel de riesgo para la salud. Para simplificar su interpretación cada intervalo se representa mediante un color.<sup>13</sup> El índice de calidad del aire (AQI) representa una de las herramientas más efectivas para la simple interpretación del estado en que se encuentra una atmósfera previamente monitoreada. El comportamiento de un AQI se caracteriza por su relación directa con los niveles de concentración del contaminante y los efectos en la salud.<sup>14</sup>

**Informe de Cumplimiento Ambiental (ICA).** Es un documento elaborado y presentado por el beneficiario de la licencia ambiental para informar a la autoridad ambiental competente sobre avance, efectividad y cumplimiento del plan de manejo ambiental, conforme a los términos definidos en el otorgamiento de la licencia ambiental, el establecimiento del plan de manejo ambiental y cualquier otro acto administrativo subsiguiente.

Es de gran importancia para el seguimiento ambiental de proyectos licenciados realizar la revisión del Informe de Cumplimiento Ambiental, ya que en ellos se debe detallar el cumplimiento de las tareas ambientales a las que se ha comprometido el beneficiario de la licencia ambiental. Por consiguiente, estos Informes de Cumplimiento Ambiental deben ser objeto de un concepto técnico y no de una rápida lectura por parte del Equipo Encargado de Seguimiento Ambiental ESA.

La periodicidad de este informe se puede establecer en:

- a) La resolución que otorga la licencia ambiental o establece el Plan de Manejo Ambiental.
- b) El PMA, más específicamente en el programa de supervisión ambiental (o de interventoría ambiental si algún proyecto la posee); o
- c) En los anteriores Informes de Cumplimiento Ambiental en los que se haya presentado.<sup>15</sup>

---

<sup>12</sup> UNIDAD DE PLANEACION MINERO ENERGETICA. Guía ambiental: Manejo Ambiental de polvo. [on line] [citado en Abril, 2015]. Disponible en: [http://www.upme.gov.co/guia\\_ambiental/carbon/gestion/guias/min\\_cab/contenid/medidas2.htm](http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/carbon/gestion/guias/min_cab/contenid/medidas2.htm)

<sup>13</sup> SISTEMA DE MONITOREO ATMOSFERICO. Índice de Calidad del Aire. [on line] Ciudad de México D.F. [Citado en Abril, 2015]. Disponible en: <http://www.aire.df.gob.mx/default.php?opc=%27ZaBhnmI=&dc=%27Zw==>

<sup>14</sup> UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. Simulaciones Especiales. Tarea 2: Medición de Concentraciones de Fondo. Informe de Final. Agosto de 2010.

<sup>15</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Manual de seguimiento ambiental de proyectos Criterios y procedimientos. Bogotá D.C., ISBN: 958-9487-43-2. Agosto, 2002.

**Informe de calidad del aire.** Es un documento que cuenta con las mediciones de todas las redes de monitoreo de calidad del aire de la zona carbonífera del Cesar y presenta un análisis de los principales contaminantes, lo cual permite observar cómo ha sido su comportamiento y las tendencias en el tiempo.

Su objetivo es consolidar información aislada, que antes no podía ser evaluada de manera integral, y establecer una línea base de los distintos contaminantes atmosféricos que afectan el ambiente y la salud de los colombianos, con el propósito de iniciar un proceso sistemático y continuo de seguimiento que involucra la gestión de todos los actores, tanto públicos como privados, que intervienen en el control ambiental.<sup>16</sup>

**Material Particulado en Suspensión.** El material particulado (MP) es uno de los principales contaminantes del aire, el cual consiste de una mezcla de partículas que pueden ser sólidas, líquidas o una combinación de las anteriores, las cuales están suspendidas en la atmósfera. Las partículas varían en tamaño, composición y origen. El MP es clasificado de acuerdo con su diámetro aerodinámico o tamaño en: partículas suspendidas totales (PST), lo cual hace referencia a partículas con tamaño menor a 50  $\mu\text{m}$ ,  $\text{PM}_{10}$ ; partículas con diámetro aerodinámico menor a 10  $\mu\text{m}$  y partículas finas ( $\text{PM}_{2.5}$ ), cuyo tamaño es menor a 2.5  $\mu\text{m}$ . Las partículas en el aire representan una compleja mezcla de sustancias orgánicas e inorgánicas, donde los principales constituyentes son: metales, aniones (sulfatos nitratos, cloruros), hollín, y material volátil.

La importancia de la presencia del MP en la atmosfera radica principalmente en los graves efectos que este tipo de contaminación tiene sobre la salud de las personas, afectan la vida vegetal y los materiales. Además, pueden generar molestias, interferir el paso de la radiación y actuar como superficies catalíticas para la reacción de productos químicos adsorbidos<sup>17</sup>

**Rosa de Vientos.** Es una gráfica que muestra la frecuencia de ocurrencia de vientos en cada uno de los sectores de la dirección del viento especificadas y clases de velocidad de viento para un lugar determinado y el período de tiempo.

La gráfica consiste en utilizar barras o extensiones que van desde el centro de un círculo hacia un punto determinado que ilustra la dirección del viento, la longitud de cada extensión indicará el porcentaje de tiempo en el que el viento se dirigió hacia esa dirección.<sup>18</sup>

---

<sup>16</sup> SISTEMA DE INFORMACION AMBIENTAL EN COLOMBIA. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire Comportamiento y tendencias. [on line]. Bogotá D.C. Colombia, 2015. [Citado en Abril, 2015] Disponible en: <https://www.siac.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=689&conID=594>

<sup>17</sup> LABORATORIO DEL GRUPO DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL. Vigilancia epidemiológica de los efectos de la contaminación atmosférica por material particulado sobre una población potencialmente expuesta en el corregimiento de alta vista, municipio de Medellín. Universidad de Antioquia, Medellín, 2009.

<sup>18</sup> RAMÍREZ LARA, Evangelina. ANÁLISIS DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS UTILIZANDO EL MODELO DE LA ROSA DE LOS VIENTOS. Universidad Autónoma Nuevo León. México. Mayo, 2007.

**Red de monitoreo de calidad del aire.** Son un conjunto de equipos que permite recolectar información sobre la concentración de contaminantes de origen antropogénico y natural y el comportamiento de las variables meteorológicas que regulan la distribución de los mismos en la atmósfera.

Una de estas herramientas para definir y evaluar la calidad del aire son las redes de monitoreo, las cuales, por medio de sensores manuales, semiautomáticos o automáticos, permiten monitorear el comportamiento de los diferentes contaminantes en el aire, partículas o gases y evaluar los niveles de concentración de estos.<sup>19</sup>

**WRPLOT.** Es un programa de uso libre de la empresa Lakes Environmental (EE-UU) para Windows mediante el cual se generan gráficas de rosa de los vientos y gráficas para varios formatos de datos meteorológicos. Una rosa de los vientos muestra la frecuencia de ocurrencia de los vientos en cada una de las direcciones del viento proporcionadas y las clases de velocidad para tiempo y lugar específicos. Se considera que este programa es un sustituto a *U.S. EPA DOS utility WRPLOT*.

Algunas de las funciones de este programa además de la creación de rosas de los vientos, son las múltiples opciones que presenta para mejorar la rosa de los vientos ya sea utilizando diferentes colores y fuentes especiales, revisar errores, guardar clases de los vientos para usos posteriores, importar fácilmente desde Excel y obtener vectores resultantes.<sup>20</sup>

## 2.2 ENFOQUE LEGAL.

Desde el año de 1967 se han realizados esfuerzos para controlar la contaminación del aire, en este año se instalaron las primeras redes de monitoreo de calidad del aire, pero solo hasta el año de 1973, se expidió la ley 23, cuyo objetivo era “Prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del territorio nacional”.

Ya con esta ley, al gobierno se le concedieron facultades para la expedición del código nacional de recursos naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, el cual fue sancionado por el presidente por medio del Decreto 2811 de 1974. De este decreto, específicamente del artículo 9, se realizó la propuesta de la norma de calidad del aire.

Posteriormente en 1979 se expide una ley que promulga las medidas sanitarias para la protección del medio ambiente, esta ley fue la 09 de 1979. Aquí se le otorgaron las facultades al Ministro de Salud para proferir normas para el control de la contaminación

---

<sup>19</sup> SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE. Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB [on line] Bogotá D.C., Colombia. [citado en Abril, 2015]. Disponible en: <http://ambientebogota.gov.co/red-de-calidad-del-aire>

<sup>20</sup> LAKES ENVIRONMENTAL. WRPLOT View, Wind Rose Plot for Meteorological Data. [on line]. [Citado en Abril, 2015]. Disponible es: <http://www.weblakes.com/products/wrplot/?AspxAutoDetectCookieSupport=1>

atmosférica, por lo cual el ministro en el año 1982 expidió el decreto 02 el cual reglamentaba parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979 y también el Decreto – Ley 2811 de 1974, en cuanto a emisiones atmosféricas.

En el año de 1995 el Ministerio de Medio Ambiente (creado bajo la ley 99 de 1993) estableció el decreto 948, el cual derogó el decreto 02 de 1982. Este Decreto contenía el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire.

Las normas de calidad de aire vigentes en Colombia se establecen en la Resolución 610 de marzo del 2010 del MADS, mediante la cual se modificó la Resolución 601 del 2006, que establece la norma nacional de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, en condiciones de referencia. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestran los valores máximos permitidos establecidos en la Resolución 610 para PST y PM<sub>10</sub>.<sup>21</sup>

Tabla 1. Estándares de calidad del aire

Contaminante	Unidad	Límite máximo permisible	Tiempo de Exposición
TSP	µg/m <sup>3</sup>	100	Anual
		300	24 horas
PM <sub>10</sub>	µg/m <sup>3</sup>	50	Anual
		100	24 horas
PM <sub>2.5</sub>	µg/m <sup>3</sup>	25	Anual
		50	24 horas

Fuente. Resolución 610 de marzo del 2010. MADS

Para el caso de niveles de prevención, alerta o emergencia, la Resolución 610 establece, los valores que se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 2. Niveles de prevención, alerta o emergencia

Contaminante	Tiempo de Exposición	Unidades	Prevención	Alerta	Emergencia
PST	24 horas	µg/m <sup>3</sup>	375	625	875
PM <sub>10</sub>	24 horas	µg/m <sup>3</sup>	300	400	500

Fuente. Resolución 610 de marzo del 2010. MADS22

Otro documento importante dentro del marco normativo es el Decreto 979 de 2006 del MADS en el cual se definen los criterios que se deben tener para clasificar las regiones en

<sup>21</sup> MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire. Bogotá D.C., K2 ingeniería. (Abril, 2007)

<sup>22</sup> COLOMBIA, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 610 (4 de Abril del 2010). Por la cual se modifica la Resolución **601** del 4 de abril de 2006. Diario Oficial. Bogotá D.C., 2010.

Área – Fuente de contaminación en Colombia. En el artículo 5 se establecen los criterios de clasificación, los cuales se resumen en los siguientes aspectos:

**Clase I - Áreas de contaminación alta:** Aquellas en que la concentración diaria de contaminantes, excede con una frecuencia igual o superior al setenta y cinco por ciento (75%) de los casos, la norma de calidad anual. En estas áreas deberán tomarse medidas de contingencia, se suspenderá el establecimiento de nuevas fuentes de emisión y se adoptarán programas de reducción de la contaminación que podrán extenderse hasta por diez (10) años.

**Clase II- Áreas de contaminación media:** Aquellas en que la concentración diaria de contaminantes, excede con una frecuencia superior al cincuenta por ciento (50%) e inferior al setenta y cinco por ciento (75%) de los casos, la norma de calidad anual. En estas áreas deberán tomarse medidas de contingencia se restringirá el establecimiento de nuevas fuentes de emisión y se adoptaran programas de reducción de la contaminación que podrán, extenderse hasta por cinco (5) años.

**Clase III- Áreas de contaminación moderada:** Aquellas en que la concentración diaria de contaminantes, excede con una frecuencia superior al veinticinco por ciento (25%) e inferior al cincuenta por ciento (50%) de los casos, la norma de calidad anual. En estas áreas se tomarán medidas dirigidas a controlar los niveles de contaminación y adoptar programas de reducción de la contaminación, que podrán extenderse hasta por tres (3) años.

**Clase IV- Áreas de contaminación marginal:** Aquellas en que la concentración diaria de contaminantes, excede con una frecuencia superior al diez por ciento (10%) e inferior al veinticinco por ciento (25%) de los casos, la norma de calidad anual. En estas áreas se tomarán medidas dirigidas a controlar los niveles de contaminación que permitan la disminución de la concentración de contaminantes o que por lo menos las mantengan estables

De acuerdo con estas clasificaciones, cuando la concentración diaria de un contaminante excede con una frecuencia inferior al diez por ciento (10%) de los casos la norma de calidad anual, no clasifica dentro del criterio de Área – Fuente.<sup>23</sup>

---

<sup>23</sup> COLOMBIA, PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. Decreto 979 (3 de Abril del 2006). por el cual se modifican los artículos 7°, 10, 93, 94 y 108 del Decreto 948 de 1995. Diario Oficial. Bogotá D.C., 2006.

### 3. INFORME DE CUMPLIMIENTO DE TRABAJO

#### 3.1 PRESENTACION DE RESULTADOS.

Se presentan resultados finales de las actividades realizadas en el trabajo de pasantías para poder dar cumplimiento a los objetivos estipulados.

Para el desarrollo de este trabajo, se analizaron los datos obtenidos de los informes de los primeros 5 meses del año 2015 de información meteorológica y de la calidad del aire de la zona minera del Cesar procedente del Sistema Especial de Vigilancia de la Calidad del Aire (SEVCA) de CORPOCESAR y de la zona portuaria de Santa Marta y Ciénaga procedente Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire de CORPAMAG, las cuales son de dominio público y que son necesarios para el análisis y procesamiento de la Calidad del Aire de la actividad minera del Cesar.

**3.1.1 Calidad del aire.** Se analizan las concentraciones de TSP y PM<sub>10</sub> reportadas por las estaciones de monitoreo que hacen parte del Sistema Especial de Vigilancia de Calidad del Aire de la Zona Carbonífera del Cesar (SEVCA-ZCC), que abarcan los primeros 5 meses del año 2015.

