



Universidad
de Cartagena
Fundada en 1827

DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA

Convenio Interadministrativo 0133-2015

TOMO

4

PROTOCOLO Y LINEAMIENTOS DE LA RED DE
MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA
CIUDAD DE CARTAGENA



Cartagena de Indias – Diciembre de 2015



DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE
MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL
DISTRITO DE CARTAGENA

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO
No. 0133-2015

Revisión: 1

Fecha: Diciembre 2015

UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

RECTOR

EDGAR PARRA CHACÓN

**DIRECTOR DEL INSTITUTO DE HIDRÁULICA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL
ALFONSO ARRIETA PASTRANA**

**EQUIPO TÉCNICO DEL INSTITUTO DE HIDRÁULICA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL DE LA
UNIVERSIDAD DE CARTAGENA.**

DIRECTOR

Alfonso Arrieta Pastrana

Doctor en Ciencias del Mar

EQUIPO COORDINADOR

**Javier Mouthon Bello
Hermes Martínez Batista**

Doctor en Ingeniería Ambiental
Magister en Urbanismo y Desarrollo
Territorial

Mónica Eljaiek Urzola

Magister en Ingeniería Ambiental

SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

Mónica Agámez Anillo

Especialista en Ingeniería Sanitaria
y Ambiental

Milton Guerrero Pájaro

Magister en Urbanismo y Desarrollo
Territorial

Carlos Sabogal Lorduy

Ingeniero auxiliar

SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (TOPOBATIMETRÍA)

**Mónica Agámez Anillo
Camilo Tapia V.
Alfredo Gutiérrez**

Magister en Oceanografía
Topógrafo
Hidrógrafo

COMITÉ DE HIDRÁULICA E INFRAESTRUCTURA (HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA)

Álvaro González

Doctor en ingeniería civil en el área
de recursos hídricos e ingeniería
ambiental

**Hermes Pinto Nieves
Andrés Aguirre**

Ingeniero Civil
Ingeniero Auxiliar

COMITÉ DE HIDRÁULICA E INFRAESTRUCTURA (ESTUDIOS DE CAMPO Y DISEÑO)



DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE
MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL
DISTRITO DE CARTAGENA

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO
No. 0133-2015

Revisión: 1

Fecha: Diciembre 2015

Álvaro González

Doctor en ingeniería civil en el área
de recursos hídricos e ingeniería
ambiental

**Guilliam Barboza
Javier López Grau**

Magister en Geotecnia
Ingeniero auxiliar

COMITÉ DE CALIDAD AMBIENTAL (CALIDAD DEL AGUA)

**Edgar Quiñones Bolaños
Jaime Fortich Fortich
Gamaliel Mejía Monterroza
Margareth Peña Castro**

Doctor en Ingeniería Ambiental
Magister en Ingeniería Ambiental
Magister en Química
Ingeniera Química

COMITÉ DE CALIDAD AMBIENTAL (COMITÉ DE CALIDAD DEL AIRE Y RUIDO)

**Edgar Quiñones Bolaños
María Elena Huertas Bolaños
José A. Álvarez
Vanessa Álvarez Narváez
César Arciniégas Suárez**

Doctor en Ingeniería Ambiental
Doctora en Ciencias de la Ingeniería
Magister en Ingeniería Ambiental
Ingeniera Civil
Magister en ciencias ambientales
(Asesor)
Ingeniero auxiliar

Jesús de Pombo Angulo

COMITÉ DE GESTIÓN AMBIENTAL (ASPECTOS FÍSICOS)

**Mónica Eljaiek Urzola
Hermes Martínez Batista**

Magister en Ingeniería Ambiental
Magister en Urbanismo y Desarrollo
Territorial
Ingeniera Ambiental

Melissa Girado Guzmán

COMITÉ DE GESTIÓN AMBIENTAL (ASPECTOS BIÓTICOS)

**Mónica Eljaiek Urzola
Yina Amell Cáez
Angélica Cabarcas Mier
Carlos Villa de León**

Magister en Ingeniería Ambiental
Bióloga
Magister en oceanografía física
Especialista en avifauna

COMITÉ DE GESTIÓN AMBIENTAL (ASPECTOS SOCIALES)

Diana Barraza

Trabajadora Social (Asesor)

COMITÉ DE SISTEMAS

Martín Monroy

Doctor en Ingeniería Telemática



DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE
MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL
DISTRITO DE CARTAGENA

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO
No. 0133-2015

Revisión: 1

Fecha: Diciembre 2015

NÚMERO VERSIÓN		0	1
ELABORÓ MARÍA ELENA HUERTAS CÉSAR ARCINIEGAS VANESSA ÁLVAREZ	FIRMAS		
	FECHA		
REVISIÓN COORDINADORA EDGAR QUIÑONES	FIRMA		
	FECHA		
COORDINADOR DEL PROYECTO JAVIER MOUTHON	FIRMA		
	FECHA		
DIRECTOR DEL CONVENIO ALFONSO ARRIETA	FIRMA		
	FECHA		



DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE
MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL
DISTRITO DE CARTAGENA

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO
No. 0133-2015

Revisión: 1

Fecha: Diciembre 2015

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	11
1. MARCO LEGAL	12
2. DIAGNOSTICO PRELIMINAR	16
2.2. Características geográficas de la ciudad de Cartagena.....	16
2.3. Condiciones meteorológicas	17
2.4. Inventarios de emisiones de fuentes fijas y móviles	23
2.5. Campañas de monitoreo	29
3. FACTORES DE EMISIÓN.....	35
3.2. Factores de emisión: Fuentes puntuales.....	35
3.3. Factores de emisión: Fuentes móviles	36
3.4. Lineamientos para la determinación de factores de emisión en la ciudad de Cartagena.....	37
3.5. Definición de los puntos de monitoreo de contaminantes provenientes de fuentes móviles en la ciudad de Cartagena.....	41
4. MODELACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE.....	45
4.2. Modelos de calidad del aire.....	45
4.3. Lineamientos para desarrollar la modelación de la calidad del aire en Cartagena	52
5. RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE PARA LA CIUDAD DE CARTAGENA.....	55
5.2. Descripción del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire (SVCA)	55
5.3. Resultados meteorológicos	61
5.4. Comportamiento espacio temporal de la concentración de los contaminantes monitoreados por el SVCA	61
5.5. Índice de calidad del aire.....	74
5.6. Análisis de componentes principales para material particulado	76



DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE
MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL
DISTRITO DE CARTAGENA

**CONVENIO INTERADMINISTRATIVO
No. 0133-2015**

Revisión: 1

Fecha: Diciembre 2015

5.7. Análisis de componentes principales para ozono troposférico.....	77
5.8. Lineamientos para la implementación del sistema inteligente de monitoreo de calidad del aire.....	80
6. RECOMENDACIONES	88
REFERENCIAS	90
ANEXOS.....	94

	<p style="text-align: center;">DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p style="text-align: center;">CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre 2015</p>
---	--	---

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Normativa nacional e internacional relacionada con el recurso aire.	13
Figura 2. Topografía de la ciudad de Cartagena.	16
Figura 3. Usos del suelo en la ciudad de Cartagena (Cartagena, 2001)	17
Figura 4. Localización de las estaciones meteorológicas en la ciudad de Cartagena.....	17
Figura 5. Rosa de los vientos de acuerdo con los datos reportados por la red de monitoreo de Cartagena, 2014.	23
Figura 6. Localización de las empresas con fuentes fijas en la ciudad de Cartagena	25
Figura 7. Inventario de emisiones para fuentes fijas de la ciudad de Cartagena 2010. Datos obtenidos de (Ingeniería, 2010)	26
Figura 8. Emisiones de fuentes fijas y fuentes móviles de la ciudad de Cartagena. Datos tomados de (Ingeniería, 2010).	27
Figura 9. a) Variación de las concentraciones de contaminantes en vehículos a gasolina en condiciones de marcha mínima. b) Variación de las concentraciones de contaminantes en vehículos a gasolina en condiciones crucero. c) Variación de las concentraciones de contaminantes en moto en motos a condiciones de marcha mínima. d) Variación en la opacidad en vehículos a diésel.(Herazo et al., 2015).	28
Figura 10. Índice de calidad del aire de la campaña de monitoreo en los sectores: Bomba del Amparo, María Auxiliadora y Peaje Ceballos.	34
Figura 11. Metodología recomendada para la determinación de factores de emisión en fuentes puntuales	38
Figura 12. Metodología recomendada para la determinación de factores de emisión en fuentes móviles.....	40
Figura 13. Puntos de monitoreo de calidad del aire en cada uno de los puntos seleccionados.	42
Figura 14. Variación de la concentración de PM2.5 en el tiempo durante la campaña de monitoreo.....	43
Figura 15 Variación horaria de la concentración de CO en el tiempo durante la campaña de monitoreo.....	43
Figura 16 Aforo en los sitios de monitoreo: Bomba del Amparo, María Auxiliadora y Peaje Ceballos.....	44

	<p style="text-align: center;">DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p style="text-align: center;">CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre 2015</p>
---	--	---

Figura 17. Principio fundamental sobre el cual operan los modelos de calidad del aire tipo gaussiano	47
Figura 18. Modelación online (derecha) y modelación offline (izquierda).	51
Figura 19. Metodología general para llevar a cabo la modelación de la calidad del aire ..	53
Figura 20. Localización de las estaciones de monitoreo del SVCA en Cartagena de Indias.	55
Figura 21. Gráfico de precipitación multimensual.....	61
Figura 22. Concentración promedio aritmética diaria, comparación contra la resolución 610 del 2010. a) año 2014 b) año 2015.	63
Figura 23. Concentración promedio anual todas las estaciones, comparación contra la norma.	63
Figura 24. Distribución espacial de la concentración de PM10 en la ciudad de Cartagena para el año 2014. a) Enero b) Febrero. c) Marzo d) Abril e) Mayo f) Junio g) Julio h) Agosto i) Septiembre j) Octubre k) Noviembre l) Diciembre	66
Figura 25. Distribución espacial de la concentración de PM10 en la ciudad de Cartagena para el año 2015. a) Enero b) Febrero. c) Marzo d) Abril e) Mayo f) Junio g) Julio h) Agosto i) Septiembre	68
Figura 26. Concentración promedio anual todas las estaciones, comparación contra la resolución 610 del 2010.....	70
Figura 27. Distribución espacial de la concentración de PM2.5 en la ciudad de Cartagena para el año 2014. a) Enero b) Febrero. c) Marzo d) Abril e) Mayo f) Junio g) Julio h) Agosto i) Septiembre j) Octubre k) Noviembre l) Diciembre	72
Figura 28. Distribución espacial de la concentración de PM2.5 en la ciudad de Cartagena en el año 2015. a) Enero b) Febrero. c) Marzo d) Abril e) Mayo f) Junio	73
Figura 29. Criterio del Índice de Calidad del Aire ICA	74
Figura 30. ACP de las variables climáticas y las concentraciones colectadas de material particulado, durante los años 2014 y 2015 del SVCA Cartagena.	77
Figura 31: ACP de las variables climáticas y las concentraciones colectadas del ozono troposférico, durante los años 2014 y 2015 del SVCA.	78
Figura 32. ACP teniendo en cuenta las estaciones de monitoreo, durante los años 2014 y 2015 del SVCA.	79

	<p style="text-align: center;">DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p style="text-align: center;">CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre 2015</p>
---	--	---

Figura 33. ACP de las variables climáticas y concentraciones horarias, durante los años 2014 y 2015 del SVCA..... 80

Figura 34: Estructura propuesta para las estaciones. 87

	DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015	Revisión: 1 Fecha: Diciembre 2015
---	---	--

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Variabilidad mensual de las variables meteorológicas: temperatura, humedad, radiación en las 5 estaciones de monitoreo de Cartagena para el 2014.....	19
Tabla 2. Método para determinación de emisiones	24
Tabla 3. Tipo de vehículos de la ciudad de Cartagena que emite en mayor proporción contaminantes criterio y VOC.	27
Tabla 4. Campañas de monitoreo realizadas en la ciudad de Cartagena.....	30
Tabla 5. Resultados selección de sitios para monitoreo atmosférico.....	41
Tabla 6. Ecuaciones que describen los fenómenos físicos que ocurren en la dispersión de contaminantes atmosféricos (Kuo, 1996)	45
Tabla 7. Criterios de clasificación de los modelos de calidad del aire (Aggarwal, Haritash, & Kansal, 2014).....	46
Tabla 8. Alternativas de modelación de la calidad del aire. (ITESM & MAVDT, 2008)	46
Tabla 9. Modelos recomendados por diversas guías de modelación. Modificado de (Huertas, Huertas, & Maldonado, 2009).....	49
Tabla 10. Comparación entre modelación tipo offline y online (Byun, 1999; Zhang, 2008)	51
Tabla 11. Descripción de las estaciones del SVCA, según los parámetros evaluados y tecnologías implementadas.	56
Tabla 12. Equipos del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire (SVCA) de la ciudad de Cartagena.....	56
Tabla 13: Descripción del sistema Datalogger.	57
Tabla 14. Características del hardware para el sistema Ambilogger	59
Tabla 15. Concentración de PM10 para el año 2014 y 2015.....	62
Tabla 16. Concentración de PM _{2.5} para el año 2014 y 2015.....	69
Tabla 17. Índice de Calidad del Aire mensual para PM ₁₀ para el periodo 2014-2015	75
Tabla 18. Índice de Calidad del Aire mensual para PM _{2.5} para el periodo 2014-2015	75
Tabla 19. Índice de Calidad del Aire mensual para O ₃ para el periodo 2014-2015.....	76



DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE
MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL
DISTRITO DE CARTAGENA

**CONVENIO INTERADMINISTRATIVO
No. 0133-2015**

Revisión: 1

Fecha: Diciembre 2015

Tabla 20. Descripción de los costos relacionados con la ampliación del SVCA	81
Tabla 21. Costos operacionales anuales del SVCA	81
Tabla 22. Presupuesto de fuentes móviles.	82
Tabla 23: Criterios para ubicación de las estaciones del SVCA.	83
Tabla 24: Ubicación estación Amparo.....	84
Tabla 25: Ubicación estación pie de La Popa.	85
Tabla 26: Ubicación estación Santa Rita.....	86

	<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre 2015</p>
---	--	---

INTRODUCCIÓN

El presente protocolo se desarrolla en el marco del convenio interadministrativo No. 0133-2015 y tiene como propósito recomendar lineamientos para el monitoreo atmosférico en la ciudad de Cartagena de Indias.

Este documento se encuentra dividido en 7 capítulos. El primer y actual capítulo presenta el objetivo, audiencia y organización del protocolo, el segundo capítulo muestra el marco legal vigente asociado a la calidad del aire a nivel internacional y nacional. El tercer capítulo contempla el diagnóstico de la calidad del aire en la ciudad, teniendo en cuenta las características geográficas y meteorológicas, al igual que los inventarios de emisiones y campañas de monitoreo realizadas. El cuarto capítulo presenta los lineamientos y metodología para la determinación de factores de emisión de fuentes móviles y fijas en la ciudad de Cartagena para la construcción de inventarios de emisiones. El capítulo 5 presenta la modelación de la calidad el aire como herramienta de gestión, exponiendo las diversas aplicaciones y modelos existentes, mostrando recomendaciones específicas para la ciudad de Cartagena. El desarrollo del capítulo 6 se centra en la presentación de los resultados actuales reportados por la red de monitoreo de calidad del aire y propone los lineamientos para la implementación del sistema inteligente de monitoreo. Finalmente, el capítulo 7 compila las recomendaciones sugeridas en todo el documento.

El contenido del presente protocolo está dirigido a profesionales que cuentan con formación académica y experiencia en temas de calidad del aire, emisiones y meteorología. Este documento va dirigido principalmente a la autoridad ambiental competente de la ciudad de Cartagena de Indias, brindando lineamientos para la adecuada gestión del recurso aire de la ciudad.

	<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre 2015</p>
---	--	---

1. MARCO LEGAL

El presente capítulo compila las normas colombianas asociadas a la gestión, monitoreo y evaluación de la contaminación atmosférica. Igualmente, se presenta la normatividad internacional frente a la cual Colombia ha adquirido compromisos en materia ambiental asociadas al recurso aire.