Para el análisis de calidad del aire de la zona carbonífera del Cesar se utilizaron los datos de PM<sub>10</sub> y TSP reportados por las estaciones del SEVCA de CORPOCESAR que se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 3. Estaciones de monitoreo del SEVCA y parámetros utilizados para el análisis**

ID	ESTACIÓN	PARÁMETROS ANALIZADOS
ZM1	La Loma Centro	PM <sub>10</sub> y TSP
ZM2	La Jagua Centro	PM <sub>10</sub> y TSP
ZM3	La Loma 2	PM <sub>10</sub> y TSP
ZM4	Las Palmitas	PM <sub>10</sub>
ZM5	La Aurora	PM <sub>10</sub> y TSP
ZM6	Boquerón	TSP
ZM7	Plan Bonito	TSP
ZM12	Rincón Hondo	PM <sub>10</sub> y TSP
ZM13	El Hatillo	PM <sub>10</sub> y TSP
ZM15	Chiriguaná	PM <sub>10</sub>
ZM19	Becerril	PM <sub>10</sub>

Fuente. Evaluación y Control Ambiental S.A.S. Informe Mensual SEVCA\_ZCC

Los datos de PM<sub>10</sub> y TSP reportados por las estaciones del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire de CORPAMAG para el análisis de la calidad del aire de la zona portuaria de Santa Marta que se presentan en la siguiente tabla:

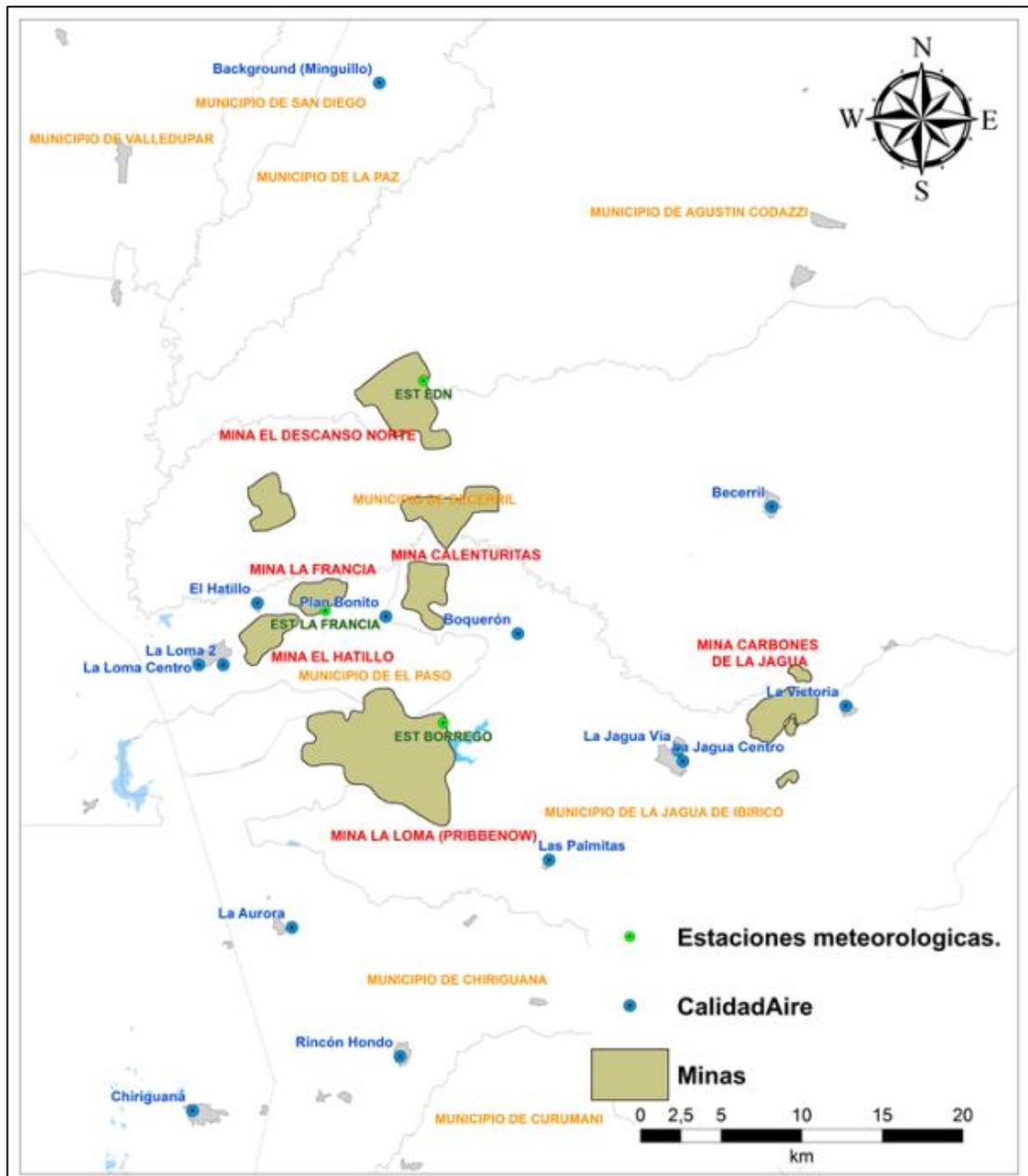
**Tabla 4. Estaciones de monitoreo del SVCA de CORPAMAG y parámetros utilizados para el análisis**

<b>ESTACIÓN</b>	<b>PARÁMETROS ANALIZADOS</b>
Don Jaca	PM <sub>10</sub> y TSP
Costa Verde	PM <sub>10</sub> y TSP
INVEMAR	TSP
Batallón	TSP
Centro Ejecutivo	TSP
CAJAMAG	PM <sub>10</sub>
Zuana	PM <sub>10</sub>
Molino Santa Marta	PM <sub>10</sub>
Club Santa Marta	PM <sub>10</sub>

Fuente. Pasante

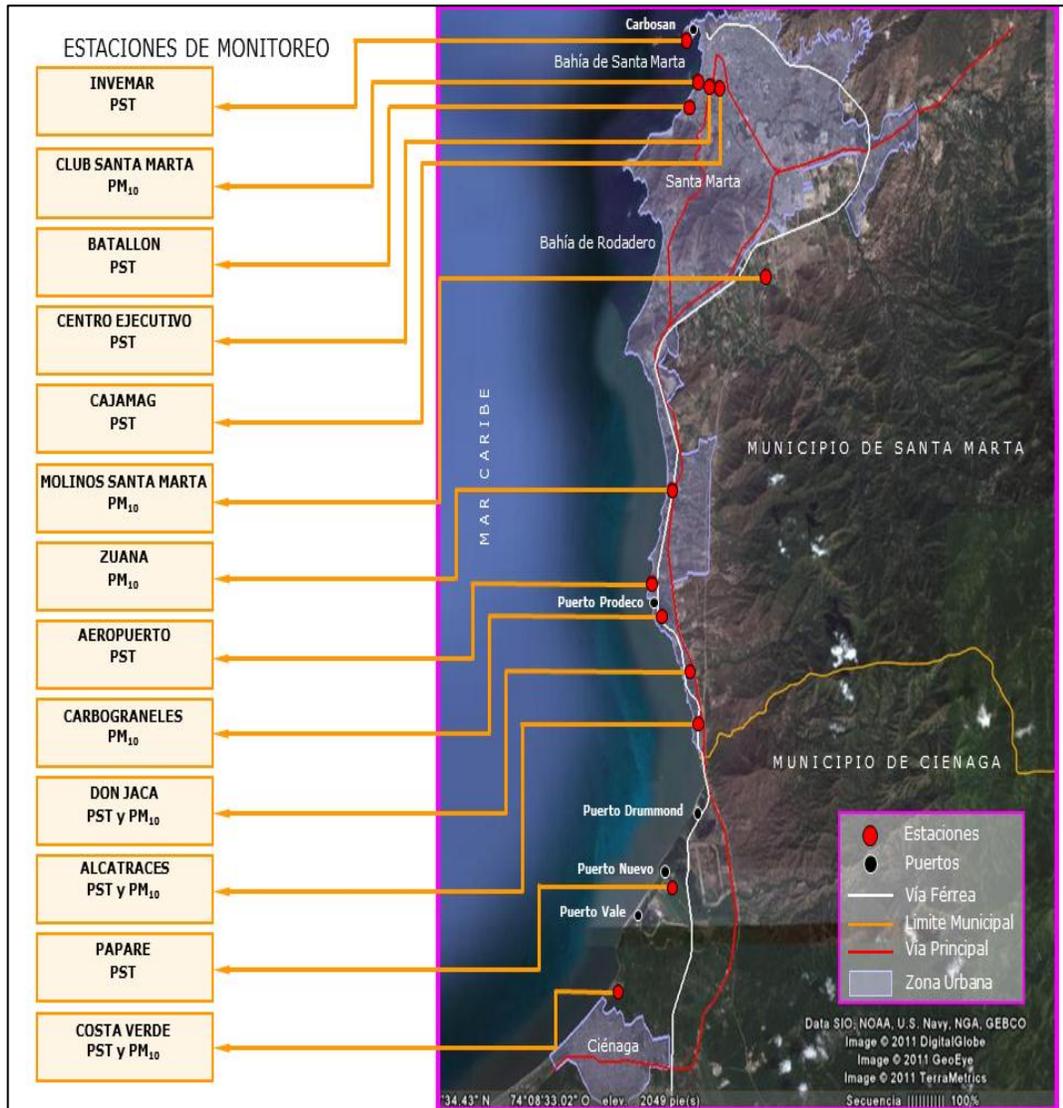
De igual manera, se observa en la Figura 3. La ubicación de las estaciones de Calidad del Aire de la red SVCA de CORPAMAG perteneciente a la zona portuaria de Santa Marta en donde se ve afectada la calidad del aire por las actividades de carga y descarga del carbón operada por las empresas mineras del Cesar.

**Figura 2. Ubicación de las estaciones de Calidad del Aire y estaciones meteorológicas del SEVCA ZCC.**



Fuente. Evaluación y Control Ambiental S.A.S.

**Figura 3. Ubicación de las estaciones de Calidad del Aire de la SVCA de Corpamag.**



Fuente. SVCA-CORPAMAG

**3.1.1.1 Partículas Suspendidas Totales (TSP).** A continuación se presenta el análisis de las concentraciones de TSP reportadas por CORPOCESAR como parte de la operación del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire (SEVCA) para la Zona Carbonífera del Cesar.

**Tabla 5. Resumen Análisis estadístico concentraciones de TSP, en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , estaciones de monitoreo SEVCA\_ZCC**

Puntos de monitoreo	ZM1 LOMA CENTR O	ZM2 JAGUA CENTR O	ZM3 LA LOMA 2	ZM5 LA AURO RA	ZM12 RINCÓ N HOND O	ZM13 EL HATILL O	ZM6 BOQU ERÓN	ZM7 PLAN BONIT O
Fecha inicio del muestreo	01/01/ 2015	01/01/ 2015	01/01/ 2015	01/01/ 2015	01/01/ 2015	01/01/ 2015	01/01/ 2015	01/01/ 2015
Fecha final del muestreo	31/05/ 2015	31/05/ 2015	31/05/ 2015	31/05/ 2015	31/05/ 2015	31/05/ 2015	31/05/ 2015	31/05/ 2015
N° de datos posibles	50	50	50	50	50	50	50	50
N° de datos recolectados	43	46	47	43	49	46	45	45
Efectividad de captación datos; %	86%	92%	94%	86%	98%	92%	90%	90%
Media geométrica	142	133	117	100	96	137	108	137
Valor mínimo	47,3	37,9	30,5	19,4	26,6	27,58	31,1	49,4
Fecha valor mínimo	17/04/ 2015	09/02/ 2015	09/02/ 2015	09/02/ 2015	09/02/ 2015	28/05/ 2015	28/05/ 2015	28/05/ 2015
Valor máximo	286,9	282,2	234,6	229,1	208	286.1	194.5	231.2
Fecha valor máximo	14/03/ 2015	11/03/ 2015	01/03/ 2015	14/03/ 2015	11/03/ 2015	11/03/ 2015	11/03/ 2015	05/03/ 2015
Valores > norma diaria	0	0	0	0	0	0	0	0
Valores > norma anual	33	30	29	19	22	29	26	30
% excedencias norma anual	77%	65%	62%	44%	45%	63%	58%	67%

Fuente. Pasante

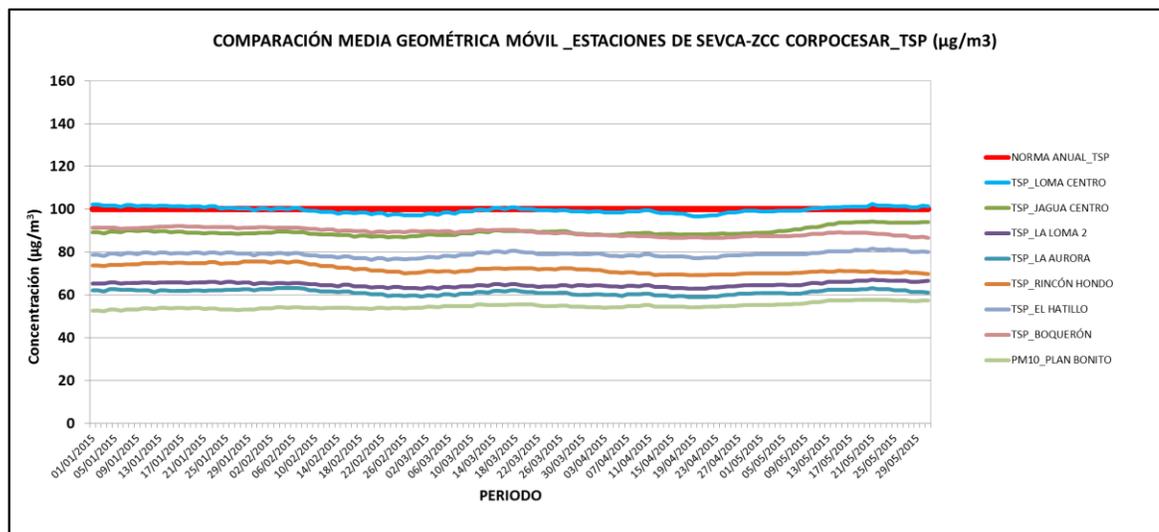
Las normas nacionales vigentes de calidad del aire (*Protocolo de Operación de Redes de Calidad del Aire, MADS, 2010*) establecen un mínimo de 75% de eficiencia de captación de datos para así tener valides en el análisis de datos recolectados. Para este caso, todas las estaciones de medición de TSP del SEVCA-ZCC cumplen con la efectividad de muestreo de datos, con porcentajes superiores a 75%.

Todas las estaciones del SEVCA-ZCC presentan una media superior a  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , a excepción de la estación ZM12 Rincón Hondo que presenta una media de  $96 \mu\text{g}/\text{m}^3$  que es

muy cercana al límite anual de TSP. Teniendo en consideración que todas las estaciones presentan valores superiores a  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Se puede observar las medias geométricas móviles de TSP calculadas, su evolución y la comparación de las mismas con la norma anual de calidad del aire de TSP,  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**Grafica 1. Comparación Media Geométrica de valores de TSP del SEVCA-ZCC de CORPOCESAR.**



Fuente. Pasante

Se puede observar en la figura anterior que los valores de media geométrica de TSP para las estaciones de Loma Centro y Plan Bonito están considerablemente altos llegando hasta el límite de la norma anual de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y Estaciones como La Aurora y La Loma 2 presentan los valores más bajos en la media geométrica.