La Figura 1 presenta un resumen cronológico del marco legal en contaminación atmosférica. Los compromisos internacionales a los que Colombia está sujeta se representan en títulos azules mientras que las distintas las normas colombianas como leyes, decretos y resoluciones se representan en títulos negros. El estado colombiano ha ratificado distintos compromisos internacionales en términos de contaminación atmosférica, los cuales se describen brevemente a continuación:

- a. La Convención de Viena, aprobada por medio de la Ley 30 de 1990, manifiesta la preocupación respecto a la protección de la capa de ozono, por lo tanto, las medidas adoptadas fueron: Establecer una conferencia de los países miembros cada dos años, Establecer la Secretaría del Ozono administrada por el PNUMA y la Definición de procesos para adopción de enmiendas.

		<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre 2015</p>
---	---	--	---

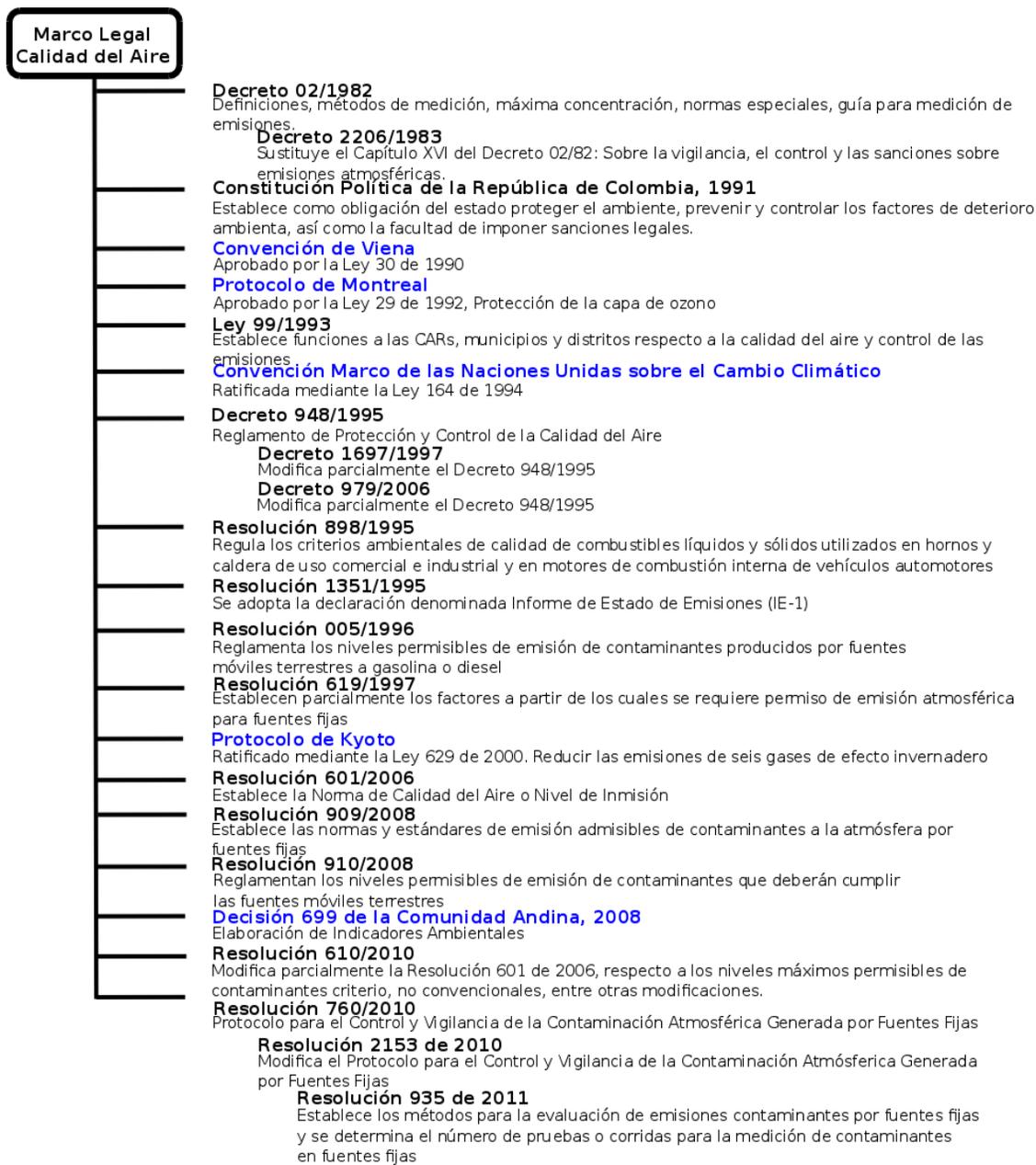


Figura 1. Normativa nacional e internacional relacionada con el recurso aire.

Protocolo de Montreal, firmado en 1992 el enfoque es la eliminación de la producción de sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO). Por ello, distintos países emprendieron planes de gestión para la eliminar el uso de los CFCs y de los HCFCs. En 1994 con el apoyo de las Naciones Unidas se creó la UTO (Unidad Técnica Ozono) del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible cuya función es la implementación del Protocolo en Colombia (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015)

	<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre 2015</p>
---	--	---

- b. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático ratificada mediante la Ley 164 de 1994 pretende lograr estabilizar que las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera permitan que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático en aras del desarrollo sostenible.
- c. Protocolo de Kyoto el cual es ratificado mediante la Ley 629 de 2000 y este tiene como propósito limitar o reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global (dióxido de carbono, gas metano y óxido nitroso, y los otros tres son gases industriales fluorados: hidrofluorocarburos, perfluorocarbonos y hexafluoruro de azufre). Un compromiso consiste en la reducción conjunta de las emisiones en un no menos del 5% respecto a los niveles de 1990 en un periodo comprendido entre 2008 y 2012. Algunos mecanismos que pueden ayudar a las partes a cumplir su compromiso son comercio de emisiones, mecanismos para el desarrollo limpio e implementación conjunta.
- d. Declaración del Milenio de las Naciones Unidas cuyo objetivo es garantizar la sostenibilidad medioambiental, en el año 2008. La Comunidad Andina en la Decisión 699 establece los IDS - Indicadores de Desarrollo Sostenible. Los países miembros deben informar a la Secretaría General de la Comunidad Andina acerca de las estadísticas e indicadores comunitarios para el recurso hídrico; la atmósfera y el clima; la tierra y el suelo; y los ecosistemas, coberturas vegetales y recursos biológicos.

En términos de la normatividad nacional con la entrada en vigencia de la Constitución Política de la República de Colombia de 1991 se establece el derecho de las personas a gozar de un ambiente sano como un derecho colectivo y un deber estatal, puesto que es obligación del Estado proteger las riquezas naturales de la Nación. En ese sentido, el artículo 80 de la carta política establece como obligación del Estado la prevención y control de los factores de deterioro ambiental, la capacidad de imponer sanciones legales y de exigir la reparación en caso de daños causados. A su vez, enuncia el compromiso de cooperación con otras naciones en la protección de ecosistemas fronterizos.

La inclusión del medio ambiente sano como un Derecho Colectivo y un Deber Estatal en la Constitución de 1991 es uno de los pasos más importantes en materia de legislación ambiental en Colombia, lo que se vio reforzado y desarrollado con la expedición de la Ley 99 de 1993, mediante la cual se establecen los principios generales que guían la política ambiental colombiana, se crea el Ministerio de Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y se conforma el Sistema Nacional Ambiental (SINA).

La Ley 99 de 1993 en el artículo 31 numeral 12, establece como una de las funciones de las Corporaciones Autónomas Regionales la de evaluar, controlar y realizar seguimiento ambiental al matriz aire, entre otras, y en este apartado comprenderá a las emisiones que puedan causar daño el normal desarrollo sostenible de los recursos naturales renovables. En el artículo 65 numeral 9 de la misma, enviste de atribuciones especiales a los alcaldes para que en los municipios y distritos se ejecuten obras y proyectos en aras de la descontaminación y distintos programas de control de las emisiones contaminantes del aire. Dentro de este amplio marco legislativo se promulgan los decretos y resoluciones,

	<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre 2015</p>
---	--	---

presentes y descritos en la Figura 1. En la actualidad es la resolución 610 del 2010 la que regula los niveles máximos permisibles de contaminantes criterio en la atmósfera, constituyéndose en la norma de calidad del aire del país.

		<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre 2015</p>
--	--	---	---

2. DIAGNOSTICO PRELIMINAR

Este capítulo tiene como propósito presentar las condiciones actuales geográficas, meteorológicas, de emisiones y de concentración de contaminantes de la ciudad de Cartagena, de acuerdo a los resultados reportados por la red de monitoreo de calidad del aire actual, los estudios de inventarios de emisiones y las campañas de monitoreo que se han realizado en la ciudad.

2.2. Características geográficas de la ciudad de Cartagena

La ciudad de Cartagena se encuentra localizada al noroccidente de Colombia en el departamento de Bolívar en la zona UTM 18N coordenadas 447 km Este y 11448 km Norte. Cartagena tiene una topografía plana, cuyas elevaciones no son superiores a los 250m sobre el nivel del mar. La ciudad se encuentra rodeada por el Mar Caribe y posee cuerpos de agua tales como la Ciénaga de la Virgen y la Bahía de Cartagena, como se observa en la Figura 2, cuyos datos de elevación fueron tomados del sistema de información geográfica WebGIS (WebGIS, 2015). De acuerdo con la Figura 3 (Cartagena, 2001) el uso del suelo de la ciudad es principalmente residencial, con una amplia zona industrial localizada al sur occidente y pocas zonas verdes como puede observarse en la

La población total de la cabecera es de 1.001.755 habitantes (Icher, 2009), siendo la quinta (5) más poblada del país con una extensión territorial de 609.1 km².

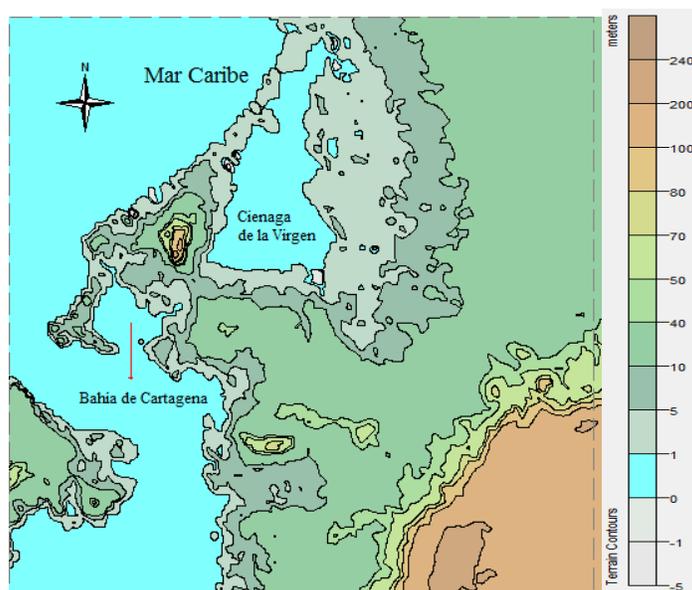


Figura 2. Topografía de la ciudad de Cartagena.

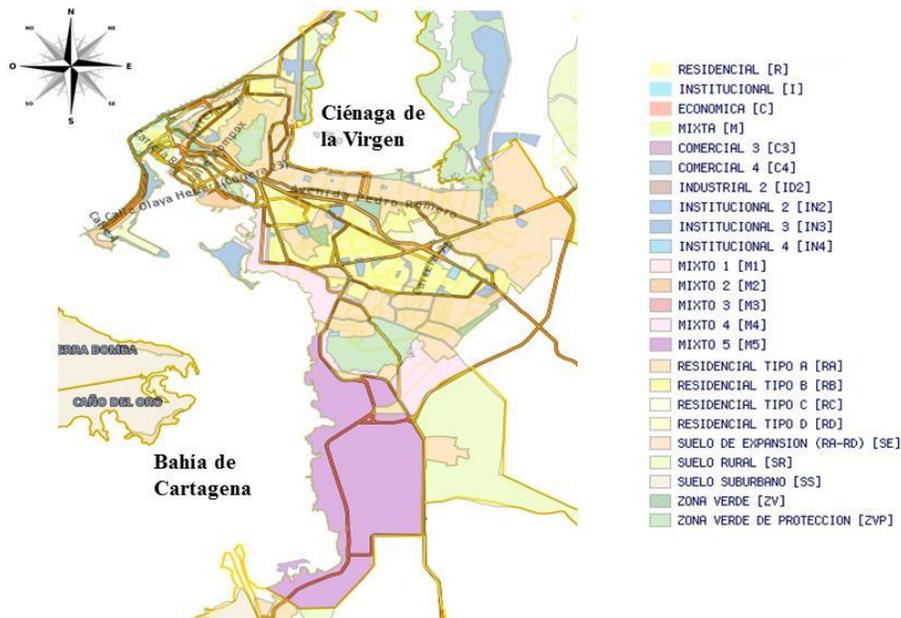


Figura 3. Usos del suelo en la ciudad de Cartagena (Cartagena, 2001)

2.3. Condiciones meteorológicas

La ciudad de Cartagena cuenta con un clima tropical cálido-húmedo. La temperatura, humedad, radiación, dirección y velocidad del viento se muestra para el año 2014 de acuerdo con la información reportada por las cinco estaciones meteorológicas ubicadas en los puntos presentados en la Figura 4. La Tabla 1 presenta los valores máximos y mínimos de las variables meteorológicas representados por las barras, en medio de la barras se encuentran los límites inferior y superior, correspondientes a la parte inferior y superior de cada caja, determinados con un intervalo de confianza del 95%. El centro de la caja corresponde al promedio mensual de la variable meteorológica indicada.

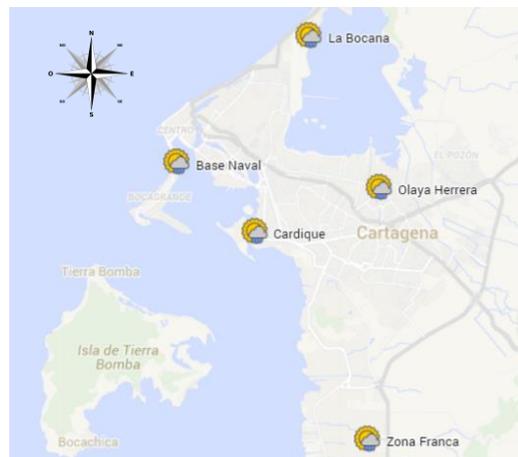


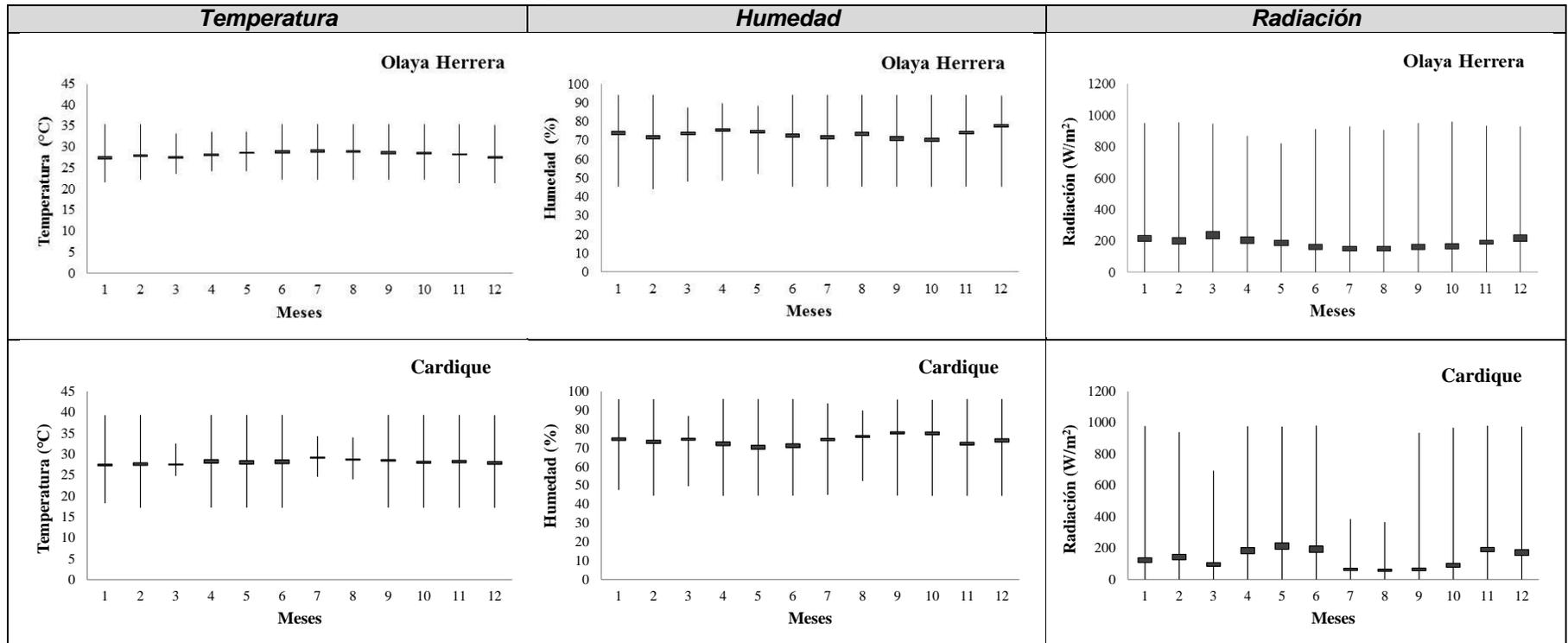
Figura 4. Localización de las estaciones meteorológicas en la ciudad de Cartagena

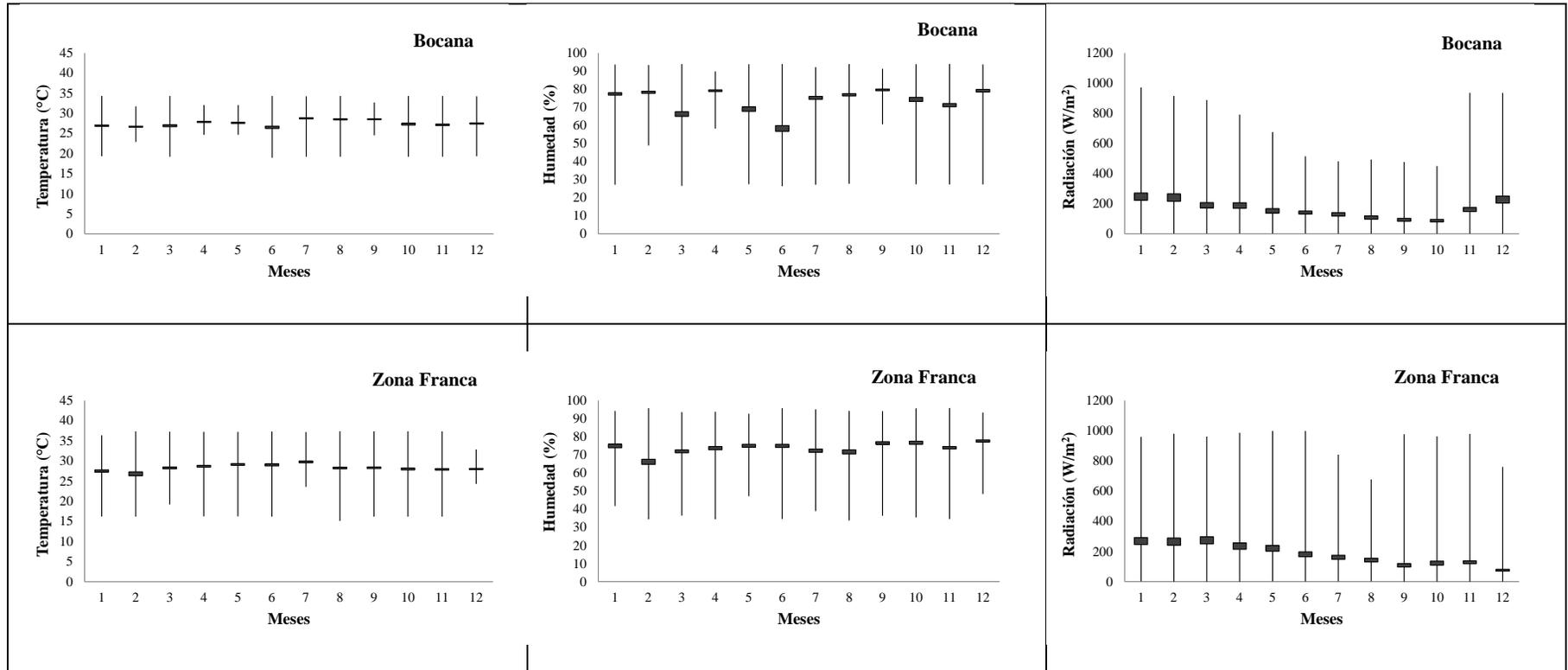
	<p style="text-align: center;">DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p style="text-align: center;">CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre 2015</p>
---	--	---

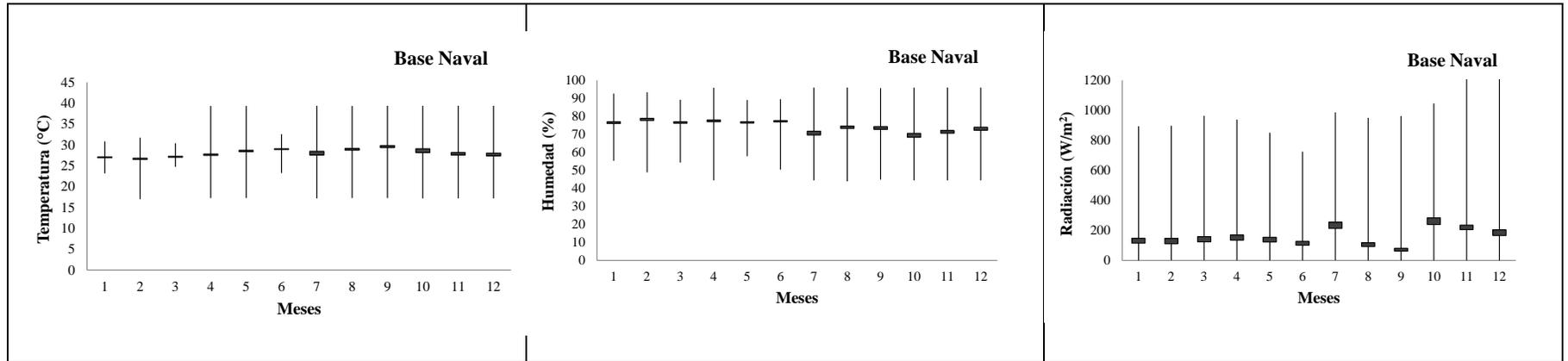
De acuerdo con la información reportada por las estaciones meteorológicas, la temperatura de la ciudad es 28.09 ± 0.034 y la humedad es de 73.54 ± 0.11 con una confianza del 95%. La temperatura nunca es inferior a 15°C y humedad relativa toma valores mínimos no inferiores a 40% (Tabla 1). La radiación solar se encuentra en promedio dentro de los 200 W/m^2 , llegando hasta valores máximos de 1000 W/m^2 . En los meses de Julio y agosto, las estaciones de CARDIQUE, la Bocana y Zona Franca indicaron una reducción en los niveles de radiación por metro cuadrado.

En todas las estaciones, exceptuando la Bocana, como se aprecia en la Figura 5, la dirección predominante del viento es desde el nororiente. Para el caso de la Bocana, el viento sopla predominantemente desde el noroccidente. En las estaciones más cercanas a la orilla de la playa es donde se presentan las mayores velocidades del viento, las cuales pueden alcanzar los 8 m/s. Esta es una condición favorable para la dispersión de los contaminantes.

Tabla 1 Variabilidad mensual de las variables meteorológicas: temperatura, humedad, radicación en las 5 estaciones de monitoreo de Cartagena para el 2014









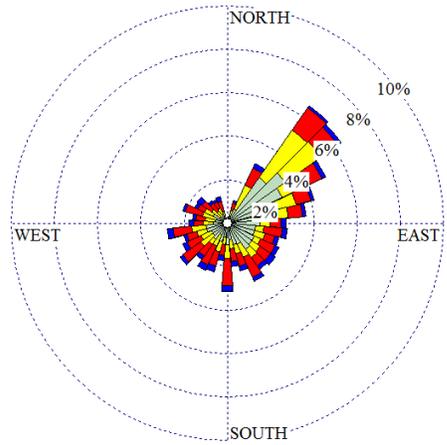
DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE
MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL
DISTRITO DE CARTAGENA

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO
No. 0133-2015

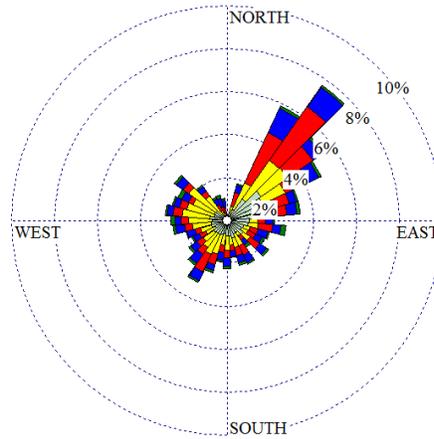
Revisión: 1

Fecha: Diciembre 2015

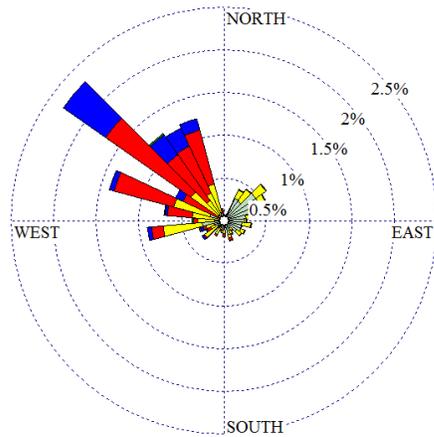
Olaya Herrera



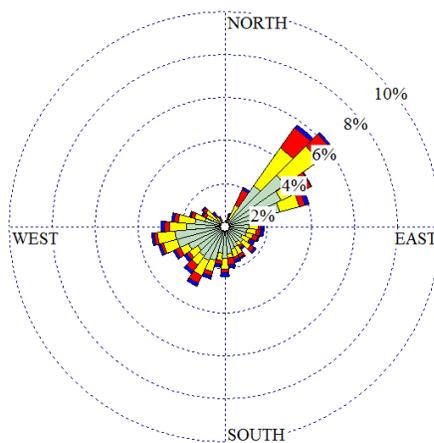
Cardique



Bocana



Zona Franca



Base Naval

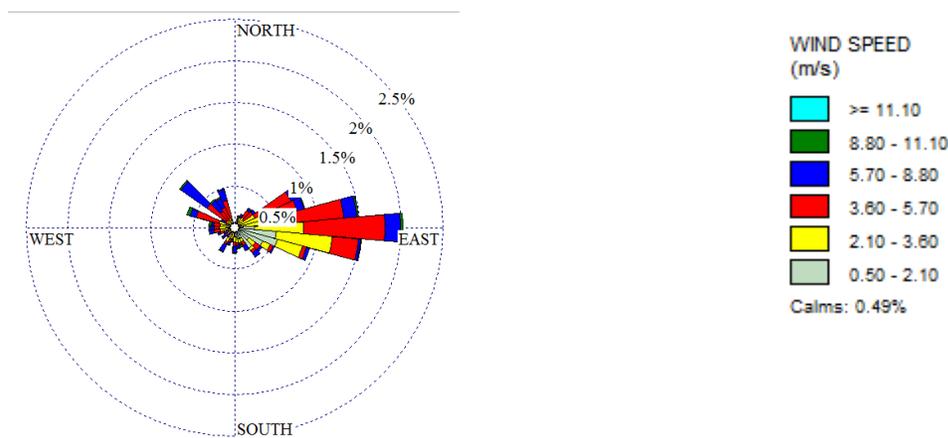


Figura 5. Rosa de los vientos de acuerdo con los datos reportados por la red de monitoreo de Cartagena, 2014.

2.4. Inventarios de emisiones de fuentes fijas y móviles

La contaminación atmosférica es generada por diversas fuentes de emisión; las cuales pueden ser divididas en fuentes puntuales las cuales son asociadas a emisiones provenientes de chimeneas en los procesos industriales, fuentes móviles tales como vehículos fuera y dentro de las vías (barcos, aviones, vehículos particulares, buses), fuentes de área y fuentes de volumen, tales como los parques o áreas naturales.

En las grandes ciudades las fuentes que usualmente son asociadas a los mayores problemas de contaminación corresponden a las fuentes puntuales y móviles. Por tanto, cuantificar las emisiones provenientes de este tipo de fuentes se convierte en una necesidad para tomar las medidas regulatorias más efectivas para reducir los problemas de contaminación atmosférica. Una de las principales fuentes de emisión en las grandes ciudades son las fuentes vehiculares quienes son responsables de la emisión de NO_x, SO_x, CO y material particulado, contaminantes que generan daños sobre la salud ((WHO, 2005);(Jimoda, 2012)) y contribuyen en la formación de contaminantes secundarios como el ozono troposférico. Por tanto, se hace indispensable la caracterización y cuantificación de las concentraciones y emisiones de estos contaminantes atmosféricos.

Existen diversos métodos para determinar emisiones, estos son: medir directamente en la fuente de emisión, estimar por medio de factores de emisión, aplicar métodos de balance de masas o hacer uso de modelos especializados que puedan predecir emisiones. La Tabla 2 presenta los métodos listados indicando sus principales características.

	<p style="text-align: center;">DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p style="text-align: center;">CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre 2015</p>
---	--	---

Tabla 2. Método para determinación de emisiones

Método	Características
Medición directa	<ul style="list-style-type: none"> • Método más preciso para estimar emisiones • Altos costos en equipos • Requiere de personal especializado
Modelos de emisiones	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere de información detallada respecto al tipo de fuente de emisión • Requiere de personal especializado
Factor de emisión	<ul style="list-style-type: none"> • El grado de incertidumbre está asociado al método experimental diseñado para determinarlo • Dependiendo del tipo de fuente de emisión se deben conocer sus características para determinarlo • Es el método más sencillo para el cálculo de emisiones
Balance de masas	<ul style="list-style-type: none"> • Solo puede ser utilizado si los contaminantes provienen de un proceso de combustión • Se requiere con precisión la composición química del combustible y las condiciones del proceso de combustión • No es posible determinar emisiones de material particulado

Cartagena cuenta con una de las zonas industriales más importantes del país, que de acuerdo con la base de datos de (Comercio, 2014) se encuentra 516 empresas, de las cuales 95 realizan operaciones que emiten contaminantes a la atmósfera (Stevenson & Huertas, 2015). Estas 95 empresas se encuentran ubicadas principalmente en el sector sur occidental de la ciudad como se presenta la Figura 6 De acuerdo con los resultados provistos por el Establecimiento Público Ambiental de Cartagena (EPA-Cartagena) en el marco de la Resolución 619 de 1997, 40 de estas empresas deben presentar registro de emisiones. Las principales industrias se encuentran concentradas en las actividades asociadas a la fabricación de artículos de plástico, fabricación de productos de la refinación del petróleo, construcción de barcos y de estructuras flotantes, fabricación de formas plásticas básicas y formas primarias, fabricación de artículos de hormigón cemento y yeso y fabricación de plaguicidas y otros productos químicos de uso agropecuario. El EPA-Cartagena cuenta con un registro de 22 empresas que reportan las emisiones de algunos contaminantes emitidos a la atmósfera, sin embargo, esta información no se encuentra en un formato que contribuya a la construcción de un inventario de emisiones.



Figura 6. Localización de las empresas con fuentes fijas en la ciudad de Cartagena

Para el año 1999, (Misco, 1999) realiza un trabajo de consultoría en el cual contabiliza las emisiones provenientes de 9 empresas: Abocol, Amocar, Ciba Geigy, Colclinker, Corelca, Ecopetrol, Electribolivar y Sidelcaribe. Este documento reporta información referente a las características físicas de las fuentes de emisión fijas tales como altura, diámetro y temperatura de salida de los siguientes gases: NO_x, SO₂, CO, PST, COV. De acuerdo con los resultados encontrados en el documento se concluye que Ecopetrol, Cabot, Novartis, Dow Chemical, Amocar y Coclinker son las principales industrias emisoras.