Tomando como base las excedencias calculadas y los rangos presentados en el Decreto 979 de 2006 en su artículo 5 “Clasificación de áreas fuentes de contaminación” para la clasificación de áreas de contaminación, En la siguiente tabla se puede apreciar dicha clasificación:

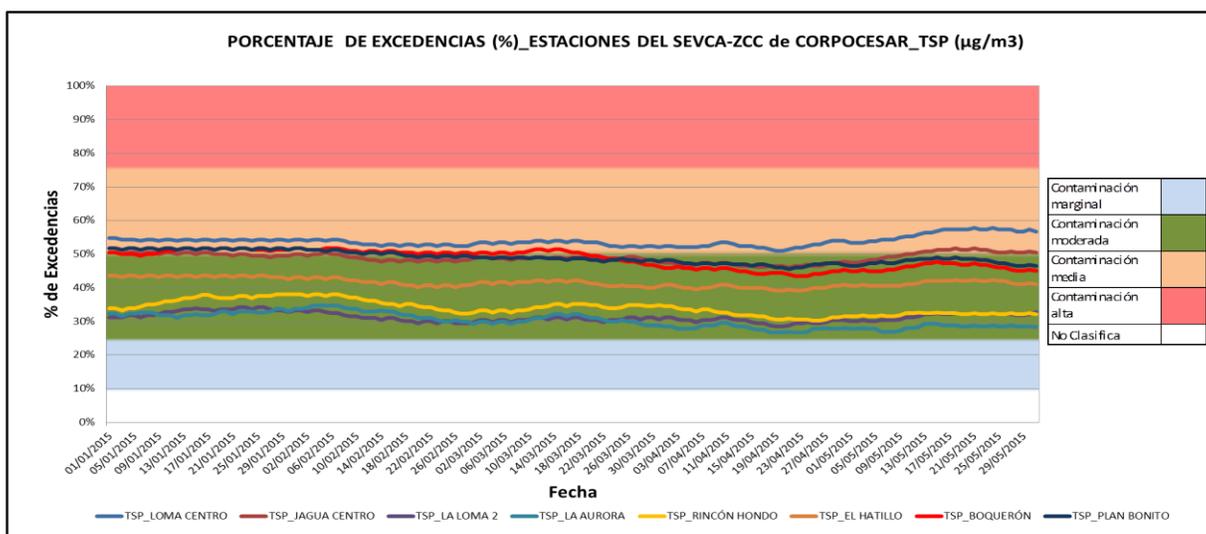
**Tabla 6. Clasificación área fuente de contaminación. Estaciones red CORPOCESAR TSP SEVCA**

Clasificación área fuente	Estación de Monitoreo
Alta (>75%)	ZM1 LOMA CENTRO
Media (50%-75%)	ZM2 JAGUA CENTRO, ZM3 LA LOMA 2, ZM13 EL HATILLO, ZM6 BOQUERÓN, ZM7 PLAN BONITO
Moderada (25%-50%)	ZM5 LA AURORA, ZM12 RINCÓN HONDO
Marginal (10%-25%)	
No clasifica (0%-10%)	

Fuente. Pasante. Basado en información de calidad del aire del SEVCA\_ZCC

De las estaciones del SEVCA-ZCC se deduce que más del 50% de las estaciones se clasifican según el área fuente en calidad media, que corresponden a las estaciones que presentan los porcentajes de excedencias de la norma anual entre 50% y 75%. Las estaciones ZM5 La Aurora y ZM12 Rincón Hondo se encuentra en clasificación moderada y la estación ZM1 Loma Centro esta en clasificación Alta con porcentajes superiores al 75%.

**Grafica 2. Porcentaje de excedencias de las estaciones de SEVCA de CORPOCESAR. De valores de TSP, ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Y tendencias de los porcentajes de excedencias durante el período de análisis.**



Fuente. Pasante

El cálculo de porcentaje de las excedencias se realiza con respecto a la norma anual de 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , Decreto 979 de 2006 de Área – Fuente. Se muestra en la gráfica de porcentaje de excedencias que en la gran mayoría de estaciones están presentando una contaminación moderada y tan la estación La Loma Centro se clasifica como de contaminación media. A continuación se presenta el análisis de las concentraciones de TSP reportadas por CORPAMAG como parte de la operación del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire SEVCA.

**Tabla 7. Resumen análisis estadístico concentraciones de TSP, en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , estaciones del SVCA de CORPAMAG**

Puntos de monitoreo	DON JACA	COSTA VERDE	INVEVAR	BATALLÓN	CENTRO EJECUTIVO	CAJAMA G
Fecha inicio del muestreo	01/01/2015	01/01/2015	01/01/2015	01/01/2015	01/01/2015	01/01/2015
Fecha final del muestreo	31/05/2015	31/05/2015	31/05/2015	31/05/2015	31/05/2015	31/05/2015
N° de datos posibles	50	50	50	50	50	50
N° de datos recolectados	43	37	35	44	48	6
Efectividad en la captación de datos. %	86%	74%	70%	88%	96%	12%
Media geométrica	113	97	152	93	87	57
Valor mínimo	39.1	54.6	31.6	24.5	18.8	25.4
Fecha valor mínimo	15/01/2015	22/03/2015	15/01/2015	28/03/2015	08/02/2015	12/01/2015
Valor máximo	193.5	181.1	246.8	191.3	196.2	72.1
Fecha valor máximo	28/03/2015	13/03/2015	10/03/2015	27/04/2015	31/03/2015	24/01/2015
Valores > norma diaria	0	0	0	0	0	0
Valores > norma anual	30	12	30	16	12	0
% excedencias norma anual	70%	32%	86%	36%	25%	0%

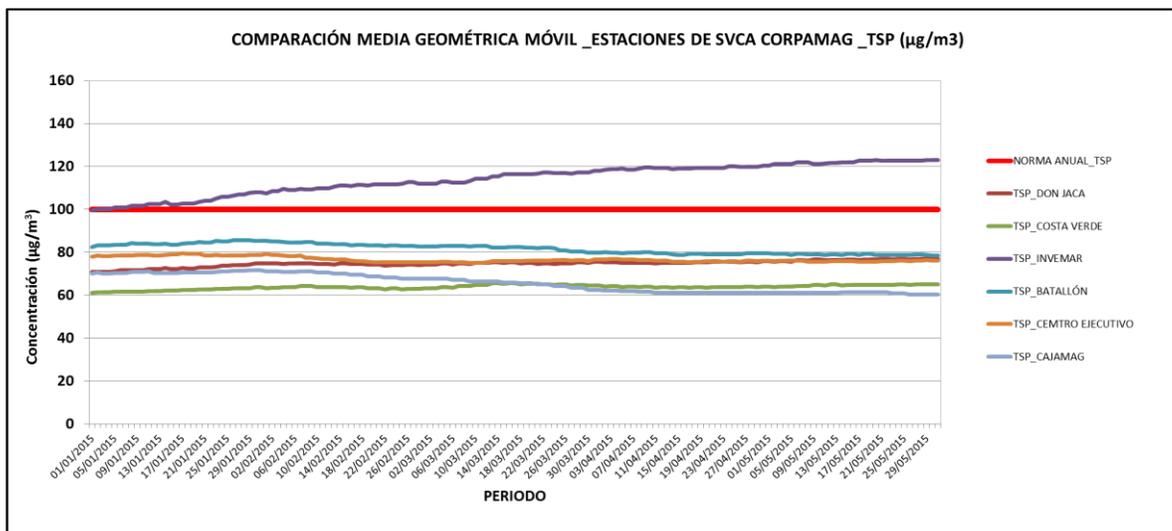
Fuente.Pasante

Las normas nacionales vigentes de calidad del aire (*Protocolo de Operación de Redes de Calidad del Aire, MADS, 2010*) establecen un mínimo de 75% de eficiencia de captación de datos para así tener valides en el análisis de datos recolectados. Para este caso, las estaciones Costa Verde, INVEMAR y CAJAMAG con mediciones de TSP del SVCA de CORPAMAG tienen poca representatividad en el análisis de esta información.

Teniendo en consideración la norma anual de calidad del aire, las concentraciones de TSP en las estaciones de CORPAMAG están considerablemente altas, en donde todas las estaciones presentan valores mayores a  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , a excepción de la estación CAJAMAG. La estación Don Jaca e INVEMAR presentan medias geométricas superiores a la norma anual de TSP y demás estaciones presentan medias cercanas al límite anual.

Se pueden observar las medias geométricas y la comparación de las mismas con la norma anual de calidad del aire. Comparación de las mismas con la norma anual de calidad del aire de TSP,  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**Gráfica 3. Comparación Media Geométrica de valores de TSP del SVCA de CORPAMAG**



Fuente. Pasante

La grafica de media geométrica muestra que la gran mayoría de estaciones de CORPAMAG están por debajo de la norma anual de TSP, tan solo la estación de INVEMAR presenta valores superiores a la norma anual de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Tomando como base las excedencias calculadas y los rangos presentados en el Decreto 979 de 2006 en su artículo 5 “Clasificación de áreas fuentes de contaminación” para la clasificación de áreas de contaminación, En la siguiente tabla se puede apreciar dicha clasificación:

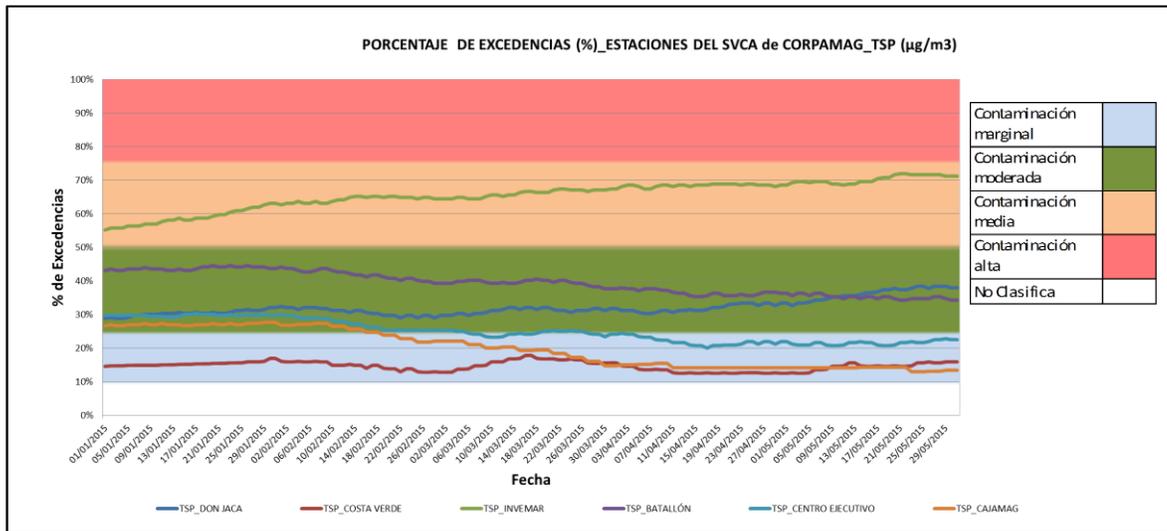
**Tabla 8. Clasificación área fuente de contaminación. Estaciones del SVCA de CORPAMAG TSP**

Clasificación área fuente	Estación de Monitoreo
Alta (>75%)	INVEMAR
Media (50%-75%)	DON JACA
Moderada (25%-50%)	COSTA VERDE, BATALLÓN, CENTRO EJECUTIVO
Marginal (10%-25%)	
No clasifica (0%-10%)	CAJAMAG

Fuente. Pasante

En la tabla 8 de la clasificación área fuente, se observa que las estaciones Costa Verde, Batallón y Centro Ejecutivo están en clasificación moderada, mientras que las estaciones INVEMAR presenta excedencias superiores al 75 % que la clasifica de alta, Estación Don Jaca en clasificación Media, y la estación CAJAMAG no clasifica.

**Grafica 4. Porcentaje de excedencias de las estaciones del SVCA de CORPAMAG de valores de TSP ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Y tendencias de los porcentajes de excedencias durante el período de análisis.**



Fuente. Pasante

El cálculo de porcentaje de las excedencias se realiza con respecto a la norma anual de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Decreto 979 de 2006 de Área – Fuente. Se observa en la Gráfica 4. Que la estación INVEMAR es la que presenta mayor cantidad de valores que superan la norma anual de

TSP en la que se clasifica como contaminación media con el 60% de excedencias; mientras que la estación Costa Verde es quien presenta menor porcentaje de valores que exceden la norma anual de TSP con clasificación de Contaminación Marginal.

**3.1.1.2 Partículas Menores a 10 micras (PM<sub>10</sub>).** A continuación se presenta el análisis de las concentraciones de PM<sub>10</sub> recolectadas por CORPOCESAR como parte de la operación del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire SEVCA para la Zona Carbonífera del Cesar.

**Tabla 9. Resumen Análisis estadístico concentraciones de PM<sub>10</sub>, en µg/m<sup>3</sup>, estaciones de Fondo de monitoreo SEVCA\_ZCC**

Puntos de monitoreo	ZM1 LOM A CEN TRO	ZM2 JAG UA CEN TRO	ZM3 LA LOM A 2	ZM4 LAS PALM ITAS	ZM5 LA AUR ORA	ZM12 RINC ÓN HON DO	ZM13 EL HATI LLO	ZM15 CHIRIG UANA	ZM19 BECE RRIL
Fecha inicio del muestreo	01/01/2015	01/01/2015	01/01/2015	01/01/2015	01/01/2015	01/01/2015	01/01/2015	01/01/2015	01/01/2015
Fecha final del muestreo	31/05/2015	31/05/2015	31/05/2015	31/05/2015	31/05/2015	31/05/2015	31/05/2015	31/05/2015	31/05/2015
N° de datos posibles	50	50	50	50	50	50	50	50	50
N° de datos recolectados	45	46	45	48	47	47	59	30	47
N° eficiencia de datos recolectados	90%	92%	90%	96%	94%	92%	78%	100%	94%
Media aritmética	57	61	46	22	56	51	59	47	56
Valor mínimo	18,4	17,8	20,5	7,8	13,5	13,6	25,9	17,8	26,39
Fecha valor mínimo	09/02/2015	09/02/2015	09/02/2015	28/05/2015	17/04/2015	09/02/2015	28/05/2015	05/05/2015	19/04/2015
Valor máximo	113,3	125,1	109,44	41,6	107,2	96,1	115,7	78,9	88,0
Fecha valor máximo	17/03/2015	11/03/2015	13/05/2015	11/03/2015	14/03/2015	11/03/2015	16/05/2015	10/05/2015	11/03/2015
Valores > norma diaria	2	3	1	0	1	0	2	0	0
Valores > norma anual	29	31	14	0	25	25	26	20	27
% excedencias norma anual	64%	67%	31%	0%	53%	54%	67%	40%	57%

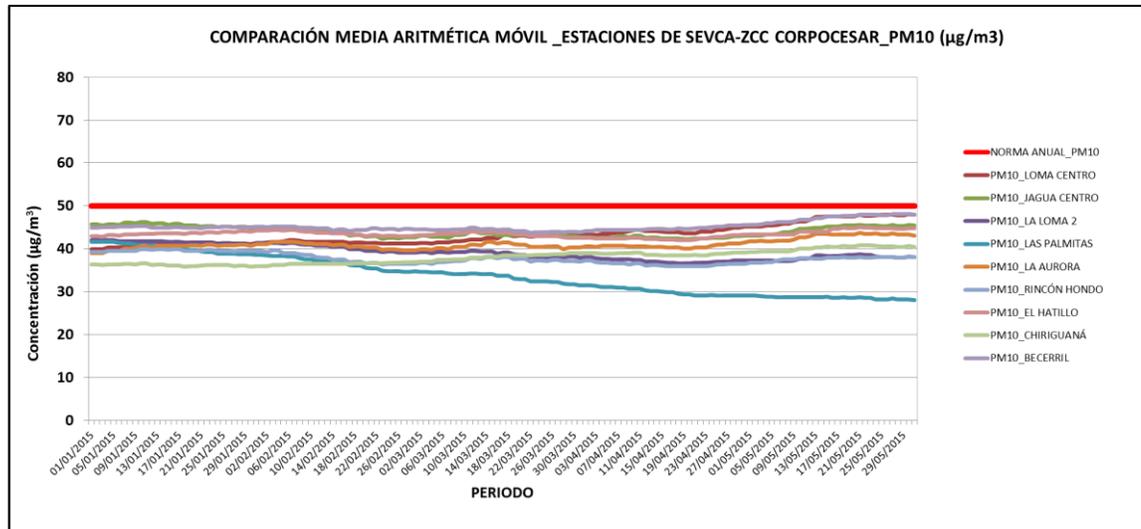
Fuente. Pasante

Las normas nacionales vigentes de calidad del aire para Colombia establecen un mínimo de 75% de eficiencia de captación de datos para así tener valides en el análisis de datos

recolectados. Para este caso, todas las estaciones superan el porcentaje de eficiencia de captación de datos del 75%, por lo que el análisis es representativo.