En el 2010 en la ciudad de Cartagena se realizó un inventario de emisiones de fuentes fijas y fuentes móviles (Ingeniería, 2010). Para el caso de las fuentes puntuales, se contó con información de 18 empresas y se aplicaron factores de emisión compilados en la base de datos AP 42 (EPA, 2015b) para la cuantificación de las emisiones. Con esta información el estudio indica cuales son las principales actividades industriales que emiten la mayor cantidad de contaminantes, como se presenta en la Figura 7. En términos generales se puede inferir que probablemente la actividad asociada a la generación, captación y distribución de la energía eléctrica es responsable de la mayor emisión de CO y VOC en la ciudad. La refinación del petróleo, por otro lado, emite la mayor cantidad de PST, SO₂ y NO_x. Sin embargo, vale la pena resaltar que la cantidad de industrias que fueron incluidas en este estudio solo corresponde al 19% del total de las 95 industrias emisoras.

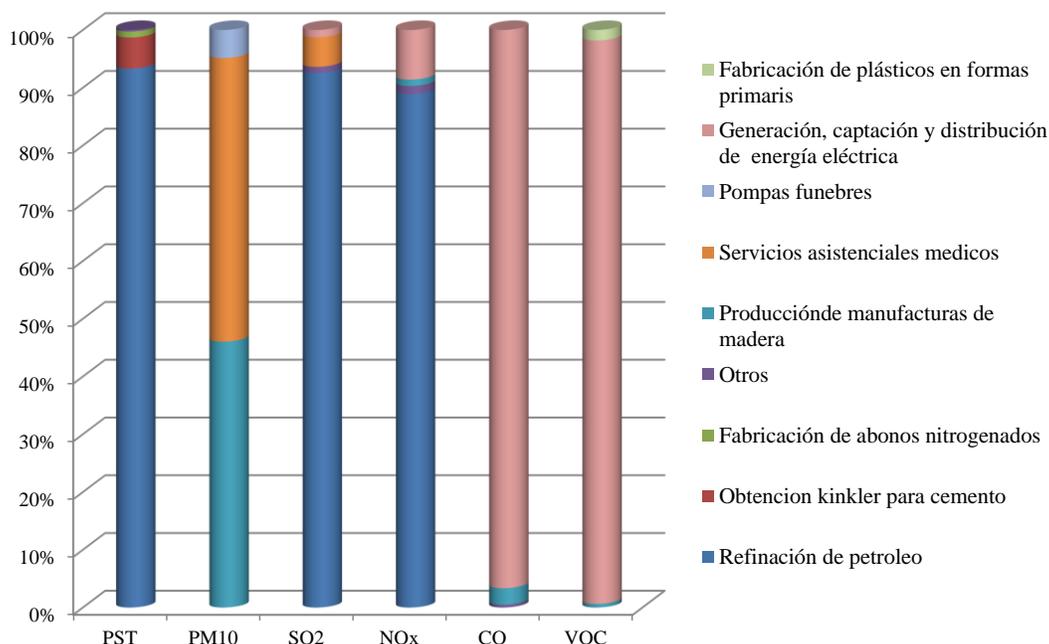


Figura 7. Inventario de emisiones para fuentes fijas de la ciudad de Cartagena 2010. Datos obtenidos de (Ingeniería, 2010)

Para la elaboración de un inventario de fuentes fijas se hace necesario la construcción de una metodología que incluya todas las empresas emisoras de contaminantes criterio, independientemente de que por norma deban reportar sus emisiones. Adicionalmente, se debe diseñar un formato único donde se identifique con claridad los tipos de fuentes, sistemas de control de emisiones y los monitoreos de emisiones con los que cuenta cada una de las industrias para cada uno de los contaminantes criterios. Se deberán realizar campañas periódicas de recolección de la información, de tal manera que permita la actualización continua del inventario de emisiones de fuentes fijas. Estas actividades se sugieren sean acompañadas por capacitaciones en cada una de las industrias al personal correspondiente, a quien se le asignó la labor de diligenciamiento del formato único y entrega del mismo periódicamente al EPA.

Por otro lado, en términos de inventario de emisiones de fuentes móviles realizado en la ciudad de Cartagena, en el documento (Ingeniería, 2010) se ejecutó el modelo IVE para la determinación de los factores de emisión y emisiones de fuentes móviles. De acuerdo con los resultados entregados en este documento, se identifica que el contaminante mayormente emitido por las fuentes móviles es el CO, cuyas emisiones se estiman asciende a los 2266 ton anuales. La Tabla 3 presenta de manera resumida la categoría de los vehículos que emite en mayor proporción cada uno de los contaminantes, se observa que las motos y los buses son probablemente los mayores emisores.

Tabla 3. Tipo de vehículos de la ciudad de Cartagena que emite en mayor proporción contaminantes criterio y VOC.

<i>Tipo de contaminante</i>	<i>Categoría del vehículo</i>	<i>Emisión (Ton/ anual)</i>
CO	Motos	1072
VOC	Motos	196
VOC evap	Motos	≈ 620
NOx	Buses	221
SOx	Buses	34
PM10	Buses	209

La Figura 8 presenta en términos generales las contribuciones de cada tipo de fuente a las emisiones de contaminantes criterio y VOCs, observándose que las fuentes móviles son quienes mayor contribuyen a la emisión de CO y VOCs.

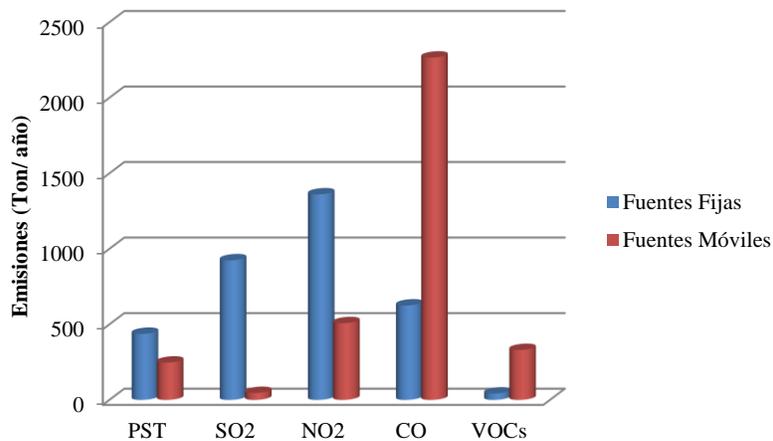


Figura 8. Emisiones de fuentes fijas y fuentes móviles de la ciudad de Cartagena. Datos tomados de (Ingeniería, 2010).

(Herazo, Romero, & Arciniegas, 2015) , realizaron un análisis de la emisiones de fuentes móviles de Cartagena partiendo de la información reportada en el 2014 por los centro de diagnóstico automotriz (CDAs) con los que cuenta la ciudad. En estos centros se llevan a cabo pruebas estáticas de las fuentes móviles, tal como lo reglamenta la Norma Técnica Colombiana NTC 5375. Los gases que son reportados por los CDA son: CO, CO2 y HC (Hidrocarburos), cuyas concentraciones son evaluadas en la salida del tubo de escape de los vehículos bajo dos condiciones de operación del vehículo; marcha mínima (ralentí) y velocidad crucero. En este estudio fueron analizados 37222 tipos de vehículos. La Figura 9 presenta los resultados de emisión encontrados.

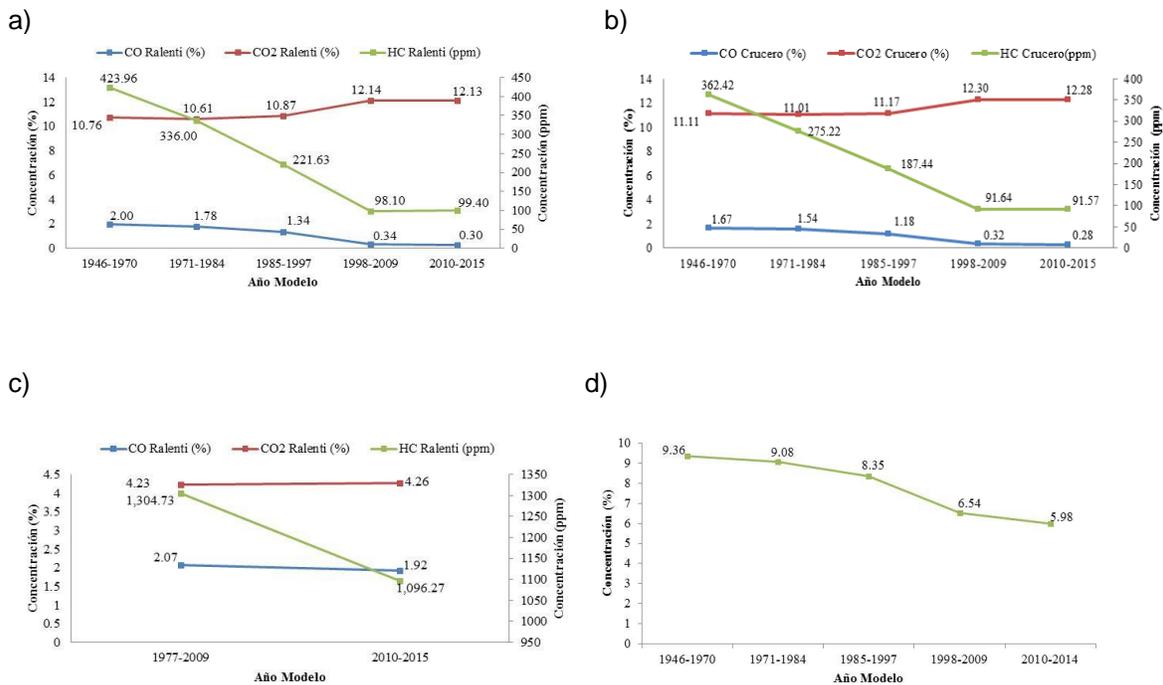


Figura 9. a) Variación de las concentraciones de contaminantes en vehículos a gasolina en condiciones de marcha mínima. b) Variación de las concentraciones de contaminantes en vehículos a gasolina en condiciones crucero. c) Variación de las concentraciones de contaminantes en moto en motos a condiciones de marcha mínima. d) Variación en la opacidad en vehículos a diésel.(Herazo et al., 2015).

Los resultados presentados en la Figura 9 muestran que las concentraciones de CO y HC en vehículos a gasolina, tanto en marcha mínima como velocidad crucero, disminuyen en vehículos cuyo año modelo es superior a 1998, como es de esperarse, debido principalmente a la presencia de catalizadores en los vehículos, razón que también explica el aumento en las concentraciones de CO₂. Vale la pena indicar que las concentraciones de CO₂ no son normadas, simplemente son utilizadas como referente para identificar si hay dilución de los gases de combustión. Para caso de las motos se observa que las concentraciones de CO se mantienen, independientemente del año modelo y hay una relativa disminución en las concentraciones de HC, vale la pena resaltar que de acuerdo con los vehículos analizados en este estudio, las motos representan el 37.5% de toda la flota vehicular analizada, representado la mayor cantidad del total de vehículos. Finalmente, para los vehículos a diésel se observa una reducción significativa en la opacidad reportada. Esto puede ser debido a la presencia de filtros de material particulado en los vehículos más nuevos.

Al comparar los resultados con La Resolución 910 de 2008, la cual establece los límites máximos permisibles, el estudio concluye que los CDA reportan un cumplimiento superior al 98%, exceptuando en uno el CDA la candelaria.

	<p style="text-align: center;">DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p style="text-align: center;">CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre 2015</p>
---	--	---

La información reportada en (Herazo et al., 2015) no constituye un inventario de emisiones, sin embargo evidencia la necesidad, al igual que el trabajo presentado por (Ingeniería, 2010) de tomar medidas de carácter tecnológico y normativo para las motos, las cuales constituyen la mayor proporción del parque automotor de la ciudad.

La elaboración de un inventario de fuentes móviles requiere de información precisa en cuanto a ciclos de conducción, tecnologías de control de emisiones y tipos de vehículos. Para ello existen diversas metodologías las cuales son presentadas en el capítulo 4.

2.5. Campañas de monitoreo

Las campañas de monitoreo son fundamentales para conocer el estado de la calidad del aire en las ciudades. Tabla 4 presenta un resumen de las campañas de monitoreo que se encuentran documentadas en Cartagena, indicando sus principales hallazgos y métodos de medición. Se observa que se han realizado diversas campañas de monitoreo donde se han evaluado principalmente contaminantes criterio en diferentes puntos de la ciudad. Muchas de las campañas se han realizado en tiempos cortos, menores a un mes, lo cual estima parcialmente la información de la calidad del aire en la ciudad. Sin embargo, vale la pena resaltar que en la actualidad la ciudad cuenta con una red de monitoreo continua, de la cual se presentarán resultados en el capítulo 6.

	<p style="text-align: center;">DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p style="text-align: center;">CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre 2015</p>
---	--	---

Tabla 4. Campañas de monitoreo realizadas en la ciudad de Cartagena

<i>Referencia</i>	<i>Periodo de muestreo</i>	<i>Puntos de muestreo</i>	<i>Contaminante monitoreado</i>	<i>Equipos de medición</i>	<i>Puntos que presentan mayor concentración de contaminantes</i>	<i>Observaciones</i>
(Misco, 1999)	Marzo – Julio, muestras no continuas	a. Pasacaballos b. Santa Ana c. Estación Cardique d. Turbaco e. Mamonal Indupollo f. Sena	CO SO2 NOx PM10 O3 HC	No se especifica	Pasacaballos	Las estaciones localizadas en Santa Ana presentaron las mejores características de calidad del aire
(K2 Ingeniería, 2010)	28 de Agosto a 28 de Octubre 2010	a. La Bocana b. El Bosque c. Bocagrande (Asobocala) d. Barrio los Cerezos e. El socorro f. Zona Industrial de Mamonal	PST	Alto volumen	El Bosque y Zona Industrial Mamonal	Se concluye que el principal problema radica en el material particulado
			PM10	Alto volumen	El Bosque y Zona Industrial Mamonal	
			CO	Infrarrojo no dispersivo	El Socorro	Las concentraciones de SO2 se encuentran muy por debajo de la norma, por lo que se indica que es un contaminante prescindible.
			NO2	Muestreadores pasivos	Zona Industrial Mamonal y El Bosque	
			SO2	Muestreadores pasivos	Zona Industrial Mamonal	
			O3	Muestreadores pasivos	El Laguito	
(UdeC & Alcaldía, 2011)	24 horas	a. EDS Marbella b. Estadero Costa Azul c. Claustro la Merced d. CAI el Limbo e. Asobocala	PM10	Alto volumen	Asobocala y CAI el Limbo	PM10 es el único contaminante que excede la norma de calidad del aire, comparado con los otros contaminantes
			PST	Alto volumen	Ningún punto excede la norma de calidad del aire	
			NOx	Muestreadores activos	Ningún punto excede la norma de calidad del aire	
(UdeC & Alcaldía, 2010)	24 horas	22 puntos de muestreo	PM10	Alto volumen	Estación de servicio el Gallo	Los puntos donde se presentan la mayores concentraciones



DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015

Revisión: 1

Fecha: Diciembre 2015

Referencia	Periodo de muestreo	Puntos de muestreo	Contaminante monitoreado	Equipos de medición	Puntos que presentan mayor concentración de contaminantes	Observaciones
					Iglesia del Campastre	coinciden con la ubicación de fuentes móviles
			SO2	Muestreadores activos	Peaje Ceballos	
			NO2	Muestreadores activos	Bomba Texaco Ternera Peaje Manga Peaje Ceballos	
(Cardique, 2011d)	26 de Septiembre al 5 de Octubre	a. Conjunto residencial las palmas b. Urbanización providencia	SO2	Muestreadores de tres gases	Conjunto residencial las palmas	Este trabajo tuvo como objetivo proveer información de línea base para el proyecto Transcaribe. Las concentraciones registradas no exceden las normas de calidad del aire
			NO2	Muestreadores de tres gases	Conjunto residencial las palmas	
			PM10	Alto volumen	Conjunto residencial las palmas	
(Cardique, 2010a, 2011a, 2011b)	14 – 16 de Diciembre 2010 4-8 de Abril 2011	a. Centro comercial colonial b. Institución Educativa Corponorte	SO2	Muestreadores de tres gases	Las concentraciones registradas no exceden las normas de calidad del aire	Solo fue tomada una muestra por día en cada punto monitoreado. El reporte indica como objetivo: establecer una línea base de las condiciones ambientales de la zona donde se desarrollará la construcción del tramo 5A para el proyecto Transcaribe
			NO2	Muestreadores de tres gases		
			PM10	Alto volumen		
(Cardique, 2010b, 2011c)	17 – 20 Diciembre de 2010	a. Eds Texaco Pie De La Popa b. Coac Tramo 5b	SO2	Muestreadores de tres gases	Las concentraciones registradas no exceden	Se atribuyen niveles bajos de concentración de partículas,