Se puede observar en la siguiente figura las medias aritméticas, su evolución y la comparación de las mismas con la norma anual de calidad del aire de PM<sub>10</sub>, 50 (µg/m<sup>3</sup>).

**Grafica 5. Comparación Media Aritmética de valores de PM<sub>10</sub> del SEVCA-ZCC CORPOCESAR.**



Fuente. Pasante

El análisis de la media aritmética para estaciones de CORPOCESAR presenta que el 100% de las estaciones tienen valores de la media aritmética por debajo de la norma anual de 50 µg/m<sup>3</sup>. Siendo la estación palmitas con valores más bajos y Jagua Centro una de las estaciones de concentraciones más altos.

Tomando como base las excedencias calculadas y los rangos presentados en el Decreto 979 de 2006 en su artículo 5 “Clasificación de áreas fuentes de contaminación” para la clasificación de áreas de contaminación, En la siguiente tabla se puede apreciar dicha clasificación:

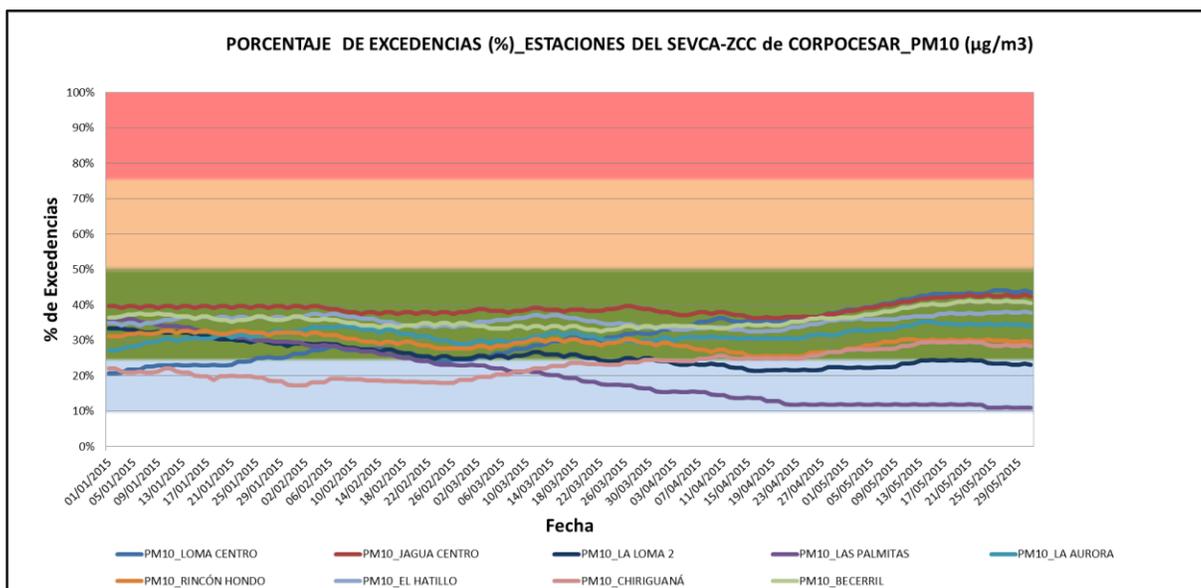
**Tabla 10. Clasificación área fuente de contaminación. Estaciones del SEVCA-ZCC CORPOCESAR de PM<sub>10</sub>**

Clasificación área fuente	Estación de Monitoreo
Alta (>75%)	
Media (50%-75%)	ZM1 LOMA CENTRO, ZM5 LA AURORA, ZM12 RINCÓN HONDO, ZM13 EL HATILLO, ZM19 BECERRIL, ZM2 JAGUA CENTRO,
Moderada (25%-50%)	ZM3 LA LOMA 2, ZM15 CHIRIGUANA,
Marginal (10%-25%)	
No clasifica (0%-10%)	ZM4 PALMITAS,

Fuente. Pasante

Se presenta en la Tabla 10 que ninguna estación de PM<sub>10</sub> del SEVCA-ZCC se clasifica en Alta con excedencias superiores al 75%, donde 6 de las 9 estaciones se encuentran en clasificación media. Las estaciones ZM3 La Loma 2, ZM15 Chiriguana se encuentran en clasificación Moderada, y la estación ZM4 Palmitas no clasifica en Area-Fuente.

**Grafica 6. Porcentaje de excedencias de las estaciones de la red de monitoreo de calidad del aire de CORPOCESAR. De valores de PM<sub>10</sub>, (µg/m<sup>3</sup>).**



Fuente. Pasante

Los porcentajes de excedencias se realizan con respecto a la norma anual de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Decreto 979 de 2006). Demuestran que la gran mayoría de las estaciones presentan contaminación moderada y contaminación marginal.

A continuación se presenta el análisis de concentraciones de  $\text{PM}_{10}$  obtenida por la red de monitoreo de CORPAMAG.

**Tabla 11. Análisis estadístico concentraciones de  $\text{PM}_{10}$ , en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , estaciones de la red de monitoreo de CORPAMAG**

<b>Puntos de monitoreo</b>	<b>DON JACA</b>	<b>COSTA VERDE</b>	<b>ZUANA</b>	<b>CLUB SANTA MARTA</b>	<b>MOLINO SANTA MARTA</b>
Fecha inicio del muestreo	01/01/2015	01/01/2015	01/01/2015	01/01/2015	01/01/2015
Fecha final del muestreo	31/05/2015	31/05/2015	31/05/2015	31/05/2015	31/05/2015
N° de datos posibles	50	50	50	50	50
N° de datos recolectados	46	34	41	41	46
N° eficiencia de datos recolectados	92%	68%	82%	82%	92%
Media aritmética	53	53	30	38	69
Valor mínimo	19.3	20.2	13.1	11.1	26.5
Fecha valor mínimo	30/05/2015	12/05/2015	20/02/2015	30/04/2015	03/05/2015
Valor máximo	84.8	107.7	97.5	129.6	144.8
Fecha valor máximo	30/04/2015	13/03/2015	06/01/2015	03/05/2015	01/03/2015
Valores > norma diaria	0	1	0	1	6
Valores > norma anual	27	18	5	11	33
% excedencias norma anual	59%	56%	12%	27%	72%

Fuente. Pasante

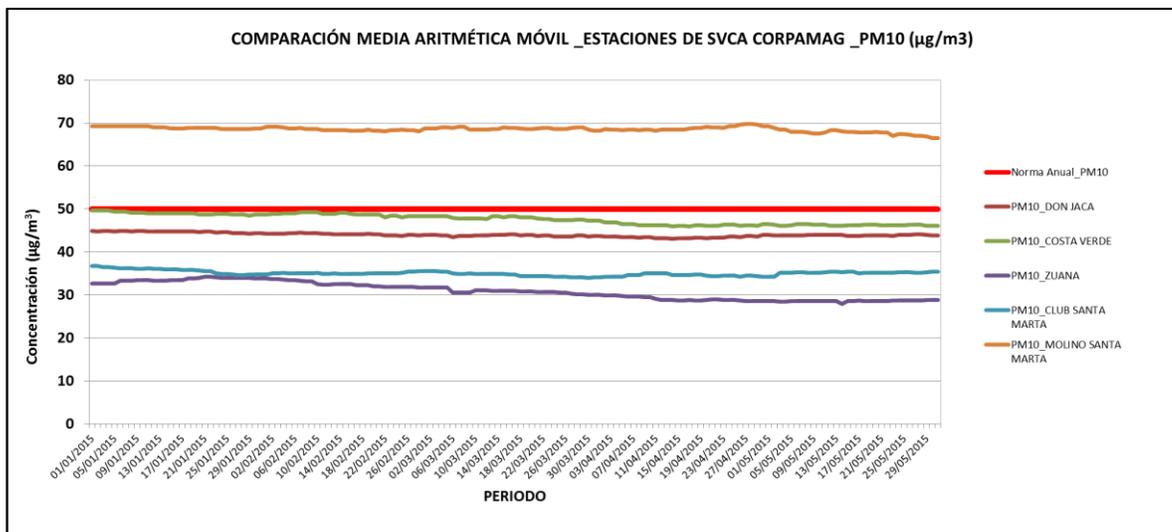
Las normas nacionales vigentes de calidad del aire para Colombia establecen un mínimo de 75% de eficiencia de captación de datos para así tener valides en el análisis de datos

recolectados. Para este caso, la estación de costa verde puede ser poco representativa al no alcanzar un porcentaje de eficiencia de captación de datos del 75%.

Las medias aritméticas que se presentan en las estaciones esta considerablemente altas con respecto a la norma anual de PM<sub>10</sub>, en donde las estaciones Don Jaca, Costa Verde y Molino Santa Marta están por encima, y las estaciones Zuana y Club Santa Marta tienen una media aritmética de 30 y 38 µg/m<sup>3</sup> respectivamente.

Se presenta en la siguiente figura las medias aritméticas, su evolución y la comparación de las mismas con la norma anual de calidad del aire de PM<sub>10</sub>, 50 (µg/m<sup>3</sup>).

**Grafica 7. Comparación Media Aritmética de valores de PM<sub>10</sub> en la red de monitoreo de CORPAMAG.**



Fuente. Pasante

Se presenta en la gráfica 7. Las comparaciones medias móviles de las estaciones muestran que las concentraciones se encuentran relativamente altas con respecto a la norma anual de PM<sub>10</sub> siendo 50 µg/m<sup>3</sup> el límite establecido. Claramente se puede observar, que la estación de Molino Santa Marta presenta valores muy elevados que superan la media de la norma anual de PM<sub>10</sub> muy por lo contrario de las demás estaciones que la media aritmética se encuentra por debajo del límite determinado.

Tomando como base las excedencias calculadas y los rangos presentados en el Decreto 979 de 2006 en su artículo 5 “Clasificación de áreas fuentes de contaminación” para la clasificación de áreas de contaminación, En la siguiente tabla se puede apreciar dicha clasificación:

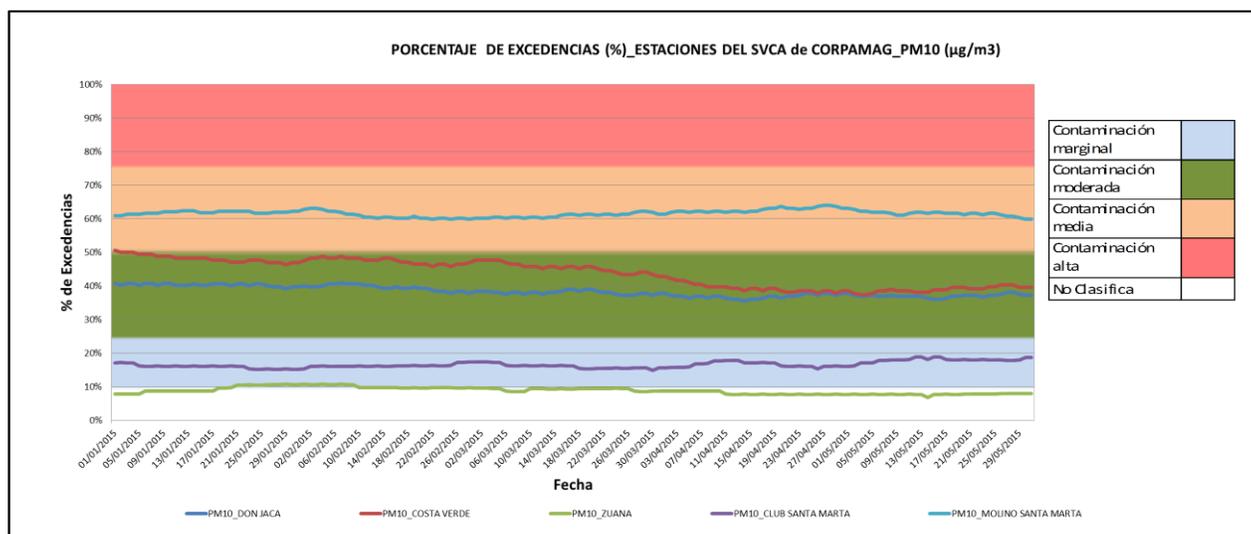
**Tabla 12. Clasificación área fuente de contaminación. Estaciones del SVCA de CORPAMAG de mediciones de PM<sub>10</sub>**

Clasificación área fuente	Estación de Monitoreo
Alta (>75%)	
Media (50%-75%)	DON JACA, COSTA VERDE, MOLINO SANTA MARTA
Moderada (25%-50%)	CLUB SANTA MARTA
Marginal (10%-25%)	ZUANA
No clasifica (0%-10%)	

Fuente. Pasante

En la tabla 12 se presenta la clasificación de área fuente para las estaciones del SVCA de PM<sub>10</sub> Corpamag, donde se observa que las estaciones Don Jaca, Costa Verde y Molino Santa Marta está clasificada como Media, la estación Club Santa Marta está en clasificación Moderada y tan solo Zuana está en clasificación Marginal por presentar menores excedencias en el tiempo de muestreo.

**Grafica 8. Porcentaje de excedencias de las estaciones del SVCA de CORPAMAG. De valores de PM<sub>10</sub>, (µg/m<sup>3</sup>).**



Fuente. Pasante

El cálculo de porcentaje de las excedencias se realiza con respecto a la norma anual de PM<sub>10</sub> de 50 µg/m<sup>3</sup>, Decreto 979 de 2006 de Área – Fuente. En este se demuestra que la estación Molino Santa Marta por presentar valores tan altos presenta contaminación

moderada. Estaciones como Don Jaca y Costa Verde presentan contaminación moderada y las estaciones Zuana y Club Santa Marta presentan contaminación marginal.

**3.1.2 Meteorología.** Con la información obtenida de las estaciones meteorológicas El Descanso Norte y Borrego de la red de monitoreo de calidad de Aire pertenecientes a las empresas mineras del Cesar y puestas a disposición a CORPOCESAR, se han elaborado rosas de viento, graficas de precipitación mensual acumulada, de temperatura promedio y velocidad del viento promedio horario y mensual correspondiente a los primeros 5 meses del año 2015.

La ubicación de las estaciones meteorológicas se muestra en la Figura 2. A continuación se presenta la conformación de estaciones meteorológicas para la operación minera del Cesar.

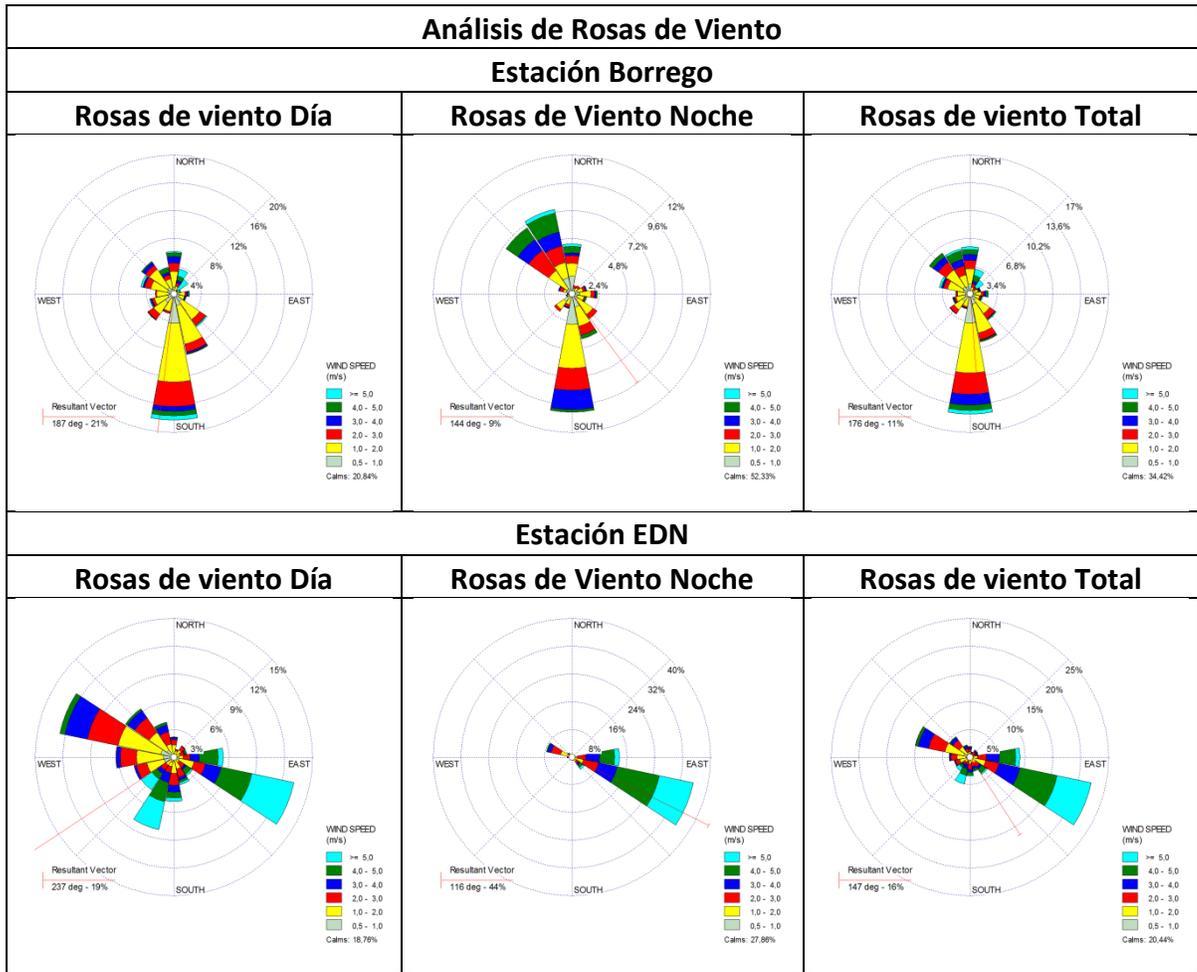
**Tabla 13. Estaciones Meteorológicas de la ZCC.**

<b>Estaciones Meteorológicas</b>
<b>MINA</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• El Descanso Norte (EDN)</li><li>• Borrego</li></ul>

Fuente. Pasante

**3.1.2.1 Rosas de viento.** En este análisis se muestra el comportamiento del viento en las distintas estaciones en cuanto a dirección e intensidad de este mismo. Indicando un factor clave en el análisis de la calidad del aire para proyectar programas que ayude a minimizar el impacto de la contaminación atmosférica e indicador de evaluación de la calidad del aire. A continuación se muestra el análisis de rosas de viento de las estaciones de la red de monitoreo de Puerto:

**Figura 3. Análisis de rosas de viento en estaciones del SEVCA-ZCC**



Fuente. Pasante

Se puede observar en el análisis de rosas de viento que la estación Borrego, que la dirección del viento se presentó de orientación Norte-Sur con velocidades entre 1 y 2 m/s. Y que en la estación El Descanso Norte, el comportamiento del viento fue predominante las velocidades superiores a 5 m/s, con direcciones de Noroccidente a Sureste.

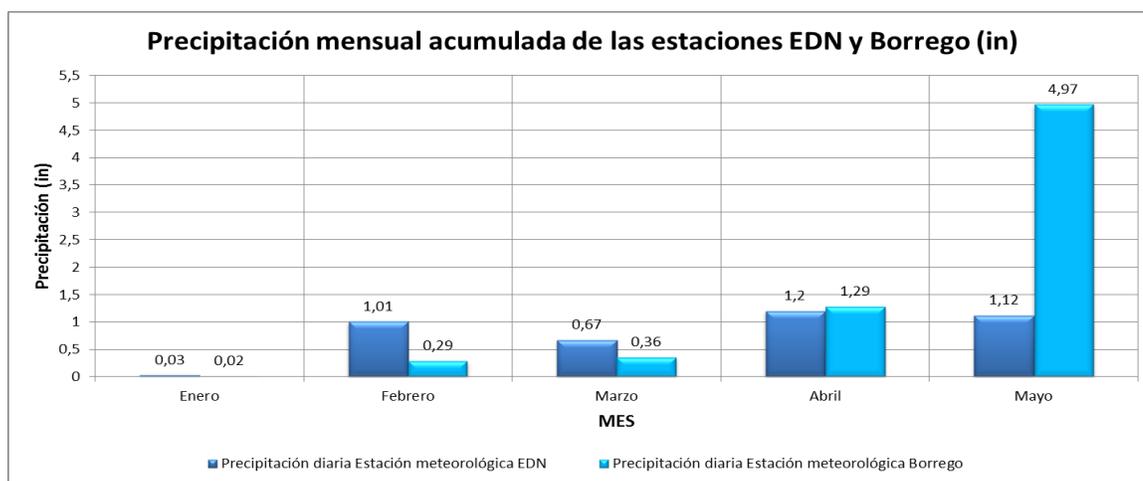
La conformación orográfica del valle influye en la dirección de los vientos en la zona. Se destaca que la zona minera del Cesar está en un punto de división de dos valles, el del departamento del Cesar y el del río Magdalena. Esta condición hace que en la zona se presenten vientos de muchas direcciones.

**3.1.2.2 Precipitación.** Se presenta un análisis de la precipitación mensual acumulada que se han presentado en el trimestre del año 2015 obtenida por las estaciones meteorológicas en la Zona Carbonífera del Cesar. De acuerdo con la precipitación media mensual (139,192 mm), la ZCC se califica como zona “Fuerte” en términos de precipitación (Secretaria

Distrital de Ambiente, Dirección de Control Ambiental, Red de monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá D.C. (RMCAB) Informe anual consolidado sobre niveles de concentración de contaminantes, 2008.).

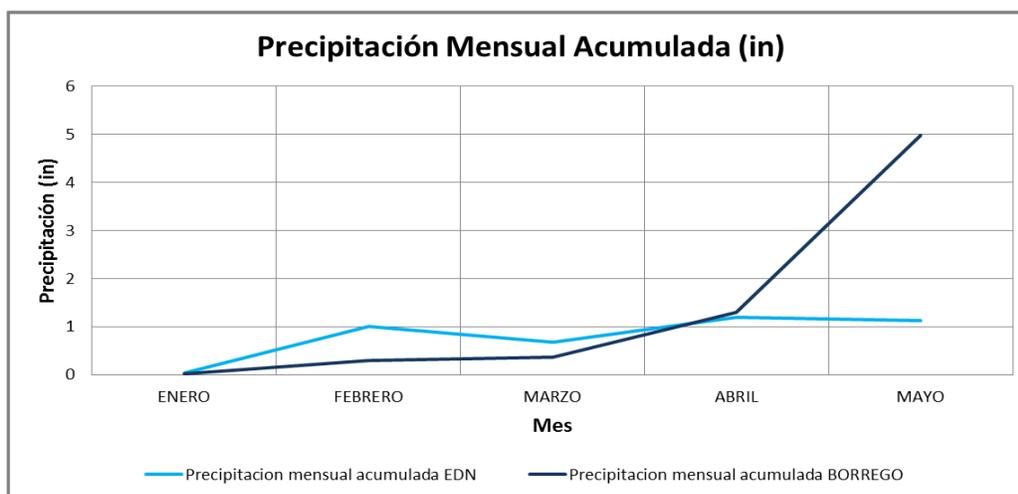
Durante los primeros 5 meses del año del 2015 se registró la precipitación en las dos estaciones de la ZCC que cuenta con pluviómetro, según lo reporta la Gráfica 9. Los datos recolectados por estas estaciones permitieron establecer un comportamiento de este parámetro en la ZCC, los datos analizados fueron de formato horario.

**Gráfica 9. Precipitación Mensual Acumulada de la Estación El descanso Norte y Borrego (in) Para los meses Enero, Febrero, Marzo, Abril y Mayo del año 2015.**



Fuente. Pasante

**Gráfica 10. Comportamiento de la precipitación media mensual de la ZCC de los meses Enero, Febrero, Marzo, Abril y Mayo del año 2015.**



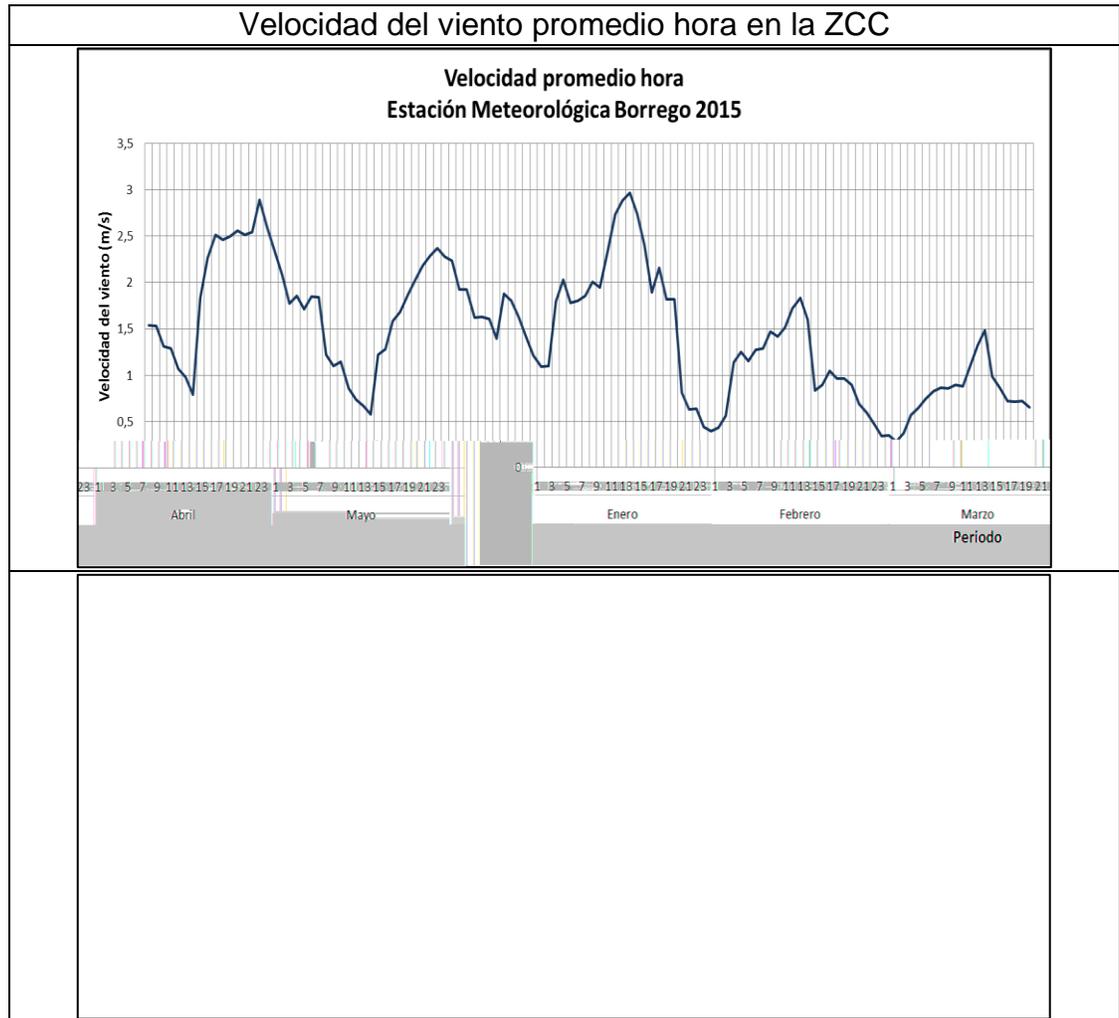
Fuente. Pasante

En la gráfica 9. Se observa la cantidad de precipitación dada en la zona carbonífera del Cesar para los primeros 5 años del año 2015, en donde se presentó mayor precipitación en la estación Borrego con una precipitación mensual acumulada de 176,022 mm de agua mientras que la estación El Descanso Norte la precipitación fue de 102,362 mm de Agua, siendo el mes de Mayo de mayor precipitación y el mes de Enero de menor precipitación en la ZCC como se presenta en gráfica 10.

**3.1.2.3 Velocidad del Viento.** Se presenta la velocidad del viento que registraron las estaciones meteorológicas de la ZCC durante los 5 primeros meses del año 2015 por lo que el análisis será para las velocidades promedio mensual y velocidades promedio hora. La velocidad del viento en superficie se refiere a la velocidad que alcanza esta variable meteorológica a 10 metros de altura, que es la norma internacional establecida por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) como estándar para la medición y seguimiento del viento.

En la gráfica 11 se muestra el comportamiento promedio hora de la velocidad promedio del viento en los primeros 5 meses del 2015 en las estaciones meteorológicas de la ZMC, y en la gráfica 12 se muestra el comportamiento promedio mensual de la velocidad promedio en los primeros 5 meses del 2015.

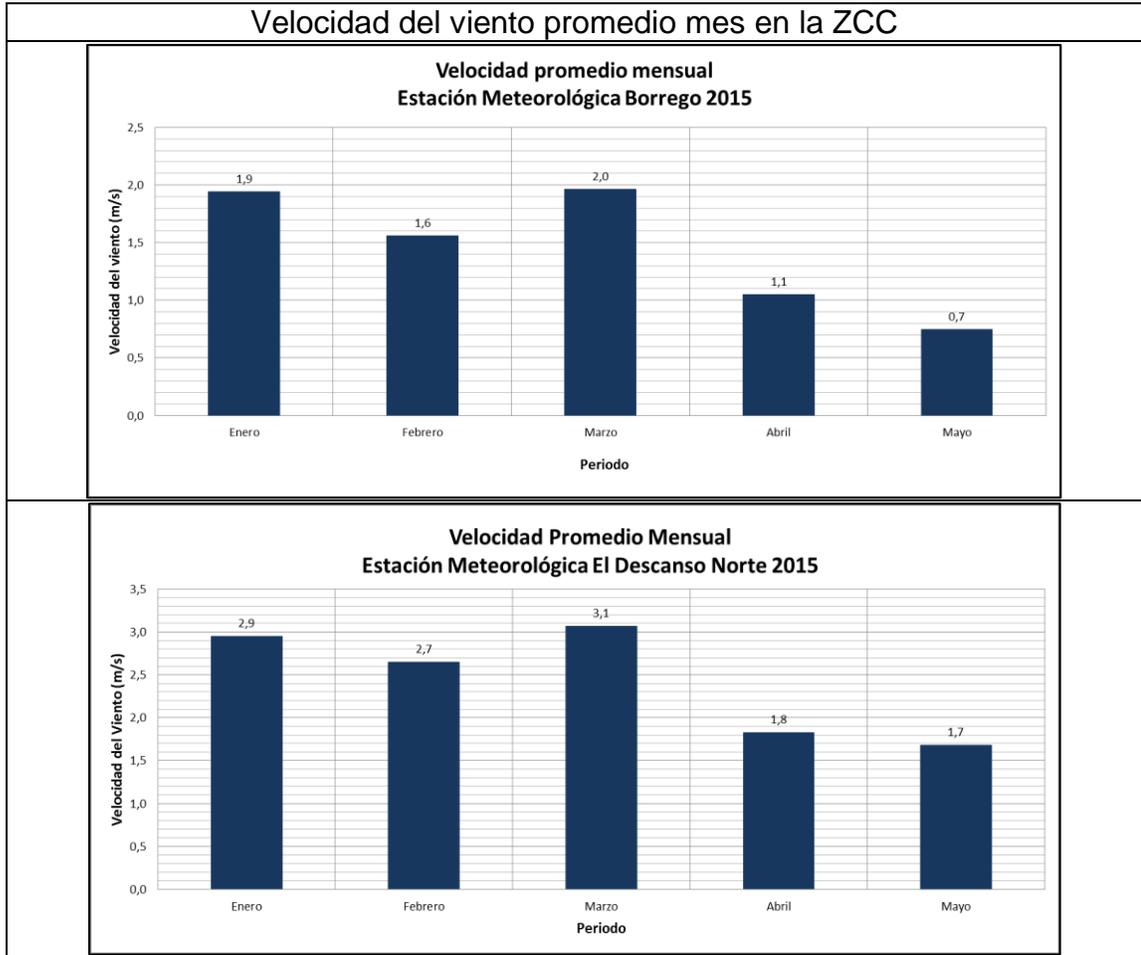
**Gráfica 11. Velocidad del viento promedio hora en la ZCC**



Fuente. Pasante

En las gráficas se observa que en la zona norte de la ZCC se alcanzan velocidades promedio hora entre 0,3 m/s y 3.7 m/s, siendo un poco más altas las velocidades registradas en la estación El Descanso Norte de la ZCC.