Referencia	Periodo de muestreo	Puntos de muestreo	Contaminante monitoreado	Equipos de medición	Puntos que presentan mayor concentración de contaminantes	Observaciones
	7 -9 de Abril 2011	c. Centro Parque Espíritu Del Manglar	NO2	Muestreadores de tres gases	las normas de calidad del aire	debido a la presencia de lluvia durante el periodo de muestreo El objetivo de este informe fue tener información sobre las condiciones ambientales para la zona durante el tiempo de ejecución de las obras del Tramo B del proyecto Transcaribe
			PM10	Alto volumen		
(Sánchez et al., 2013)	5 a 12 días	a. CAI de la esperanza b. CAI de la arrocera c. CAI de Bocagrande d. CAI de la Boquilla e. CAI de Pasacaballos f. Institución educativa liceo de Bolívar g. Institución educativa playas de Acapulco h. Universidad de Cartagena (sede zaragocilla)	CO	Muestreadores automáticos Thermoelectron	CAI de Bocagrande	Las concentraciones de CO son superiores a las reportadas en otras ciudades como Medellín y Bogotá.
			O3		No se excede la norma	Se concluye que las fuentes vehiculares son una importante debido a la asociación encontrada entre SO2 y PM2.5 en puntos de alto tráfico vehicular
			SO2		No se excede la norma	
			PM2.5		CAI Pasacaballos	
Este trabajo (Alvarez, Quiñones, & Huertas, 2015)		a. María Auxiliadora b. Bomba del Amparo c. Peaje Ceballos	PM 2.5	Mustrador automático	Bomba del Amparo y Peaje Ceballos	Los puntos de monitoreo fueron ubicados en sectores donde el transporte es la principal fuente de emisión.
			CO	Infrarrojo no dispersivo	No se excede la norma	En todos los puntos de muestreo se excede la norma horaria de PM2.5

	<p style="text-align: center;">DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p style="text-align: center;">CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre 2015</p>
---	---	---

De acuerdo con los resultados presentes en la Tabla 4, existe una diversidad de puntos en donde se han realizados muestreos de contaminantes en la ciudad y no en todos los casos se han realizado repeticiones en los mismos puntos, por tanto no es posible identificar con claridad lugares en donde se observen concentraciones de contaminantes que puedan exceder la norma en diversos periodos del año. Sin embargo, se observa que las mayores concentraciones de contaminantes se encuentran localizadas en sectores de alto tráfico vehicular, como por ejemplo el Peaje Ceballos y la Bomba del Amparo, siendo el material particulado el contaminante que presenta mayores excedencias de la norma, seguido por SO₂ y CO.

Las fuentes fijas de la ciudad de Cartagena se encuentran localizadas principalmente en la zona de Mamonal como se indicó previamente, han sido pocas las campañas de monitoreo documentadas que se han llevado a cabo cerca de la zona de Mamonal, que permitan identificar la calidad del aire en este sector industrial de la ciudad.

Es bien conocido que la contaminación atmosférica se encuentra asociada a problemas respiratorios y cardiovasculares. En el caso de Cartagena los casos de mortalidad infantil por Infecciones Respiratorias Agudas (IRA) ha venido en aumento desde el 2012 en donde fallecieron 16.58 de cada 100 nacidos vivos y para el 2014 esta cifra aumento a 24.11 (Como vamos, 2014). En la actualidad la ciudad no cuenta con estudios documentados que relacionen los niveles de concentración de contaminantes en la atmósfera con las enfermedades respiratorias.

2.5.1. Índice de la calidad del aire

El Índice de Calidad del Aire – ICA corresponde a un valor adimensional, cuyo rango se encuentra 0 y 500 puntos. El mismo es un indicativo que permite de manera cualitativa identificar la calidad del aire de la ciudad y su efecto en la salud humana. El (Observatorio Ambiental, 2015) presenta el protocolo mediante el cual se realiza el cálculo del ICA, sus implicaciones para la salud y las acciones preventivas que pueden ejecutarse de acuerdo a los valores del ICA.

Para la campaña de monitoreo realizada en este trabajo (Alvarez et al., 2015), en donde se monitoreo PM_{2.5} y CO en tres puntos de la ciudad: Bomba del Amparo, María Auxiliadora y Peaje Ceballos (en el capítulo 4 se presenta con detalle la realización de esta campaña), fue calculado el ICA. La Figura 10 presenta el valor del ICA horario en los tres puntos de monitoreo, las franjas de la figura representan el nivel de afección a la salud humana.

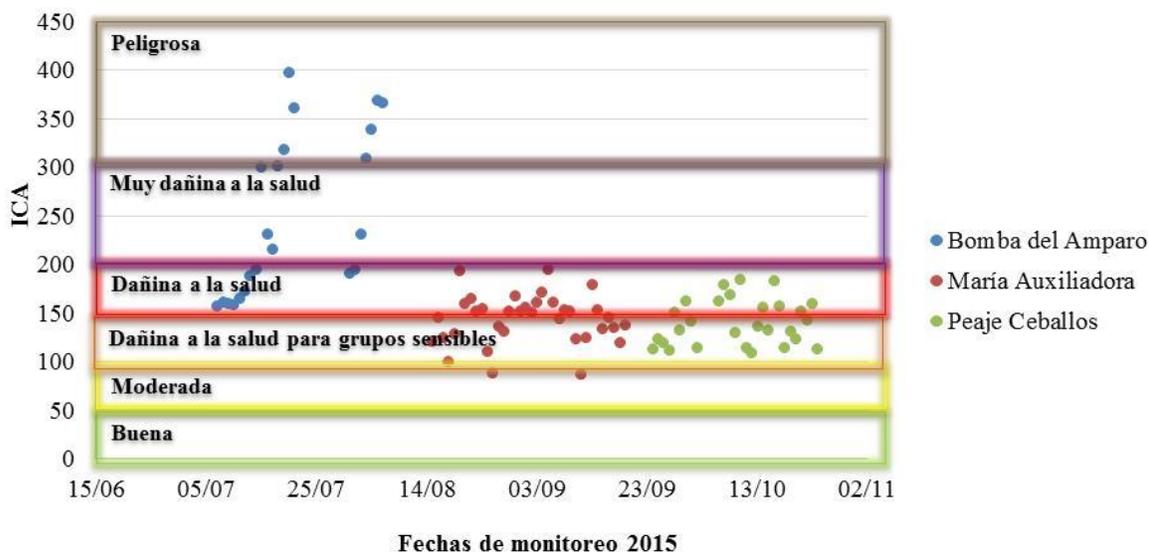


Figura 10. Índice de calidad del aire de la campaña de monitoreo en los sectores: Bomba del Amparo, María Auxiliadora y Peaje Ceballos.

En la Figura 10 se observa que durante los días de monitoreo en ninguno de los casos se contó con una buena calidad del aire. El sector de la Bomba del Amparo fue el único que presentó un valor de ICA superior a los 301 puntos, lo que corresponde a una clasificación más peligrosa para la salud. De todos los días monitoreados en este punto el 41% se encuentran dentro de esta clasificación. Para el caso del sector de María Auxiliadora se presentan ICA desde 100 hasta 200 puntos, lo que indica que las concentraciones de contaminantes pueden tener efectos dañinos en la salud. El 51% de los días el ICA se encontró entre 151 y 200 puntos. Por último, para el sector del Peaje Ceballos, es donde se encuentra la mejor calidad del aire (comparado con los otros sectores), el 61% de los días se obtuvieron ICA entre los 101 y 150 puntos. No obstante, esta sigue siendo una calidad del aire dañina para la salud de grupos sensibles como adultos mayores, niños y personas con enfermedades cardiopulmonares.

	<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre 2015</p>
---	---	---

3. FACTORES DE EMISIÓN

El método comúnmente utilizado por la comunidad científica, sector industrial y gubernamental es el uso de los factores de emisión. El factor de emisión se define *como un valor representativo que intenta relacionar la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera con una actividad asociada a la emisión del contaminante. Estos factores son usualmente expresados como la masa del contaminante dividido por una unidad de peso, volumen, distancia o duración* (EPA, 2015b). La Ecuación 1 presenta el método mediante el cual se calculan las emisiones haciendo uso de los factores de emisión.

$$E = Ef A (1 - \eta) \quad \text{Ec. 1}$$

Donde E corresponde a la emisión, Ef es el factor de emisión asociado a la actividad A y η representa la eficiencia de la medida de control (EPA, 2015b).

Los factores de emisión son la principal fuente de incertidumbre al momento de cuantificar la emisión de los gases NO_x, CO, SO_x y material particulado (Belalcazar, Clappier, Blond, Flassak, & Eichhorn, 2010). Dependiendo del tipo de fuente y actividad a ser evaluada se requiere de información particular para el cálculo de los factores de emisión.

3.2. Factores de emisión: Fuentes puntuales

En la literatura existen diversos países que cuentan con bases de datos o compendios de factores de emisión, los cuales en todos los casos han sido determinados experimentalmente. La US EPA cuenta con el compendio AP-42 (EPA, 2015b) el cual cuenta con 15 capítulos asociados a diferentes actividades industriales y sus correspondientes factores de emisión para contaminantes primarios.

Por otro lado, el Reino Unido cuenta con una base de datos de factores de emisión desde el año 1970 hasta el 2012 dividido en diferentes sectores industriales, incluyendo compuestos orgánicos volátiles, gases de efecto invernadero, metales pesados y contaminantes criterio. Adicionalmente, cuenta con una base de datos de factores de emisión para vehículos clasificados por tipo de vehículo, consumo y tipo de combustible (NAEI, 2014).

El Programa de Evaluación y Monitoreo Europeo - EMEP y la Agencia Ambiental Europea - EEA cuentan con un libro guía para la construcción de inventarios de emisiones (EMEP & EEA, 2013) el cual contiene factores de emisión para diversas actividades las cuales se encuentran divididas en seis grandes grupos. La (CEPMIEP, 2014) cuenta con una base de datos de factores de emisión para material particulado, tanto PST, PM10 y PM2.5 para diferentes actividades y fuentes de emisión que da soporte al inventario de emisiones. Igualmente, la (APEF, 2014) es una colección de varias fuentes de información que compila los factores de emisión para diferentes actividades y tipos de contaminantes.

La determinación de factores de emisión para fuentes fijas, dependerá de la actividad económica a la cual se dedique la industria, del tipo de combustible utilizado, los equipos,

	<p style="text-align: center;">DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p style="text-align: center;">CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre 2015</p>
---	--	---

del proceso de combustión (en caso en que lo haya) y de las tecnologías de control de emisiones.

3.3. Factores de emisión: Fuentes móviles

En las fuente móviles, las emisiones y los factores de emisión depende del tipo de combustible del que se hace uso, de las tecnologías de control de emisiones con las que cuentan los vehículos, el ambiente y las condiciones de operación de los vehículos (Franco et al., 2013).

Existen diferentes métodos que pueden ser implementados para la determinación de los factores de emisión, todos ellos son descritos a continuación.

- a. **Dinamómetro de chasis:** En este método los vehículos son colocados sobre un dinamómetro de chasis, en el cual cada vehículo sigue un ciclo de conducción y por medio de un equipo especializado (CVS-Constant Volumen Sample) se determina la masa de los contaminantes emitidos por kilómetro recorrido. Esta técnica implica altos costos económicos y debido a que son pocos los vehículos que pueden ser muestreados se tiene dificultades en contar con una muestra representativa.
- b. **Equipo a bordo:** Existen equipos conocidos como PEMS (Portable emissions measurement systems). Estos instrumentos cuentan con técnicas establecidas por autoridades ambientales reconocidas para el muestreo de contaminantes emitidos por vehículos de manera continua e instantánea, los cuales determinan emisiones y factores de emisión. Aunque esta técnica permite estimar los factores de emisión en condiciones urbanas reales el número de vehículos es limitado por lo tanto se reduce la repetitividad colocando algunas limitaciones si es usado como método para determinar factores de emisión (Franco et al., 2013).
- c. **Túnel o calle cañón:** Equipos de monitoreo son colocados vientos arriba y vientos debajo de un túnel que se encuentre dentro de la ciudad o una calle rodeada por edificios conocida como calle cañón. Usualmente se hace uso de un trazador el cual permite determinar la tasa de ventilación del túnel. Por medio del principio de conservación de masa y la contabilización del flujo vehicular es posible estimar el factor de emisión. Esta técnica es muy útil para monitorear emisiones de cientos de vehículos en condiciones reales, sin embargo genera dificultades para identificar las emisiones por tipo de vehículo y tecnologías de control de emisiones (Franco et al., 2013).
- d. **Modelación inversa:** Esta es una técnica complementaria a una previa medición de emisiones contaminantes. La modelación inversa hace uso de un modelo de calidad del aire, el cual parte de unas concentraciones y por medio de análisis estadístico es posible determinar las posibles fuentes de emisión y los factores de emisión. Para estos casos pueden ser utilizados modelos de dispersión de contaminantes o de receptores.
- e. **Uso de modelos.** MOVES es un modelo recomendado por la (EPA, 2014) para construir inventario de emisiones en fuentes móviles y/o determinar factores de emisión. Este modelo se caracteriza por solicitar información robusta y detallada de la flota y flujo vehicular, condiciones meteorológicas e infraestructura vial. En el momento en que MOVES es ejecutado y entregar resultados, es necesario realizar

	<p style="text-align: center;">DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p style="text-align: center;">CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre 2015</p>
---	--	---

un post-procesamiento de los mismos para estimar los factores de emisión. Este modelo corresponde a la versión más actualizada del modelo MOBILE.

El modelo COPERT 4 es desarrollado por la EEA y el Centro europeo para la polución del aire y la mitigación del cambio climático (Emisia, 2014). Este modelo permite determinar factores de emisión para gases de efecto invernadero producidos por el sector del transporte.

Usualmente los modelos con los que se construyen los inventarios de emisiones o se estiman factores de emisión se encuentran desarrollados para ser aplicados en Estados Unidos o Europa. Por tanto, este tipo de modelos requieren de información muy específica y detallada que para países como el latinoamericano genera alta incertidumbre la utilización de este tipo de herramientas. Es por esta razón que se desarrolla el modelo IVM - International Vehicle Emissions Model (ISSRC, 2014) el cual está diseñado para tener mayor flexibilidad en términos de la información de entrada que es requerida. Países como México, Chile y Brasil han hecho uso de esta herramienta (ISSRC, 2005).

3.4. Lineamientos para la determinación de factores de emisión en la ciudad de Cartagena

Para la elaboración de factores de emisión en la ciudad de Cartagena de fuentes fijas, se sugiere llevar a cabo las 4 etapas que se presentan a continuación. La Figura 11 presenta gráficamente la metodología que se sugiere se lleve a cabo para determinar factores de emisión en fuentes puntuales.

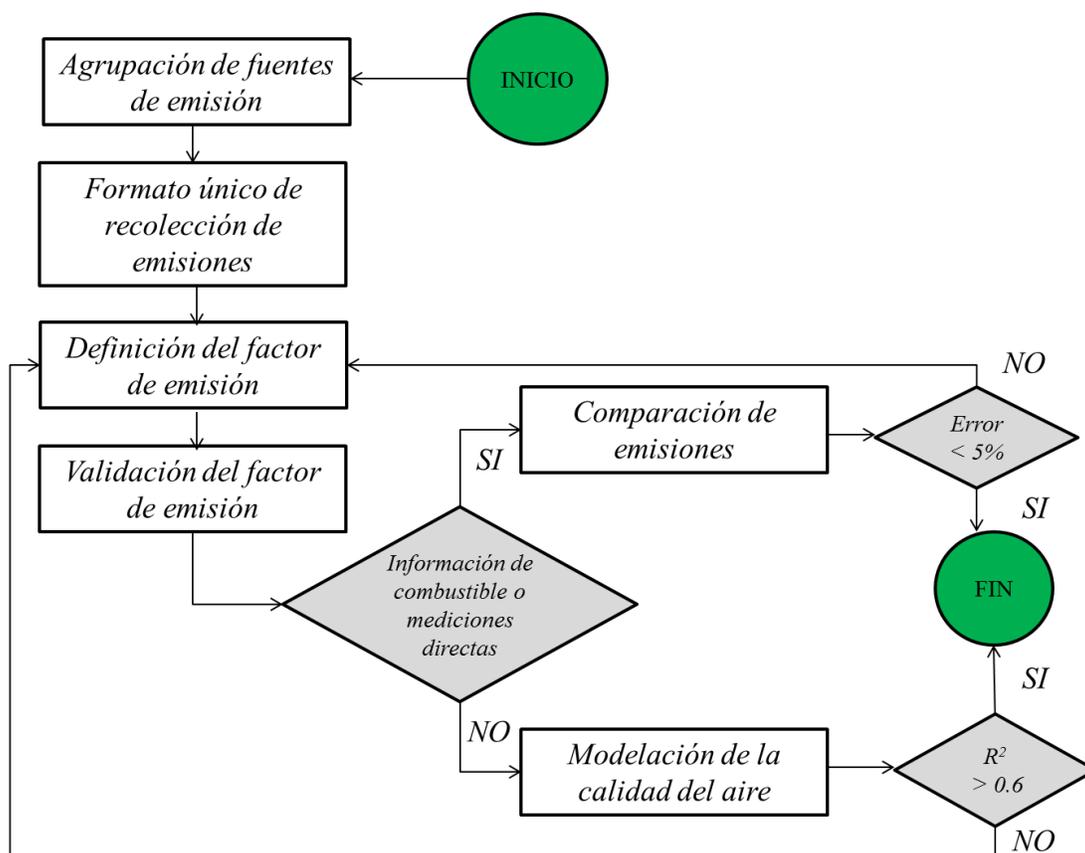


Figura 11. Metodología recomendada para la determinación de factores de emisión en fuentes puntuales

Etapa I: Agrupación de industrias. Es necesario agrupar a todas las empresas que tienen una misma actividad económica e identificar para grupo los procesos y equipos que constituyan fuentes fijas de emisión.

Etapa II: Formato de recolección de la información. Será necesario diseñar y aplicar un formato para cada tipo de industria donde sea posible cuantificar la información referente a condiciones meteorológicas, procesos de combustión, tipos de combustibles, consumo de combustible, características geométricas de los fuentes puntuales y actividades características propias de cada una de las industrias.

Etapa III: Cálculo de las emisiones. De acuerdo con la información recolectada en la etapa II se deberán determinar las emisiones másicas en función del tiempo por cantidad unitaria de producto.

Etapa III: Definición de factor de emisión. Por medio de la aplicación de técnicas estadísticas y la información recolectada en la etapa II se deberá desarrollar una ecuación que permita determinar el factor de emisión para cada tipo de fuente de emisión, para cada contaminante. Este factor de emisión deberá tener unidades que coincidan con el proceso

	<p style="text-align: center;">DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p style="text-align: center;">CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre 2015</p>
---	---	---

y el tipo de fuente de emisión que se está evaluando. El factor de emisión deberá ser comparado con factores existentes en bases de datos.

Etapa IV: Validación del factor de emisión. Dependiendo de las características de la fuente y el tipo de información con las que se cuenta se recomiendan dos métodos para validar el factor de emisión. El primer método consiste en determinar las emisiones partiendo del factor de emisión encontrado, aplicando la Ecuación 1. Esta emisión deberá ser comparada con las emisiones estimadas por el método de balance de masas o medición directa, el error reportando entre ambas emisiones debe ser inferior a 5%. El segundo método consiste en validar las emisiones aplicando un modelo de calidad del aire. En esta etapa se recomienda llevar a cabo una campaña de monitoreo al interior de la industria, por un tiempo mínimo de al menos tres meses en 3 puntos dentro de la industria, donde se asegure que las concentraciones medidas provienen únicamente de las fuentes de emisiones de la empresa. Por medio de la aplicación de un modelo de calidad del aire se validan las concentraciones estimadas por el modelo, al cual se le deben ingresar las emisiones calculadas partiendo del factor de emisión con las concentraciones determinadas en la campaña de monitoreo. Deberá existir una correlación lineal cuyo coeficiente de determinación (R^2) no debe ser inferior a 0.6, el cual será un criterio aceptable de validación de los factores de emisión.

La metodología anteriormente descrita se recomienda sea implementada en las 95 industrias identificadas en capítulo 3, ubicadas en su mayoría en la zona industrial de Mamonal.

Para la construcción de factores de emisión de fuentes móviles se recomienda sea llevada a cabo haciendo uso de equipos especializados tipo PEMS. El desarrollo de factores de emisión con este tipo de instrumentos requiere de personal especializado y una inversión económica importante, pero es el método de mayor precisión. Si no se contase con el presupuesto para la adquisición y puesta en marcha de este tipo de equipos a continuación se presenta la metodología a seguir, haciendo uso de modelos especializados, de acuerdo con las características propias de la ciudad, desarrollada en 4 etapas (Figura 12).

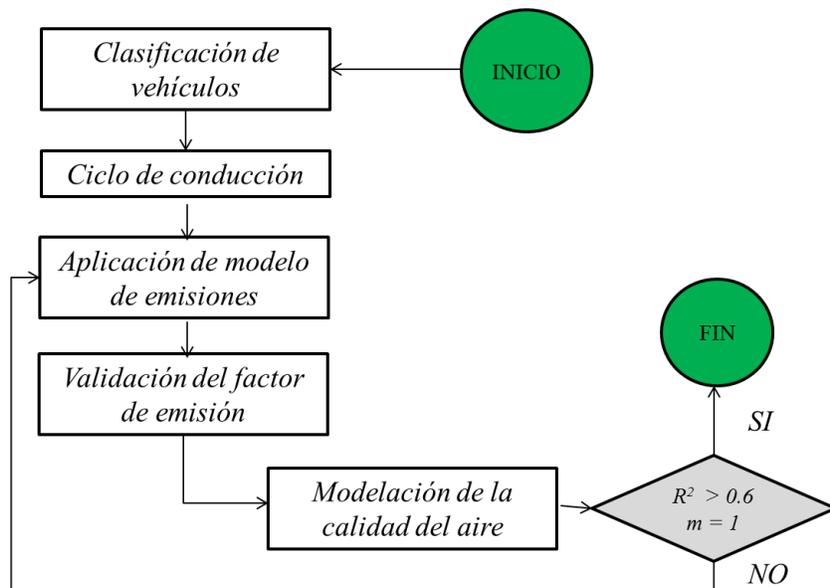


Figura 12. Metodología recomendada para la determinación de factores de emisión en fuentes móviles

Etapa I. Clasificación del transporte. Se deben realizar aforos vehiculares en las vías principales de la ciudad, al igual que identificar los tipos de combustibles y los sistemas de control de emisiones de cada uno de los vehículos clasificados por categorías que circulan en la ciudad.

Etapa II. Ciclo de conducción. Todos los modelos de emisiones de fuentes vehiculares requieren como dato de entrada el ciclo de conducción característico de la ciudad. Para esto se debe desarrollar un trabajo de campo que consiste en recorrer las principales vías de la ciudad en los diferentes tipos de transporte, adquiriendo la información de velocidad, posición y tiempo de cada uno de los vehículos. Esta actividad debe replicarse en diferentes horas del día durante todos los días de la semana. Posteriormente, por medio de la aplicación de la técnica estadística de diferencias ponderadas se identifica el ciclo de conducción característico.

Etapa III. Modelo de emisiones. Esta etapa consiste en la aplicación de un modelo de emisiones, con el cual sea posible definir el factor de emisión por tipo de vehículo y contaminante. De acuerdo con los resultados realizados en las campañas de monitoreo de la ciudad y la literatura, los contaminantes que se sugieren sean modelados de manera obligatoria son material particulado, NO_x y monóxido de carbono.

Etapa IV. Validación del factor de emisión. Realizar una campaña de monitoreo para cada uno de los contaminantes de mínimo tres meses en sitios cuya fuente de emisión predominante corresponda a las fuentes móviles. La selección de los puntos de monitoreo serán definidos en la siguiente sección. Posteriormente se debe aplicar un modelo de calidad del aire, cuya información de entrada corresponda a las emisiones calculadas partiendo del factor de emisión determinado en la etapa III. Las concentraciones estimadas

	<p style="text-align: center;">DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p style="text-align: center;">CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre 2015</p>
---	--	---

por el modelo deberán correlacionarse linealmente con las concentraciones medidas en la campaña de monitoreo con un coeficiente de determinación (R^2) no inferior a 0.6 y una pendiente de la recta igual a uno (1), estos serán los criterios aceptables de validación de los factores de emisión. En caso de que la pendiente se superior o inferior a uno (1) el modelo estará subestimando o sobreestimando, por tanto, se debe regresar al factor de emisión e identificar le valor que ajusta adecuadamente la pendiente.

Cabe la pena resaltar que existen otras metodologías posibles para determinar los factores de emisión. Sin embargo, algunas de ellas presentan deficiencias para presentar los factores de emisión discriminados por tipo de vehículos y/o los factores de emisión presentan altas incertidumbres.

3.5. Definición de los puntos de monitoreo de contaminantes provenientes de fuentes móviles en la ciudad de Cartagena.

Para la definición de los sitios de monitoreo de fuentes móviles en la ciudad de Cartagena, actividad requerida para validar los factores de emisión, se desarrolló una metodología en la cual se preseleccionaron 6 puntos dentro de la ciudad en los cuales se identificó una fuerte influencia de las fuentes móviles.

En cada uno de los puntos seleccionados se evaluó la posibilidad de realizar el monitoreo ambiental de acuerdo con los siguientes criterios: (1) seguridad, (2) incidencia de otras fuentes (fijas), (3) requerimientos de espacio para la instalación de equipos, (4) accesibilidad al sitio, (5) obstáculos que interfirieran la dispersión de contaminantes, (6) registro de datos suficientes en tiempo para un adecuado análisis estadístico y (7) grado de contaminación. Para determinar el grado de contaminación se ejecutó el modelo gaussiano de calidad del aire CALINE3 (EPA, 2015a). A cada uno de estos factores le fue asignado un porcentaje de significancia y de acuerdo con el presupuesto que se contaba para la ejecución de este trabajo, se le asignó a cada uno de las estaciones un puntaje de 10 a 50, donde 50 indica que se requiere una alta inversión económica y 10 una baja inversión en cada uno de los puntos preseleccionados. La Tabla 5 presenta los resultados.

Tabla 5. Resultados selección de sitios para monitoreo atmosférico

Factores		Sitios preseleccionado					
Denominación	Peso	Base Naval	Bomba amparo	CAI María Auxiliadora	Avenida del lago EBAR	Mercado Bazurto	Peaje Ceballo
Seguridad	0.10	0	30	10	50	50	30
Influencia de otras fuentes	0.20	20	30	30	40	40	40
Requerimiento de Espacios	0.15	20	20	20	40	40	20
Accesibilidad	0.10	50	20	10	30	50	20
Obstáculos	0.10	50	10	10	50	40	10
Registro histórico de datos	0.10	20	30	40	40	40	20
Grado de Contaminación	0.25	30	30	20	20	30	20

	<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre 2015</p>
---	---	---

Factores		Sitios preseleccionado					
Denominación	Peso	Base Naval	Bomba amparo	CAI María Auxiliadora	Avenida del lago EBAR	Mercado Bazurto	Peaje Ceballo
Σ		26.5	25.5	21	36	39.5	24

De acuerdo con las limitaciones presupuestales, los puntos de monitoreo seleccionados son: Bomba del Amparo, María Auxiliadora y Peaje Ceballos. En cada uno de estos puntos fue llevada a cabo una campaña de monitoreo de PM 2.5 y CO por un periodo de un mes. La Figura 13 presenta las fotografías de los lugares monitoreados.

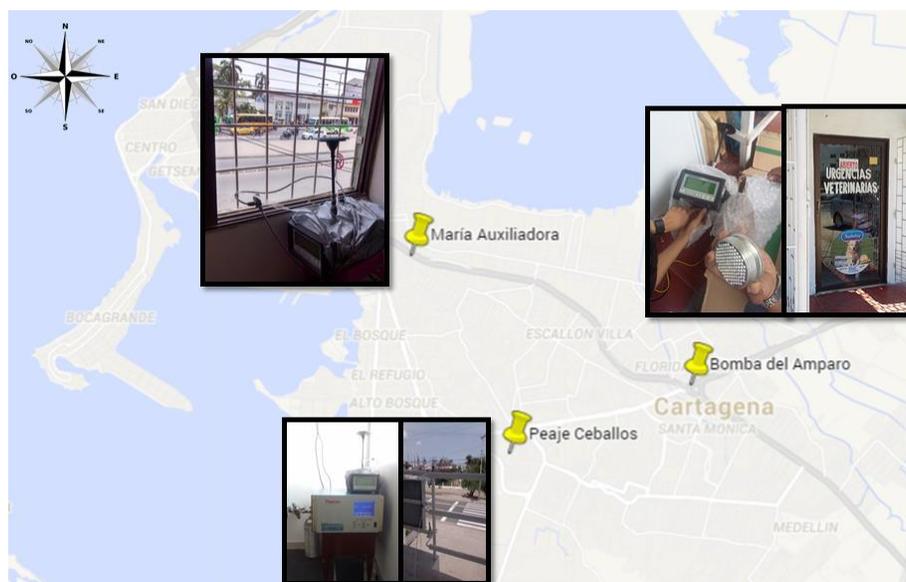


Figura 13. Puntos de monitoreo de calidad del aire en cada uno de los puntos seleccionados.

Durante el periodo de muestreo en todos los sitios monitoreados fue excedida la norma de calidad del aire para PM2.5, como se presenta en la Figura 14. Mientras que para el caso de CO, no fue excedida la norma de calidad del aire, establecida en 40.000 µg/m³ (MAVDT, 2010) (Figura 15). El punto de María Auxiliadora presenta las menores concentraciones de estos contaminantes y el sector de la Bomba del Amparo las mayores concentraciones. Este resultado responde al flujo vehicular de la zona, que de acuerdo con el aforo realizado, se identifica que la Bomba del Amparo es el punto con mayor flujo vehicular, como se observa en la Figura 16.

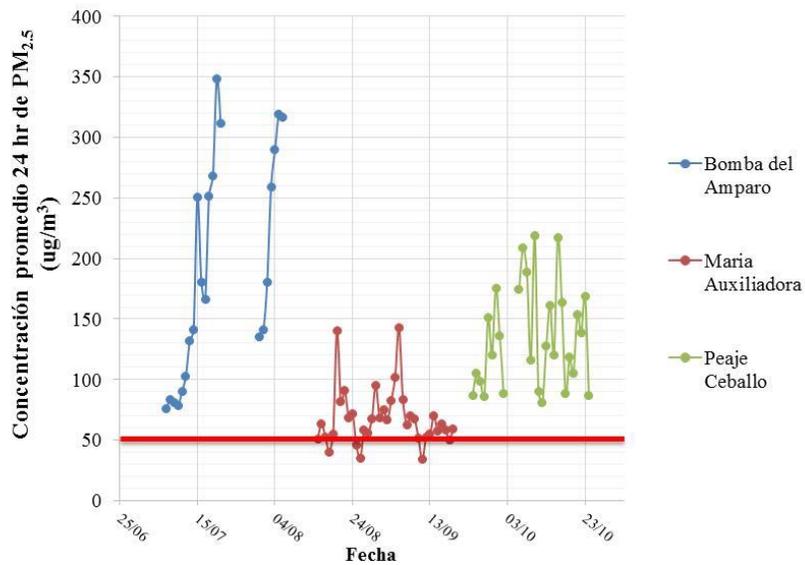


Figura 14. Variación de la concentración de PM_{2.5} en el tiempo durante la campaña de monitoreo.