**Gráfica 12. Velocidad del viento promedio mes en la ZCC**



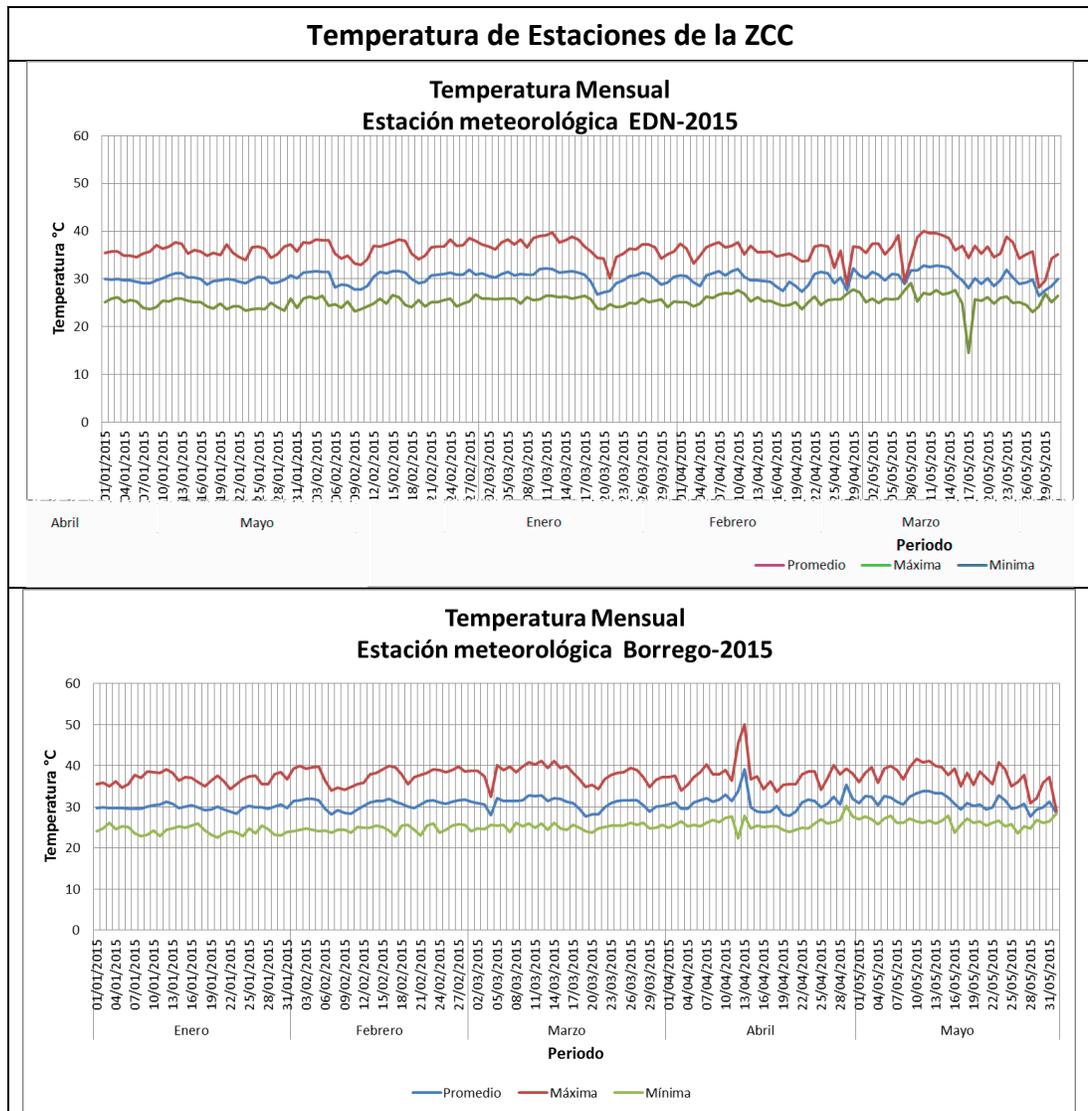
Fuente. Pasante

Las velocidades promedio mensual varían entre 1.1 m/s y 3,1 m/s, aunque en la estación Borrego se registran velocidades más bajas, entre 0.7 m/s y 2,0 m/s.

Las velocidades registradas en este periodo de tiempo no superaron una velocidad máxima del viento de 10 m/s, por lo tanto, la probabilidad de que se presenten emisiones de TSP o PM<sub>10</sub> por efectos de la acción erosiva del viento en pilas de carbón o botaderos, o afectaciones de centros poblados en el momento de las voladuras en las minas de la región, es mínimo, y demuestra que las posibilidades de eventos críticos por erosión eólica son despreciables.

**3.1.2.4 Temperatura.** La temperatura se presenta para los primeros cinco meses del año 2015 de las estaciones del EDN y Borrego de la ZCC.

**Grafico 11. Temperatura mensual de las estaciones EDN y Borrego de los primeros 5 meses del año 2015.**



Fuente. Pasante

En la gráfica 20 se muestra el comportamiento máximo, promedio y mínimo mensual de la temperatura ambiente, en los meses de Enero, Febrero, Marzo, Abril y Mayo, en las estaciones meteorológicas de la ZCC.

En la figura se observa que las temperaturas máximas de la ZMC varían entre 35°C y 40°C, las temperaturas promedio oscilan entre 27°C y 32°C y las temperaturas mínimas varían entre 19°C y 25°C. El comportamiento de estas temperaturas es muy similar en las dos estaciones analizadas.

Estas temperaturas son acordes a la ubicación geográfica de la ZCC respecto a la línea del Ecuador en el planeta tierra y sus variaciones obedecen a los ciclos o temporadas anuales de lluvia y sequía que se presentan en el territorio Colombiano.

**3.1.3 Aplicabilidad de la Información procesada.** El resultado de este trabajo muestra la información que se ha adelantado hasta la fecha para el cumplimiento del análisis y el procesamiento de información de calidad del aire y meteorología para la presentación de informes de cumplimiento ambiental y planes de riego como parte de asesorías de Air Quality Management para las empresas mineras del Cesar como trabajo de pasantía que se adelanta.

Entre los productos que se desarrollan en E&C Ambiental S.A.S. en los que se encuentra aplicabilidad del presente informe están:

- Informes mensuales de Calidad del Aire para DRUMMOND LTD.
- Informes de Planes de Riego para DRUMMOND LTD.
- Informe de Cumplimiento Ambiental (ICA) para DRUMMOND LTD.
- Información preliminar para la realización de modelos de dispersión en zona de influencia.

#### **4. DIAGNOSTICO FINAL**

Evaluación y Control Ambiental S.A.S. ofrece a sus clientes una amplia gama de servicios de asesoría y apoyo en estudios ambientales como soluciones a problemas de contaminación del aire y ruido específicos. Entre estos se destaca la presentación de planes de riego e informes de cumplimiento ambiental (ICA) como parte de asesorías de Air Quality Management (AQM) para las empresas mineras del Cesar. Pero se hacía necesario poder entender el comportamiento de la calidad del aire en términos de material particulado y el comportamiento meteorológico de la zona.

Con la realización de este trabajo, se consiguió obtener el análisis actual de la calidad del aire en la Zona Carbonífera del Cesar (ZCC) y el comportamiento meteorológico que se registró en el periodo de los 5 primeros meses del año 2015. Lo que permitirá desarrollar una asesoría completa de AQM: los comportamientos meteorológicos de la ZCC como la precipitación fijará las pausas de la elaboración de los planes de riego para las minas en el Cesar, del mismo modo, se tendrán en cuenta las estaciones que presentó mayor contaminación para ejercer control y seguimiento especial en la zona.

A demás, La empresa Evaluación y Control Ambiental S.A.S. queda con una base de datos consolidada que se elaboró durante el periodo de pasantía con la información dotada por Corpocesar y Corpamag, que permitirá dar soporte estadístico al momento de realizar futuros estudios similares.

Por último, con mi trabajo en Evaluación y Control Ambiental S.A.S. se logró dar apoyo a la realización de estudios ambientales con respecto a la calidad del aire de la ZCC, dando un aporte para que las empresas mineras del Cesar ejerzan control ambiental y minimicen los impactos negativos en el ambiente y salud pública por contaminación atmosférica.

## 5. CONCLUSIONES

Con el procesamiento y el análisis de la información de calidad del aire y meteorología de Corpocesar y Corpamag se logró definir las zonas más críticas de contaminación atmosférica en clasificación de las estaciones analizadas en área-fuente, así como el nivel de excedencias con respecto a las normas ambientales de calidad del aire para Material particulado menores de 10  $\mu$  ( $PM_{10}$ ) y partículas suspendidas totales (TSP). Además, se logró analizar el comportamiento meteorológico presentado en los primeros 5 meses del año 2015.

Se evaluó y organizó la información proporcionada por la red de monitoreo de calidad de aire y meteorología de CORPOCESAR y CORPAMAG obteniendo para la información meteorológica las siguientes conclusiones. Los registros temperaturas promedio mensuales de la ZCC oscilan entre 27°C y 32°C y son coherentes con la ubicación geográfica de la ZCC respecto a la línea del Ecuador en el planeta tierra.

Los registros de precipitación mensual de la ZCC están entre 0 mm agua y 500 mm agua. Esto califica la región en “Moderada”, “Fuerte”, “Muy Fuerte” e “Intensa” (RMCAB, 2008).

Los registros de dirección del viento en la ZCC indican que en la zona se presentan vientos provenientes de muchas direcciones con velocidades promedio entre 0,5 m/s y 3,5 m/s. Dado que ningún valor sobrepasa los 10 m/s, por lo que es poco probable que se presente erosión de tipo eólica en este periodo de tiempo.

Como resultado de la información de calidad del aire se puede concluir que tanto para las estaciones de  $PM_{10}$  y TSP de la red de monitoreo de Corpocesar y Corpamag presentan medias muy cercanas al límite de la norma ambiental de TSP y  $PM_{10}$ . Incluso, las estaciones ZM1 Loma Centro de TSP del SEVCA de Corpocesar, y la estación INVEMAR de TSP del SVCA de Corpamag presentan una media superiores a los límites permisibles de calidad del aire, y presentan porcentajes de excedencias superiores al 75%, por lo que clasifican como “Altas”. Cabe recalcar que las mayoría de las estaciones obtuvieron porcentajes de captación de datos superiores al 75% son de tipo representativas y regulatorias, y tan solo la estación CAJAMAG del SVCA de Corpamag es de tipo indicativa.

Se logró consolidar y establecer una base de datos de manera que facilitó que la información pueda ser procesada y analizada por medio de software de análisis estadístico. Entre estos software se destacan Excel y WRPLOT de Lakes Environmental Software.

Se logró comprender la importancia de la realización de este estudio analítico de la calidad del aire como factor elemental para la elaboración de mecanismos que minimicen los impactos negativos en el ambiente causado por las empresas mineras del País, de esta manera poder mejorar la calidad de vida de la población y del medio ambiente.

## **6. RECOMENDACIONES**

Como recomendaciones, es importante actualizar la base de datos de calidad del aire consolidada tan pronto los datos ingresan a la empresa, dado que el volumen de dicha información puede ser extensa.

Se debe realizar el procesamiento y el análisis de datos de calidad de aire y meteorología por lo consiguiente de todo el año 2015, para poder obtener un análisis anual que sea más representativo.

Se recomienda hacer un análisis meteorológico y de calidad del aire multianual e histórico que represente la evolución de las variables en la Zona Carbonífera del Cesar.

Se recomienda mantener a un personal permanente en la empresa encargado de realizar este tipo de análisis constantemente por la complejidad, volumen y flujo de la información manejada.

## BIBLIOGRAFIA

COLOMBIA, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 610 (4 de Abril del 2010). Por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006. Diario Oficial. Bogotá D.C., 2010.

COLOMBIA, PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. Decreto 948 (5 de Junio, 1995) prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire. Diario Oficial. Bogotá D.C., Junio, 1995.

COLOMBIA, PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA. Decreto 979 (3 de Abril del 2006). por el cual se modifican los artículos 7°, 10, 93, 94 y 108 del Decreto 948 de 1995. Diario Oficial. Bogotá D.C., 2006.

ECHARRI, Luis. Población, Ecología y Ambiente: Contaminación Atmosférica. Universidad de Navarra. España. 2007. P. 1-20.

ESPAÑA, COMUNIDAD AUTONOMA DE ANDALUCIA. Ley 7 (18 de Mayo, 1994) Protección Ambiental de Andalucía. Julio, 1994.

LABORATORIO DEL GRUPO DE INGENIERÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL. Vigilancia epidemiológica de los efectos de la contaminación atmosférica por material particulado sobre una población potencialmente expuesta en el corregimiento de alta vista, municipio de Medellín. Universidad de Antioquia, Medellín, 2009.104 p.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Manual de seguimiento ambiental de proyectos Criterios y procedimientos. Bogotá D.C., ISBN: 958-9487-43-2. Agosto, 2002.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire. Bogotá D.C., K2 ingeniería. (Abril, 2007)

SCHWELA, Dietrich. Gestión de Calidad del Aire, Transporte Sostenible: Texto de Referencia para formuladores de políticas públicas de ciudades en desarrollo. Manfred Breithaupt, Andy Obermeyer. Eschborn, Alemania. Diciembre, 2011.

RAMÍREZ LARA, Evangelina. ANÁLISIS DE PARÁMETROS METEOROLÓGICOS UTILIZANDO EL MODELO DE LA ROSA DE LOS VIENTOS. Universidad Autónoma Nuevo León. México. Mayo, 2007.

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA. Simulaciones Especiales. Tarea 2: Medición de Concentraciones de Fondo. Informe de Final. Colombia. Agosto de 2010.