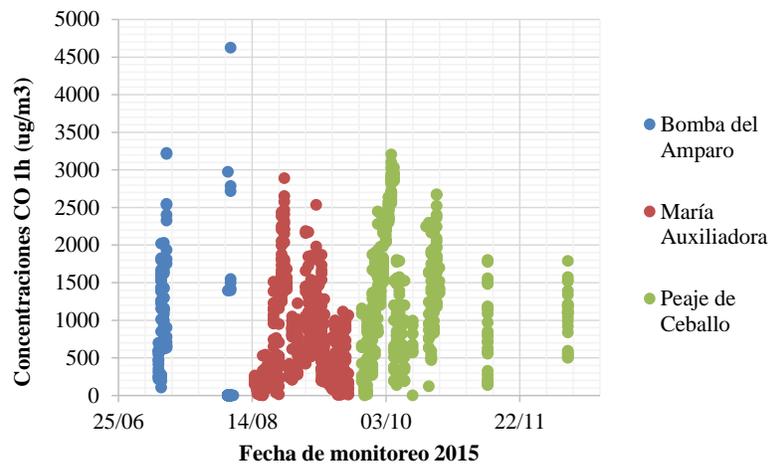


Figura 15 Variación horaria de la concentración de CO en el tiempo durante la campaña de monitoreo

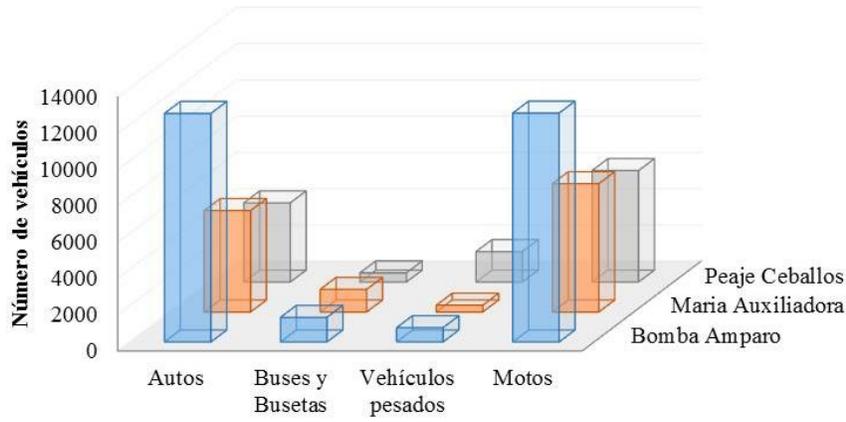


Figura 16 Aforo en los sitios de monitoreo: Bomba del Amparo, María Auxiliadora y Peaje Ceballos

	<p style="text-align: center;">DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p style="text-align: center;">CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre 2015</p>
---	--	---

4. MODELACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE

La modelación de la calidad del aire es una herramienta matemática y computacional que debe ser aplicada para la toma de decisiones de carácter regulatorio, la modelación puede dar respuesta a las siguientes necesidades:

- Identificar las áreas de mayor impacto ambiental.
- Identificar y evaluar la efectividad de políticas de control de la contaminación
- Selección de los sitios más adecuados para ubicar estaciones de monitoreo de calidad del aire.
- Predecir fenómenos meteorológicos y episodios de contaminación.
- Identificar fuentes de emisión
- Determinación de factores de emisión

La dinámica atmosférica y la dispersión de los contaminantes se describen por medio de las ecuaciones presentes en la Tabla 6. Estas ecuaciones se caracterizan por no tener una solución analítica, por tanto, se aplican métodos numéricos para su resolución.

Tabla 6. Ecuaciones que describen los fenómenos físicos que ocurren en la dispersión de contaminantes atmosféricos (Kuo, 1996)

<i>Aspecto que modela</i>	<i>Ecuación</i>
Conservación de masa y de especies	$\frac{\partial Y_i \rho}{\partial t} + \nabla \cdot \rho Y_i (v + V_i) = \omega_i$
Conservación de momentum	$\frac{d}{dt} (mV)_{\text{sys}} = \sum F = \frac{d}{dt} \left(\int_{CV} V \rho dV \right) + \int_{CS} V \rho (V_r \cdot n) dA$
Primera ley de la termodinámica	$\rho \frac{Dh_s}{Dt} - \frac{\partial p}{\partial t} = \frac{\partial (u_j \tau_{ji})}{\partial x_j} + \dot{Q} - \nabla \cdot q + \rho \sum_{k=1}^N Y_k f_k \cdot (u + V_k)$
Reacciones químicas	$\omega_i = W_i \sum_{k=1}^M (v''_{i,k} - v'_{i,k}) B_k T^{\alpha_k} \exp - \frac{E_{ak}}{R_U T} \prod_{j=1}^N \left(\frac{X_j p}{R_U T} \right)^{v'_{j,k}}$

4.2. Modelos de calidad del aire

Los modelos de calidad del aire son entonces aproximaciones numéricas que describen la dinámica atmosférica. Existe una amplia variedad de modelos, los cuales son clasificados bajo diversos criterios, los cuales se presentan en la Tabla 7.

	<p style="text-align: center;">DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p style="text-align: center;">CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre 2015</p>
---	--	---

Tabla 7. Criterios de clasificación de los modelos de calidad del aire (Aggarwal, Haritash, & Kansal, 2014)

Criterio	Ejemplo
<i>Relación fuente - receptor</i>	Orientado a la fuente (puntual, móvil) Orientado al receptor
<i>Estructura básica del modelo</i>	Determinístico o No determinístico Estado estable o dependiente del tiempo
<i>Marco de referencia</i>	Euleriano o Langrangiano
<i>Dimensionalidad del dominio computacional</i>	Una, dos, tres dimensiones o multidimensional
<i>Escala</i>	Microescala (1m , sec –min) Mesosescala (5-10 km, hour) Sinóptica pequeña(100 km, hora - día) Sinóptica amplia (100-1000 km , días) Planetaria (>1000km, semanas)
<i>Estructura del modelo</i>	Numérica Estadística Física
<i>Nivel de sofisticación</i>	Nivel 1 (Modelos screening) Nivel 2 (Modelos refinados)

Bajo los criterios de clasificación presentados en la Tabla 7, se encuentran los modelos: gaussiano, físicos, estadísticos, numéricos y fotoquímicos. La Tabla 8 presenta las principales características de cada uno de estos modelos.

Tabla 8. Alternativas de modelación de la calidad del aire. (ITESM & MAVDT, 2008)

Modelo	Descripción	Ventajas	Desventajas
Modelos fotoquímicos	Para cada celda de simulación asume que la emisión se difunde uniformemente en el espacio disponible y ocurren las reacciones químicas pertinentes	Apropiado para gran número de fuentes como complejos industriales y ciudades	Requieren de gran capacidad de computo
Estadísticos	Redes neuronales : Asocian el efecto de las condiciones meteorológicas y emisión de contaminantes a la concentración de contaminantes en puntos alejados de la fuente de emisión	Sintetizan datos históricos	Necesita que existan patrones de comportamiento
	Modelos de Monte Carlo: Modelan nucleación, coalescencia, coagulación y condensación de partículas	Han sido validados experimentalmente	Poco conocidos
	Modelo de receptores: Asocian la concentración y composición de la contaminación de un receptor con una fuente	Proveen evidencia sobre el impacto de una fuente sobre los receptores	Son cualitativos. Aplican cuando cada una de las fuentes emite sustancias con características diferentes
Físicos o experimentales	Modelos a escala en túnel de viento	Se ajustan a la realidad	Costosos
Simulación numérica	<i>Computational fluid dynamics</i> –CFD: Resuelve numéricamente las ecuaciones que describen el movimiento de los fluidos	Son los más exactos.	Requieren de gran capacidad de computo No apropiados para modelar a distancias mayores de 1 Km

Modelo	Descripción	Ventajas	Desventajas
Modelos gaussianos	Estado estable	Han tenido amplia aceptación por su simplicidad.	Problemas con condiciones de viento menores a 1 m/s.
	Avanzados	Incluyen en forma dinámica las características climatológicas y geográficas	Requieren gran cantidad de información de entrada

Los modelos mayormente utilizados son los modelos gaussianos. Estos modelos son determinísticos y aproximan la dispersión de los contaminantes a una curva gaussiana como se presenta en La Figura 17. Principio fundamental sobre el cual operan los modelos de calidad del aire tipo gaussiano. Esta dispersión obedece a La Ecuación 2.

$$C = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2} \left\{ e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2} + e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2} \right\} \text{ Ecuación 2.}$$

Donde:

- u Velocidad del viento
- Q Flujo másico de contaminante i
- H Altura efectiva de chimenea
- Z Altura de los receptores
- σ_y y σ_z Coeficiente de dispersión en las direcciones y y z respectivamente

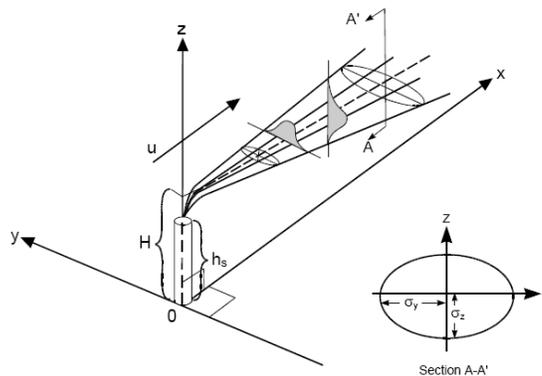


Figura 17. Principio fundamental sobre el cual operan los modelos de calidad del aire tipo gaussiano

Los supuestos bajo los cuales trabajan los modelos gaussianos son:

- No hay reacciones químicas.
- El transporte de masa por difusión es despreciable comparado con el transporte de masa mecánico generado por acción del viento.

	<p style="text-align: center;">DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p style="text-align: center;">CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre 2015</p>
---	---	---

- Existen condiciones de estado estable en la emisión de contaminantes y en las condiciones meteorológicas.
- No hay barreras físicas para la dispersión de contaminantes vientos abajo
- σ_y y σ_z son constantes en el tiempo, pero son función de la distancia.
- No hay mecanismos de deposición o desaparición de contaminantes por defecto
- Los contaminantes se reflejan del piso. Esto se modela como una fuente espejo por debajo del piso.

De acuerdo con la (EPA, 2005), dependiendo del nivel de sofisticación de la modelación se realiza la selección de los modelos. Se definen dos niveles de sofisticación, el primero de ellos consiste en una técnica que de manera simple evalúa el peor escenario meteorológico para identificar las concentraciones máximas posibles, esta técnica es llamada screening o modelos screening. Si las concentraciones determinadas por la técnica screening exceden las concentraciones de las normas de calidad del aire, se pasa al siguiente nivel de sofisticación en donde se debe hacer uso de modelos de calidad del aire refinados. Para tomar medidas de carácter regulatorio se sugiere hacer uso de modelos refinados.

Los criterios para seleccionar los modelos de calidad del aire son los siguientes: tipo de aplicación, topografía del área de estudio, escala, contaminantes a modelar, capacidades y competencias de personal especializado y recurso computacional.

La Tabla 9 presenta los modelos que son recomendados por diferentes organismos internacionales. Se observa que el modelo de calidad del aire AERMOD, el cual es un modelo gaussiano, es el frecuentemente sugerido para realizar modelaciones refinadas, incluso para modelar fuentes móviles o fenómenos de fumigación costera.

		<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre 2015</p>
---	---	--	---

Tabla 9. Modelos recomendados por diversas guías de modelación. Modificado de (Huertas, Huertas, & Maldonado, 2009)

Ref	Screen	Refinado	Fuentes móviles	Fumigación costera	Grandes distancias	Fotoquímico	Entidad	País	Año
1	CTSCREEN	AERMOD	CALINE3	OCD	CALPUFF	CMAQ CAMx REMSAD UAM-V	US Environmental Protection Agency	USA	2015
2	AERMOD, ISC3, SCREEN3, CALPUFF, CALSCREEN						Environmental Health Department	Albuquerque, New Mexico, USA	2008
3	CDM/CDMQC, AQDM, TCM, RAM, HIWAY						ADE	Arizona, USA	1979
5	SCREEN3 CTSCREEN VISCREEN	ISCST3 CTDMPLUS	AERMOD, CALPUFF				Idaho Department of Environmental Quality	Idaho, USA	2002
6	AERMOD						Department of Natural Resources	Iowa, USA	2008
7	AERSCREEN	AERMOD, CALPUFF					Montana Department of Environmental Quality	Montana, USA	2007
8	SCREEN3 AERSCREEN CTSCREEN OZIPR CAL3QHC/MOBILE6 VISCREEN TSCREEN	AERMOD ISC3	CAL3QHC/MOBILE6	SDM OCD	CALPUFF FLAG	CMAQ UVM	New York State Department of Environmental Conservation	New York, USA	2006
9	SCREEN3	AERMOD, CALPUFF					Oklahoma Department of Environmental Quality	Oklahoma, USA	2006
10	AERMOD, SCREEN3, ISCST3, ISCST3-PRIME						Utah Division of Air Quality	Utah, USA	2008



DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE
MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL
DISTRITO DE CARTAGENA

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO
No. 0133-2015

Revisión: 1

Fecha: Diciembre 2015

Ref	Screen	Refinado	Fuentes móviles	Fumigación costera	Grandes distancias	Fotoquímico	Entidad	País	Año
11	SCREEN3 ISC-PRIME AERMOD CALPUFF	ISC PRIME ISC_OLM AERMOD RTDM CTDMPLUS CALPUFF					Alberta Environment	Alberta, Canada	2003
12	NO DEFINE MODELOS						Ministry of Environment	British Columbia, Canada	2006
13	SCREEN3	AERMOD ISCT3/ISCPRIME	CAL3QHCR	SDM	CALPUFF		Ontario Ministry of the Environment	Ontario, Canada	2005
14			CALINE4 ISCST3	FDM			Environmental Department	Protection Hong Kong	2006
15	CUENTAN CON UNA BASE DE DATOS DE 125 MODELOS						Forum for Air Quality Modelling in Europe	Europa	2006
16	AUSPLUME, ISCST3, AERMOD, CTDPLUS, CALPUFF						Ministry for the Environment	Nueva Zelanda	2004
17	AUSPLUME, AERMOD, CALPUFF, ISCST3						Department of Environment	Australia	2006
18				OCD			Comisión Nacional de Energía Atómica	Argentina	1997
19	SCREEN	ISCLT					Instituto colombiano de normas técnicas y certificación - ICOTEC	Colombia	1998

Los modelos de calidad del aire pueden ser estructurados de acuerdo a dos tipos de modelaciones: offline u online. La Figura 18 presenta gráficamente la diferencia entre ambas estructuras.

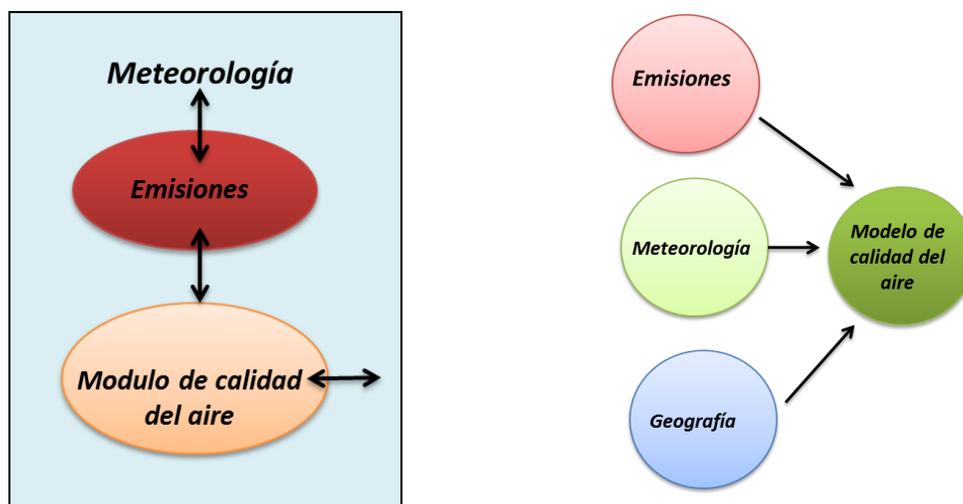


Figura 18. Modelación online (derecha) y modelación offline (izquierda).