## REFERENCIAS DOCUMENTALES ELECTRONICAS

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL MAGDALENA. Quienes somos: caracterización [on line]. Santa Marta. [Citado en Abril, 2015]. Disponible en: <http://www.corpamag.gov.co/index.php/es/quienes-somos/caracterizacion>  
DRUMMOND. Compromiso Ambiental: Calidad del Aire. [on line]. [Citado en Abril, 2015]. Disponible en: <http://www.drummondlt.com/compromiso-ambiental/calidad-del-aire/>

ECOLOGIAHOY. Contaminación Atmosférica. [on line]. Febrero, 2011 [citado abril, 2015]. Disponible en: <http://www.ecologiaho.com/contaminacion-atmosferica>  
Evaluación y Control Ambiental S.A.S. Diseñamos soluciones. Nosotros. [on line]. [Citado el 21 de enero, 2015]. Disponible en: <http://www.eycambiental.com/sitio/node/>

LAKES ENVIRONMENTAL. WRPLOT View, Wind Rose Plot for Meteorological Data. [on line]. [Citado en Abril, 2015]. Disponible es: <http://www.weblakes.com/products/wrplot/?AspxAutoDetectCookieSupport=1>  
SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE. Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB [on line] Bogotá D.C., Colombia. [Citado en Abril, 2015]. Disponible en: <http://ambientebogota.gov.co/red-de-calidad-del-aire>

SISTEMA DE INFORMACION AMBIENTAL EN COLOMBIA. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire Comportamiento y tendencias. [On line]. Bogotá D.C. Colombia, 2015. [Citado en Abril, 2015) Disponible en: <https://www.siac.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=689&conID=594>

SISTEMA DE MONITOREO ATMOSFERICO. Índice de Calidad del Aire. [on line] Ciudad de México D.F. [Citado en Abril, 2015]. Disponible en: <http://www.aire.df.gob.mx/default.php?opc=%27ZaBhnmI=&dc=%27Zw==>

UNIDAD DE PLANEACION MINERO ENERGETICA. Guía ambiental: Manejo Ambiental de polvo. [on line] [Citado en Abril, 2015]. Disponible en: [http://www.upme.gov.co/guia\\_ambiental/carbon/gestion/guias/min\\_cab/contenid/medidas2.htm](http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/carbon/gestion/guias/min_cab/contenid/medidas2.htm)

# **ANEXOS**

## ANEXOS

### ANEXOS A. Datos muestreados por el SEVCA-ZCC de Corporcesar y por el SVCA de Corpamag

Se presenta las concentraciones de las estaciones del SEVCAZCC de CORPOCESAR y del SVCA de CORPAMAG de los primeros 5 meses del año 2015 para iniciar el procesamiento y análisis de esta para de esta manera ser utilizada en la presentación de ICA y Planes de Riego como parte de asesoría de AQM.

#### Concentraciones de PM<sub>10</sub> y TSP del SEVCAZCC de CORPOCESAR.

FECHA	PM10_LOMA A CENTRO_CC _CR (ug/m3)	TSP_LOMA CENTRO_CC _CR (ug/m3)	PM10_JAG UA CENTRO_CC _CR (ug/m3)	TSP_JAGUA CENTRO_CC _CR (ug/m3)	PM10_L A LOMA 2_CC_C R (ug/m3)	TSP_LA LOMA 2_CC_C R (ug/m3)	PM10_LAS PALMITAS_C C_CR (ug/m3)	PM10_LA AURORA_CC _CR (ug/m3)	TSP_LA AURORA_CC _CR (ug/m3)
01/01/2015			47,85	116,06			18,61	60,77	133,18
04/01/2015	70,99		81,67	227,78	40,3	135,35		87,07	223,33
07/01/2015	58,76	212,6	97,04	226,71	36,24	115,1	27,39	95,48	
10/01/2015		125,69	64,18	151,29	42,87	115,88	25,9	80,88	
13/01/2015	45,63	142,68	60,08	124,08	41,26	111,77	26,65	74,29	145,82
16/01/2015	38,12	120,54	69,24	145,16	37,75	84,08	22,28	49,76	81,29
19/01/2015	49,79	138,44	52,22		43,38	124,92	20,42	50,45	109,26
22/01/2015	52,37	147,99	58,8	127,84	43,41	106,68	29,26	63,92	119,1
25/01/2015	57,75	137,76	70,6		61,55	129,09	27,66	51,51	87,34

FECHA	PM10_LOMA CENTRO_CC _CR (ug/m3)	TSP_LOMA CENTRO_CC _CR (ug/m3)	PM10_JAG UA CENTRO_CC _CR (ug/m3)	TSP_JAGUA CENTRO_CC _CR (ug/m3)	PM10_L A LOMA 2_CC_C R (ug/m3)	TSP_LA LOMA 2_CC_C R (ug/m3)	PM10_LAS PALMITAS_C C_CR (ug/m3)	PM10_LA AURORA_CC _CR (ug/m3)	TSP_LA AURORA_CC _CR (ug/m3)
015									
28/01/2 015	39,83	108,95	59,72	125,92	35,94	87,13	26,5	60,97	118,01
31/01/2 015	65,17	210,95	71,71	115	97,56	140,39	26,2	71,39	126,36
03/02/2 015	56,9	168,58	88,16	219,73	44,69	115,06	22,21	84,82	155,84
06/02/2 015	64,12	152,69	39,01	66,77	44,38	92,3	22,04		
09/02/2 015	27,88	64,9	22,08	37,85	22,38	41,6	12,9	18,48	19,41
12/02/2 015			50,04	91,08					
15/02/2 015	40,67	142,21	56,66	106,32	56,33	182,15	24,18	50,87	87,35
18/02/2 015	47,79	124,13	62,55	130,96	39,46	83,44	26,7	48,25	66,3
21/02/2 015	45,56	161,37	59,81	156,86	45,87	115,1	17,69		
24/02/2 015	50	156,2	74,16	139,85	58,29	155,52	24,05	46,45	86,81
27/02/2 015			71,4	158,55			24,51	38,31	71,38
02/03/2	52,29	235,19	84,66	161,29	54,31	164,53	20,97	63,03	144,61

FECHA	PM10_LOMA A CENTRO_CC _CR (ug/m3)	TSP_LOMA CENTRO_CC _CR (ug/m3)	PM10_JAG UA CENTRO_CC _CR (ug/m3)	TSP_JAGUA CENTRO_CC _CR (ug/m3)	PM10_L A LOMA 2_CC_C R (ug/m3)	TSP_LA LOMA 2_CC_C R (ug/m3)	PM10_LAS PALMITAS_C C_CR (ug/m3)	PM10_LA AURORA_CC _CR (ug/m3)	TSP_LA AURORA_CC _CR (ug/m3)
015									
05/03/2 015	63,18	252,61			64,54	192,18	33,76	82,28	174,34
08/03/2 015	68,13	255,45	118,75	274,27	56,14	177,2	27,16	85,19	180,03
11/03/2 015	70,59	235,75	125,1	282,21	65,43	185,12	41,63	86,03	171,35
14/03/2 015	67,3	286,86		241,57		234,63	34,27	107,18	229,14
17/03/2 015	113,32	245,62	56,32	109,34	64,65	177,22	33,37	66,61	125,84
20/03/2 015	55,94		41,46	82,37	28,77	46,74	16,17	28,73	44,18
23/03/2 015	51,26	93,65	58,33	114,85	43,56	108,6	25,91	43,61	67,45
26/03/2 015	64,21	142,99	53,86	107,77	61,32	170,8	24,83	47,62	85,17
29/03/2 015	46,05	112,84	26,46	52,36	55,15	200,48	16,92	68,49	54,11
01/04/2 015	52,29	141,4	43,9	82,54	41,58	118,45	20,73	69,8	89,62
04/04/2 015	63,18		42,27	95,69	25,36	53,74	14,14	63,46	
07/04/2	68,13	167,71	85,18	174,63	30,34	149,12	20,68	43,23	133,91

FECHA	PM10_LOMA A CENTRO_CC _CR (ug/m3)	TSP_LOMA CENTRO_CC _CR (ug/m3)	PM10_JAG UA CENTRO_CC _CR (ug/m3)	TSP_JAGUA CENTRO_CC _CR (ug/m3)	PM10_L A LOMA 2_CC_C R (ug/m3)	TSP_LA LOMA 2_CC_C R (ug/m3)	PM10_LAS PALMITAS_C C_CR (ug/m3)	PM10_LA AURORA_CC _CR (ug/m3)	TSP_LA AURORA_CC _CR (ug/m3)
015									
10/04/2 015	70,59	164,75	81,76	147,95	27,86	136,07	28	30,28	125,27
13/04/2 015	36,36	59,98	50	97,24	34,26	58,86	20,79	37	60,9
16/04/2 015	33	70,93	38,6	71,58	24,96	61,29	12,07	38	70,2
19/04/2 015	18,44	47,3	32,86			63,91	11,03	13,53	
22/04/2 015	82,26	129,71		126,06	40,3	120,14	22,97	48,04	78,2
25/04/2 015	74,5	163,18	40,09	59,42	45,01	96,55	26,65	74,06	112,3
28/04/2 015	75,71	152,55	72,72	111,26	61,8	137,14	27,83	41,31	51,31
01/05/2 015	52,29	78,1	55	92,14	37,61	69,04	17,3	57,23	80,87
04/05/2 015	63,18	112,61	77	167,91	34,82	83,54	19,48	38,05	51,14
07/05/2 015	68,13		91,27	172,64			20,09		
10/05/2 015	70,59	159,51	111,45	173,19	73,76	143,31	26,31	87,77	137,55
13/05/2	115,74	118,23	64,12	239,94	109,44	229,52	27,23	95,78	166,45

FECHA	PM10_LOMA A CENTRO_CC _CR (ug/m3)	TSP_LOMA CENTRO_CC _CR (ug/m3)	PM10_JAG UA CENTRO_CC _CR (ug/m3)	TSP_JAGUA CENTRO_CC _CR (ug/m3)	PM10_L A LOMA 2_CC_C R (ug/m3)	TSP_LA LOMA 2_CC_C R (ug/m3)	PM10_LAS PALMITAS_C C_CR (ug/m3)	PM10_LA AURORA_CC _CR (ug/m3)	TSP_LA AURORA_CC _CR (ug/m3)
015									
16/05/2 015		118,25			36,42	64,53	9,31	30,7	63,12
19/05/2 015				91,22	39,55	78,15	14,68	41,64	66,97
22/05/2 015	25,28	50,37	27,2	58,13	20,48	33,09	8,78	22,8	33,31
25/05/2 015	56,9	69,22	23,94	89,32	24,38	52,03		20,67	25,52
28/05/2 015	38,9	59,85	17,79	71,07	22,88	30,51	7,83	19,42	22,92
31/05/2 015	29,8	80,14	21	84,18	37,08	112,88	10,45	23,82	37,41

FECHA	PM10_ RINCÓN HONDO _CC_CR (ug/m3)	TSP_RIN CÓN HONDO _CC_CR (ug/m3)	PM10_E L HATILLO _CC_CR (ug/m3)	TSP_EL HATILLO _CC_CR (ug/m3)	PM10_CHIRIG UANÁ_CC_CR (ug/m3)	PM10_BECE RRIL_CC_CR (ug/m3)	PM10_BOQU ERÓN_CC_CR (ug/m3)	TSP_BOQUE RÓN_CC_CR (ug/m3)	PM10_P LAN BONITO _CC_CR (ug/m3)	TSP_PL AN BONITO _CC_CR (ug/m3)
01/01 /2015	50,37	127,01	59,62	177,88	40,08	62,13	66,37	139,69	59,58	97,5
04/01 /2015	66,45	187,86	78,64	272,64	44,81	50,04			136,99	199,17
07/01	47,19	123,01	79,28	252,29	43,82	48,99		109,29	101,35	184,83

FECHA	PM10_RINCÓN HONDO _CC_CR (ug/m3)	TSP_RINCÓN HONDO _CC_CR (ug/m3)	PM10_EL HATILLO _CC_CR (ug/m3)	TSP_EL HATILLO _CC_CR (ug/m3)	PM10_CHIRIGUANÁ _CC_CR (ug/m3)	PM10_BECE RRIIL _CC_CR (ug/m3)	PM10_BOQUERÓN _CC_CR (ug/m3)	TSP_BOQUERÓN _CC_CR (ug/m3)	PM10_PLAN BONITO _CC_CR (ug/m3)	TSP_PLAN BONITO _CC_CR (ug/m3)
/2015										
10/01/2015	75,46	156,25	66,18	180,99	53,81	43,6	62,69	118,11	99,94	210,26
13/01/2015	54,19	114,18	58,3	131,73	45,83		49,83	132,64	98,34	180,46
16/01/2015	52,58	106,86	51,48	106,76	41,21	60,27	49,83	130,35	62,76	103,97
19/01/2015	39,92	70,64	64,9	173,19	51,97	45,69	60,3	119,31	92,76	152,78
22/01/2015	73,54	135,39	73,44	180,9	44,33	67	49,83	101,81	71,09	139,49
25/01/2015		104,55	76,59	137,96	41,26	56,26	61,12			153,65
28/01/2015	62,05	173,82	71,71		43,46	47,46	64,05	145,56	64,92	130,76
31/01/2015			80,5	208,45	44,6	59,86	75,45	130,99	126,53	216,9
03/02/2015	72,01	190,43	59,1	163,41	57,99	49,39			105,06	
06/02/2015		150,97	54,45	133,05	59	44,82			80,69	135,03
09/02/2015	13,6	26,55	27,47	55,09	40,46	39,97		67,01	49,99	82,31
12/02/2015	30,6	55,08			38,25			119,02	75,4	168,3

FECHA	PM10_RINCÓN HONDO _CC_CR (ug/m3)	TSP_RINCÓN HONDO _CC_CR (ug/m3)	PM10_EL HATILLO _CC_CR (ug/m3)	TSP_EL HATILLO _CC_CR (ug/m3)	PM10_CHIRIGUANÁ _CC_CR (ug/m3)	PM10_BECE RRIIL _CC_CR (ug/m3)	PM10_BOQUERÓN _CC_CR (ug/m3)	TSP_BOQUERÓN _CC_CR (ug/m3)	PM10_PLAN BONITO _CC_CR (ug/m3)	TSP_PLAN BONITO _CC_CR (ug/m3)
/2015										
15/02/2015	55,18	74,2	45,66	126,62	32,92	68,15		116,53	72,46	208,3
18/02/2015	58,18	104,32	43,51	91,27	43,11	74,64			57,38	98,73
21/02/2015	47,66	70,35	72,03	203,85	42,58	86,79		169,42	111,3	222,13
24/02/2015	46,22	77,66	56,14	189,86	42,71	59,81		129,57	103,88	144,13
27/02/2015		97,82	52,34	137,65	57,5	65,77		159,29	69,31	176,33
02/03/2015	65,96	133,95	60,6	210,81	51,63	47,49		142,71	100,75	
05/03/2015	72,1	122,61	71,87	248,75	67,15			126,25	113,89	231,24
08/03/2015	62,2	152,71	59,6	258,16	55,71	62,05		158,66		225,92
11/03/2015	96,13	208	82,18	286,06	71,46	88,04		194,47	136,38	208,93
14/03/2015	72,37	119,35	51,85	254,05	69,33	52,03		147,42		
17/03/2015	65,78	138,78	38,91	211,09	62,21	58,28		95,93	78,12	167,52
20/03/2015	49,96	73,39	38,73	52,42	40,37	46,89		59,32	58,64	76,11

FECHA	PM10_RINCÓN HONDO _CC_CR (ug/m3)	TSP_RINCÓN HONDO _CC_CR (ug/m3)	PM10_EL HATILLO _CC_CR (ug/m3)	TSP_EL HATILLO _CC_CR (ug/m3)	PM10_CHIRIGUANÁ _CC_CR (ug/m3)	PM10_BECE RRIIL _CC_CR (ug/m3)	PM10_BOQUERÓN _CC_CR (ug/m3)	TSP_BOQUERÓN _CC_CR (ug/m3)	PM10_PLAN BONITO _CC_CR (ug/m3)	TSP_PLAN BONITO _CC_CR (ug/m3)
/2015										
23/03/2015	63,44	96,29	43,12	81,85	47,66	52,38		88,97	27,99	123,35
26/03/2015	64,36	111,32	45,42	99,91	58,33	65,03		96,91	65,93	94,39
29/03/2015	29,38	41,83	37,14	70,07	59	61,15		50,95	65,22	122,24
01/04/2015	61,29	62,91		100,71	46,08	68,09	24,44	85,22	35,39	123,33
04/04/2015	24,78	31,67		37,44	19,82	38,32	31,21	58,99	84,6	90,07
07/04/2015	42,79	100,35		148,53	59,96	49,27	57,15	100,45	115,77	198,65
10/04/2015	52,75	70,44		184,85	59,13	49,02	42,39	116,71	114,35	147,94
13/04/2015	48,76	93,19		40,68	36,79	60,38	35	74,38		
16/04/2015	32,57	58,2			34,38	38,54		98,35	64,9	112,85
19/04/2015	36	80,76		46,95	46,79	26,39	22,88			60,5
22/04/2015	37,03	90,57	67,85	87,17	27,33	67,27	46,76	86,16	55,43	146,35
25/04/2015	56,97	83,01	65,18	111,86	54,71	70,42	56,63	142,02	61,53	101,94

FECHA	PM10_RINCÓN HONDO _CC_CR (ug/m3)	TSP_RINCÓN HONDO _CC_CR (ug/m3)	PM10_EL HATILLO _CC_CR (ug/m3)	TSP_EL HATILLO _CC_CR (ug/m3)	PM10_CHIRIGUANÁ _CC_CR (ug/m3)	PM10_BECE RRIIL _CC_CR (ug/m3)	PM10_BOQUERÓN _CC_CR (ug/m3)	TSP_BOQUERÓN _CC_CR (ug/m3)	PM10_PLAN BONITO _CC_CR (ug/m3)	TSP_PLAN BONITO _CC_CR (ug/m3)
/2015										
28/04/2015		108,11	62,36	127,81	53,75	40,35		127,88	80,55	
01/05/2015	58,93			70,35	55,07		39,06	60,93	47,3	72,04
04/05/2015	52,96	58,97	46,58	81,36	41,78	76,81	47,94	98,1	66,7	114,15
07/05/2015	62,67	95,82				57,67	55,2	114,57	69,81	86,77
10/05/2015	70,06	112,78	102,87	151,1	78,92	83,2	74,97	147,39	128,07	225,54
13/05/2015	30,04	62,34		193,93	70,51	84,11	83,07	173,74	127,96	
16/05/2015	34,85	62,09	115,74		30,51	48,52	30,61	57,93	44,77	66,37
19/05/2015	23,51	42,4	26,74	67,68	29,63	52,94	43,44	87,1	58,71	90,29
22/05/2015	23,43	30,5	29,74	43,19	43,74	37,03	24,84	51,45		73,87
25/05/2015	35,06	46,59		53,23	17,89	34,51	22,5	49,18	35,01	65,16
28/05/2015	26,01	29,93	25,95	27,58	35,17	46,75	23,11	35,11	31,84	49,4
31/05	29,76	39,68	39,47	52,24	19,08	45,12		57,96		64,44

FECHA	PM10_RINCÓN HONDO _CC_CR (ug/m3)	TSP_RINCÓN HONDO _CC_CR (ug/m3)	PM10_EL HATILLO _CC_CR (ug/m3)	TSP_EL HATILLO _CC_CR (ug/m3)	PM10_CHIRIGUANÁ _CC_CR (ug/m3)	PM10_BECE RRIL _CC_CR (ug/m3)	PM10_BOQUERÓN _CC_CR (ug/m3)	TSP_BOQUERÓN _CC_CR (ug/m3)	PM10_PLAN BONITO _CC_CR (ug/m3)	TSP_PLAN BONITO _CC_CR (ug/m3)
/2015										

**Concentraciones de PM<sub>10</sub> y TSP del SVCA de CORPAMAG.**

fecha	TSP_DJ_ CM_CR (ug/m3)	PM10_DJ_ CM_CR (ug/m3)	TSP_CV_ CM_CR (ug/m3)	PM10_CV_ CM_CR (ug/m3)	TSP_INV_ CM_CR (ug/m3)	TSP_BAT_ CM_CR (ug/m3)	TSP_C EJ_ CM_CR (ug/m3)	TSP_CJ_ CM_CR (ug/m3)	PM10_ZUA _CM_CR (ug/m3)	PM10_CSM _CM_CR (ug/m3)	PM10_MSM _CM_CR (ug/m3)
03/01/ 2015	63	59,2				91,8	62	44,4	32,2	19,1	65,4
06/01/ 2015	142,4	53					86,1		93,9	23,4	75
09/01/ 2015		51,7				61,9	81,6	67,9	40,9	24,4	59,8
12/01/ 2015					108,5	61,4	66,5	25,4	18,1	20,7	53,4
15/01/ 2015	39,1	37,5			31,6	36,6	129,3	67,6	42	26	37,9
18/01/ 2015	59,5					129,8	63,4		76,2	31,4	72,7
21/01/ 2015	87,7	51,4			181,8	79,7	22,5	63	57,3	17,3	
24/01/ 2015	116,4	60,3			192,4	64	53,7	72,1	15,1	22,1	45,4
27/01/ 2015	76,8	38,1			152	71,1	79,1			21,5	64,9
30/01/ 2015	124,8	61,6	119,5	67,6	141,1	66,6	84,4		18	34,2	91
02/02/ 2015	72,8	44,9	90	57,6	224,4	66	41,1		20,4	66,9	59,2
05/02/ 2015	107,8	52,4	83,9	49,7	72,6	58	64,3		14	22,4	49,5

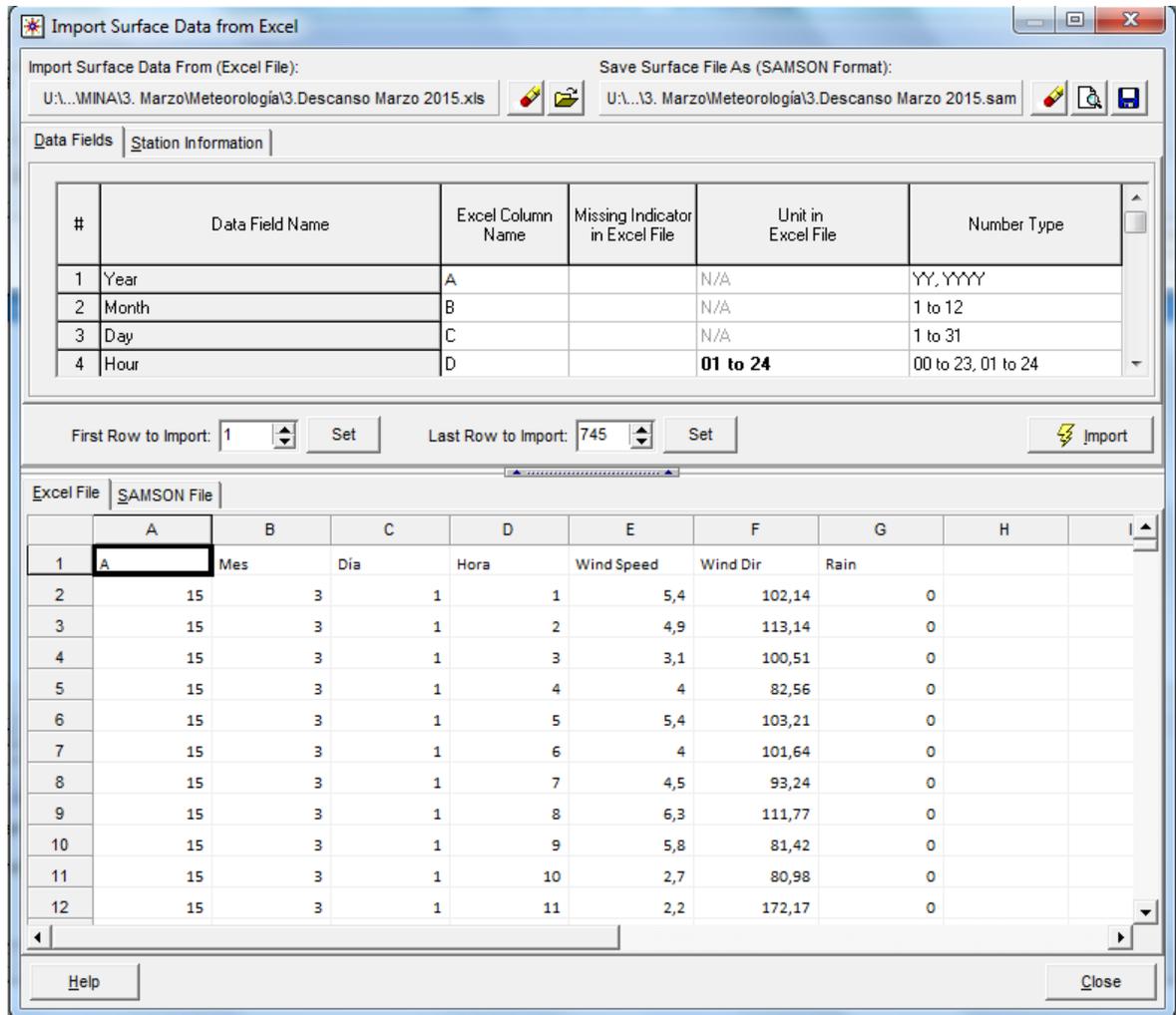
fecha	TSP_DJ_ CM_CR (ug/m3)	PM10_DJ_ CM_CR (ug/m3)	TSP_CV_ CM_CR (ug/m3)	PM10_CV_ CM_CR (ug/m3)	TSP_INV_ CM_CR (ug/m3)	TSP_BAT_ CM_CR (ug/m3)	TSP_CEI_ CM_CR (ug/m3)	TSP_CJ_ CM_CR (ug/m3)	PM10_ZUA _CM_CR (ug/m3)	PM10_CSM _CM_CR (ug/m3)	PM10_MSM _CM_CR (ug/m3)
08/02/ 2015	78,7	41,9	70	45,3	97,6	107,9	18,8		13,4		37,2
11/02/ 2015		27,4		20,9	101,5	78,3	49,8		21,7	19	43,8
14/02/ 2015	141,1	38,7	81,1	67,2	154,4	67,8	70,2		32,5	16,7	68,1
17/02/ 2015	87,4	46,7	106,5	39,6	166,4	117,7	54,1		15,2		
20/02/ 2015		32,9	71,8		158	66,9	66,3		13,1	39	47,6
23/02/ 2015	107,8	47,3	128,2	71,1		122,9	91,1			31,1	104,6
26/02/ 2015	125,6	61,3	91	64,6	212,7	77,9	74,8		22,9	73,8	62,8
01/03/ 2015	145,9	62,4	95	51,5			80,7		30,2		144,8
04/03/ 2015	121,7	34,9	135,5		232,9	143	94,3		21,8	21,4	87,9
07/03/ 2015	145,9	71,6	167,3	41,8			95,3		18	21,7	91,8
10/03/ 2015	147,3	65,2	164,1		246,8	95,3	81,1		87,6	16,1	67,9
13/03/ 2015	118,8	66,7	181,1	107,7	244,5	27,2	141,8		21,1	26,3	77,7
16/03/ 2015	102,4	57,8	101,7	68,2	118,3	134,6	93,6		30,4	15,5	57,7

fecha	TSP_DJ_ CM_CR (ug/m3)	PM10_DJ_ CM_CR (ug/m3)	TSP_CV_ CM_CR (ug/m3)	PM10_CV_ CM_CR (ug/m3)	TSP_INV_ CM_CR (ug/m3)	TSP_BAT_ CM_CR (ug/m3)	TSP_C EJ_ CM_CR (ug/m3)	TSP_CJ_ CM_CR (ug/m3)	PM10_ZUA _CM_CR (ug/m3)	PM10_CSM _CM_CR (ug/m3)	PM10_MSM _CM_CR (ug/m3)
19/03/ 2015	109,6	57,7	73,7	51,8		66,2	116,7			32,1	59,9
22/03/ 2015	87,7	48,9	54,6	38,1	154,8	132,7	81,2				79
25/03/ 2015	118,1	40,1	70,5	46,3		24,5	74,1		26,4	21,5	63,9
28/03/ 2015	193,5	72,8	72,7	55,3	203,4	78,5	96,3		23,4		74,2
31/03/ 2015	174,4	59		39,6	187,4		196,2			52,7	47,2
03/04/ 2015		44,9	69,9	43,2	125,9	68,5	90		25,1		53,3
06/04/ 2015	93	53,8	81,6	46,3	85,1	118,8	91,9		15,4	74,6	93
09/04/ 2015	103,1	60,2	99,6		189,5	92,8	66,5		19,8	79,6	81,2
12/04/ 2015	129,2	48,2	83,4	44,3	120,4	64			13,6		105,5
15/04/ 2015	97,3	60	90,6	57,7	126,4	71,3	89,1		13,1		66,3
18/04/ 2015	122,8	53,6	98,2	73,3	171,6	102,8	115,4		21,8	38,4	85,5
21/04/ 2015	112,5	52,9	72,9	47,3					43,2	25,7	49,4
24/04/ 2015		75,4			186,7	87,4	104		24,3	40,6	112,6

fecha	TSP_DJ_ CM_CR (ug/m3)	PM10_DJ_ CM_CR (ug/m3)	TSP_CV_ CM_CR (ug/m3)	PM10_CV_ CM_CR (ug/m3)	TSP_INV_ CM_CR (ug/m3)	TSP_BAT_ CM_CR (ug/m3)	TSP_C EJ_ CM_CR (ug/m3)	TSP_CJ_ CM_CR (ug/m3)	PM10_ZUA _CM_CR (ug/m3)	PM10_CSM _CM_CR (ug/m3)	PM10_MSM _CM_CR (ug/m3)
27/04/ 2015	142,8	75,7	67,5	56,7		191,3	134,5		16,2	58,4	88,6
30/04/ 2015	141,5	84,8	91	79,4	151,5	83,6	132,2		25,6	11,1	35,3
03/05/ 2015	118,9	42,8	84,8	27,3	133,3	107,3	88,3		26,1	129,6	26,5
06/05/ 2015	192,2	48,9	100,7	68,1	189,6	177,6	109,7		27,5	51,8	
09/05/ 2015	117,8	45,9	121,9	38,5	74,5	87,3	59,4		33,1		41,3
12/05/ 2015			128,1	20,2	162,1	145,1	129,9		22,7	59,5	127,8
15/05/ 2015	100,4	20,2	97	58,5		155,6	68,3		97,5	53,4	60,5
18/05/ 2015	104,7	57,6	74,7	56,3	125	125,9	98		19,2	49	
21/05/ 2015	92		63,9	36,8	109,3	88	110			30,9	56
24/05/ 2015	119,3	76,5	104,1	50,6			94,9			49,7	110,7
27/05/ 2015	113,7	54,1	96,5			113,1	111,8			29,8	38,6
30/05/ 2015	81,5	19,3				75,5	60,9			60,6	29,5

## ANEXO B. Procesamiento de información meteorológica con el software WRPLOT.

Mediante la herramienta del WRPLOT de Lakes Enviromental Software, es posible procesar información de tipo meteorológica y elaborar rosas de vientos, entre otros. Se presentan dos etapas de procesamiento de la información meteorológica. Se genera el archivo .sam a partir de un archivo plano en Excel con los datos meteorológicos necesarios para elaborar una rosa de viento.



Se elabora la rosa de los vientos configurando los parámetros y variables necesarias.