La forma más frecuente como se realiza la modelación de la calidad del aire es offline, donde la meteorología y la química atmosférica son tratadas por separado dentro del modelo de calidad del aire. Sin embargo, actualmente es reconocido que las especies químicas, particularmente aquellas asociadas a la formación de aerosoles, pueden afectar el clima cambiando el balance energético terrestre e incidiendo en la formación de nubes (Grell & Baklanov, 2011). Lo anterior requiere de la integración de sistemas meteorológicos con mecanismos donde se incluye la química atmosférica para producir un sistema unificado de modelación –modelación online- que permita realizar predicciones en concentraciones de contaminantes de manera más precisa y exacta.

Los trabajos reportados en la literatura en su gran mayoría presentan modelaciones tipo offline debido a su bajo costos computacional y facilidad de operación. La Tabla 10 presenta una comparación entre los dos tipos de modelación (online y offline).

Tabla 10. Comparación entre modelación tipo offline y online (Byun, 1999; Zhang, 2008)

	Modelación offline	Modelación online
Consistencia dinámica	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere de un sofisticado procesador de interface • Requiere de un cuidadoso tratamiento de la información meteorológica en el modelo de calidad del aire 	<ul style="list-style-type: none"> • Más sencillo de ejecutar, pero debe tener las adecuadas ecuaciones que lo gobiernan • Información meteorológica disponible como es computarizada

	Modelación offline	Modelación online
Interacción de procesos	<ul style="list-style-type: none"> No hay interacciones de dos vías entre meteorología y calidad del aire 	<ul style="list-style-type: none"> Interacciones en dos vías Pequeños errores en la información meteorológica puede causar grandes problemas in la simulación de la calidad del aire (problema de retroalimentación positiva)
Características del sistema	<ul style="list-style-type: none"> Los sistemas mantienen diferentes instituciones A nivel de sistema es modelar. Diferentes algoritmos pueden ser mezclados y probados Amplia y diversos usuarios 	<ul style="list-style-type: none"> Costoso en términos de capacidad computacional Repeticiones innecesarias de computación para el control de estrategias de estudio Baja flexibilización Limitados usuarios Código complejo
Aplicaciones	<ul style="list-style-type: none"> Fácil para probar nuevos conceptos científicos Eficiente para control de emisiones Bueno para estudios independientes de procesos de calidad del aire tales como: simulaciones de sensibilidad, modelación de integración entre modelos y predicciones operacionales. 	<ul style="list-style-type: none"> Presenta dificultades para aislar efectos individuales Excelente para estudios de retroalimentación entre meteorología y calidad del aire como en localizaciones con alta frecuencia de nubes y cargas altas de aerosoles. Igualmente donde la escala y circulación de vientos cambie rápidamente.

4.3. Lineamientos para desarrollar la modelación de la calidad del aire en Cartagena

La modelación de la calidad el aire se convierte en una herramienta fundamental para la evaluación de políticas públicas que tienen como propósito la mejora de la calidad del aire de la ciudad. Esta herramienta puede ser aplicada previa a la aplicación de las medidas de control, permitiendo identificar su eficacia y reduciendo costos de aplicación de medidas que puedan llegar a no tener un efecto significado en la mejora de la calidad del aire de la ciudad. Adicionalmente, la modelación de la calidad del aire permite predecir efectos sobre la salud, acoplada a otras herramientas computacionales. La Figura 19 presenta la metodología general realizar modelación de la calidad del aire.

	<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre 2015</p>
---	--	---

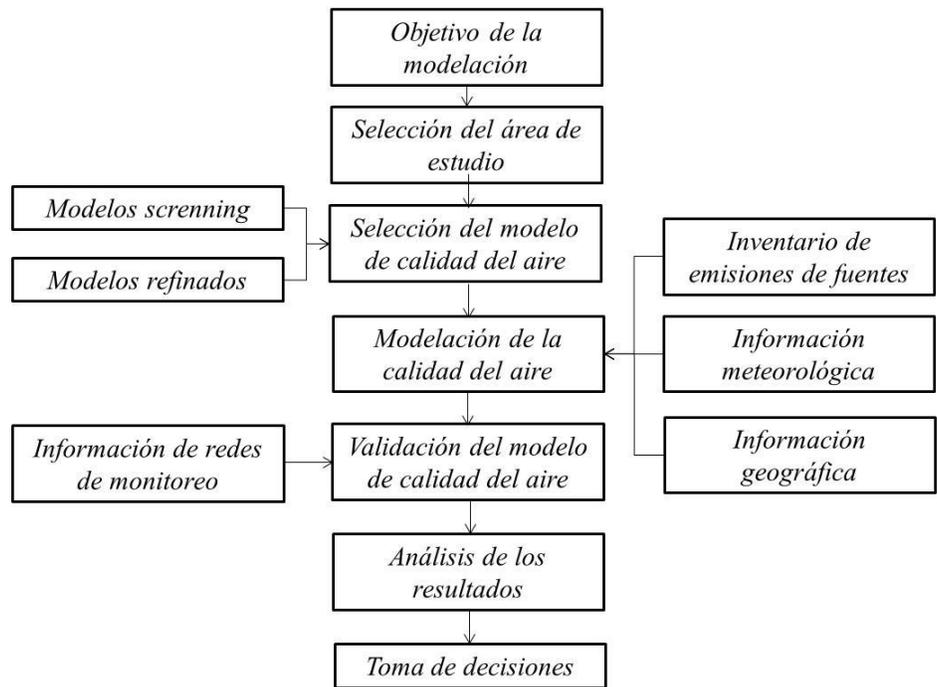


Figura 19. Metodología general para llevar a cabo la modelación de la calidad del aire

Los modelos de calidad del aire requieren como información de entrada, los datos meteorológicos tanto a nivel de la superficie, la cual es reportada por las estaciones meteorológicas en Tierra, como información del perfil vertical de las variables meteorológicas. En este sentido Cartagena cuenta con información meteorológica a nivel de superficie, gracias a la presencia de la red de monitoreo, al igual que con datos de concentración de contaminantes atmosféricos, información con la cual es posible validar los resultados del modelo de calidad del aire. Sin embargo, se sugiere iniciar con radiosondeos, por medio de globos meteorológicos o radiosondas, que permita conocer la información meteorológica del perfil vertical de la atmósfera.

De acuerdo con las normas internacionales y la normatividad colombiana y las características geográficas y meteorológicas de Cartagena, el modelo que se sugiere sea implementado debe ser un modelo gaussiano. Se recomienda el modelo AERMOD, el cual es recomendado para tomar medidas de carácter regulatorio (EPA, 2015c). Para la ejecución de los modelos gaussianos se debe contar con información meteorológica de mínimo un año, con una resolución mínima de una hora y contar con un inventario de emisiones de todas las fuentes.

La ciudad debe centrar sus esfuerzos en la construcción de inventarios de emisiones para todas las fuentes, particularmente las fuentes fijas y las fuentes móviles. Es bien conocido que en el proceso de modelación son las emisiones la principal fuente de incertidumbre. La construcción de inventarios de fuentes fijas implica desarrollar la metodología descrita en este documento para la obtención de los factores de emisión de estas fuentes. Se hace sumamente importante la existencia de un formato único de emisiones que sea diseñado

	<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre 2015</p>
---	--	---

teniendo en cuenta la información requerida por los modelos de calidad del aire, tales como velocidades de salida de los gases y temperatura de los mismos. De igual manera para las fuentes móviles, se sugiere aplicar la metodología descrita en este documento para determinar los factores de emisión en vehículos, herramienta útil para contabilizar las emisiones provenientes del transporte. Adicionalmente, se requiere información referente a las fuentes de área y desarrollo de trabajos de investigación que conduzcan a la determinación de factores de emisión para este tipo de fuentes.

Finalmente, para que la ciudad de Cartagena pueda contar con la modelación de la calidad del aire, se requiere de personal calificado formado en las áreas ambientales con especialidades en el uso de modelos de calidad del aire. Esto incluye la ejecución de trabajos de investigación por parte de las instituciones académicas y la priorización de recursos económicos para ser invertidos en el recurso aire.

	<p style="text-align: center;">DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p style="text-align: center;">CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre 2015</p>
---	--	---

5. RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE PARA LA CIUDAD DE CARTAGENA

Este capítulo presenta una breve descripción del sistema de vigilancia o red de monitoreo de calidad del aire la ciudad de Cartagena, un análisis de las concentraciones reportadas por la red y sugiere lineamientos para la implementación de un sistema inteligente de monitoreo para la ciudad.

El propósito de este capítulo es brindar herramientas para ampliación y operación de los parámetros de calidad del aire, de modo que asegure que la operación del sistema sea consistente, eficiente y genere la información necesaria de los contaminantes monitoreados con el objeto de formular políticas de prevención y control de la contaminación atmosférica jurisdicción EPA-CARTAGENA.

5.2. Descripción del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire (SVCA)

El Establecimiento Público Ambiental de la Ciudad de Cartagena, realizó las gestiones para el montaje y operación de un sistema de vigilancia para calidad del aire en su jurisdicción en el año 2013. El SVCA del EPA-Cartagena está compuesto por cuatro estaciones fijas y dos estaciones indicativas, las cuales tienen la cobertura sobre las áreas de contaminación atmosférica significativa de la ciudad de Cartagena.

El SVCA cuenta con tres (3) medidores manuales de bajo volumen para coleccionar muestras de PM₁₀ y uno (1) para PM_{2.5}, tres (3) analizadores automáticos de ozono, dos (2) equipos automáticos PM₁₀ y dos (2) equipos automáticos para PM_{2.5} y cinco (5) estaciones meteorológicas. La Figura 20 presenta la localización de cada una de las estaciones de monitoreo y la Tabla 11 los contaminantes que son medidos en cada una de las estaciones.

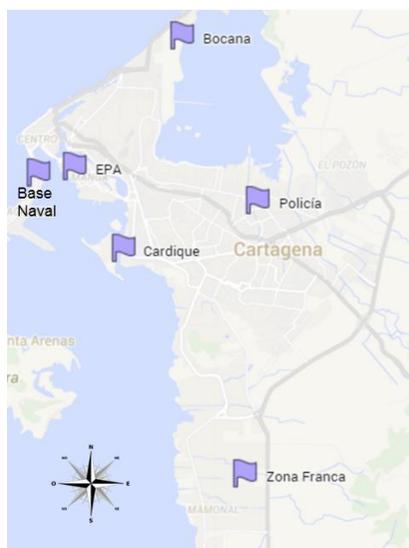


Figura 20. Localización de las estaciones de monitoreo del SVCA en Cartagena de Indias.

		<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre 2015</p>
---	---	--	---

Tabla 11. Descripción de las estaciones del SVCA, según los parámetros evaluados y tecnologías implementadas.

Estación	Ubicación	Ubicación		Contaminante monitoreado		
		Latitud	Longitud	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃
GT1	Bocana *	10.453079°	-75.507676°	X		
GT2	Base naval**	10.413972°	-75.549739°	X	X	X
GT3	CARDIQUE*	10.391569°	-75.525155°	X	X	
GT4	Zona franca**	10.326460°	-75.489407°	X	X	X
EM1	Policía*	10.405512°	-75.485459°	X		
EM2	EPA**	10.413876°	-75.540082°			X

*Equipos semiautomáticos

**Equipos automáticos

Todos los equipos automáticos están conectados a un sistema de transferencia de datos llamado datalogger asociado con un software integrado de los datos obtenidos por los equipos automáticos y manuales. La Tabla 12 relaciona los equipos que hacen parte integral del SVCA de Cartagena de Indias.

Tabla 12. Equipos del Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire (SVCA) de la ciudad de Cartagena

Equipo	Cant.	Marca	Modelo referencia	Fabricante Proveedor
Muestreador de Bajo Volumen, para PM10 y PM2.5 con Panel Solar, consumibles para un año	3	BGI	PQ200	Thermo Scientific
Muestreador de Bajo Volumen, para PM10 y PM2.5 con Panel Solar, consumibles para un año	1	BGI	PQ200	Thermo Scientific
Estación de Meteorología Portátil con sensores de Presión Barométrica, Temperatura, Humedad Relativa, Radiación Solar, Pluviometría, Dirección y Velocidad de Viento	5	Casella Cel	187000D	Casella Cel
Analizador de Ozono O ₃ Mediante Fotometría UV Incluye Accesorios e Insumos	3	Thermo Scientific	49i	Thermo Scientific
Monitor Automático para la medición de PM10 y PM2.5 Transmisión de datos Shelter y accesorios	4	Thermo Scientific	5014i Modelo 433 SP	Thermo Scientific EKTO
Calibrador para Muestreador de Bajo Volumen	1	BGI	Tetracal	BGI

	<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre 2015</p>
---	--	---

<i>Equipo</i>	<i>Cant.</i>	<i>Marca</i>	<i>Modelo referencia</i>	<i>Fabricante Proveedor</i>
Datalogger	3	Ambiente Tecnología Ltda. Y	Ambilogger	Ambiente Tecnología Ltda. Y
Cabinas de protección para los equipos automáticos (Incluye aire integrado de 2000 BTU)	4	Thermo Scientific	N/A	Thermo Scientific

5.2.1. Conectividad del SVCA EPA Cartagena

El SVCA cuenta con una herramienta para la transmisión de datos en línea denominado Ambilogger. Ambilogger es un sistema modular y altamente flexible, que permite realizar tareas de adquisición y registro de datos capturados desde fuentes externas, tales como equipos de medición y sistemas PLC o RTU., gracias a que esta tecnología implementada sobre una interfaz web se puede realizar la generación y exportación de reportes detallados, el despliegue de gráficos vistosos y el control sobre equipamiento externo se puede realizar de manera intuitiva, ya sea local y/o remotamente, mediante una red de datos TCP/IP. A continuación se realiza una descripción de las características con que cuenta el sistema de administración de datos del sistema:

Tabla 13: Descripción del sistema Datalogger.

Características	Descripción
Sistema modular y flexible	Si necesita ampliar los límites de su sistema base, AmbiLogger le permite añadir módulos adicionales para adquisición de datos y comunicaciones, añadiendo nuevas características sin afectar ninguno de los aspectos del sistema en producción.
Acceso desde cualquier lugar	Se puede acceder a la interfaz de control y reporte desde la comodidad desde el escritorio del PC, por medio de una red local o desde cualquier parte del globo a través de Internet y sin necesidad de instalar software propietario. Todo lo que necesita para comenzar es un aparato con navegador web y conexión a la red (PC, MAC, smartphone, PDA, etc.).
Sistema continuo	Permite comandar equipos analizadores para programar calibraciones de manera periódica o bajo demanda, con entrega de reporte y sin afectar la validez de los datos adquiridos durante este proceso y datos validados.

Características	Descripción
Reportes libres de distorsiones	Permite filtrar los datos producidos durante procesos de calibraciones, fallas de equipamiento, desconexiones, valores fuera de rango, etcétera. De esta forma AmbiLogger genera reportes con datos 100% libre de distorsiones.
Multiplataforma	Compatible con cualquier sistema operativo. No requiere la instalación de ningún software propietario para realizar tareas administrativas o de monitoreo. Funciona por medio de un navegador web convencional.
Sistema seguro	Acceso protegido por contraseñas seguras y con esquema de perfiles diferenciados en distintos niveles de entrada, evitando el ingreso no deseado a datos recolectados.
Panel de control remoto	Tiene integración con equipamiento externo, permitiendo tomar el control de estos, tal como si estuviese frente a su panel de control, desde cualquier parte del mundo. Actualmente, esta característica está disponible para todos los equipos Thermo® de las series i y c.

5.2.2. Sistema de Notificación y Alarmas

AmbiLogger permite establecer umbrales para cada una de las métricas. De este modo, AmbiLogger le avisará vía SMS o correo electrónico del centro de control, cada vez que los datos recolectados alcance valores críticos. Adicionalmente, el administrador podrá programar el envío periódico de reportes detallados con la información que considere relevante.

5.2.3. Control y Calendarización de Eventos

AmbiLogger es capaz de comandar procesos remotamente hacia cualquier equipamiento provisto de redes, electroválvulas o lógica TTL. Característica especialmente útil para programar tareas de auto limpieza y calibración en analizadores, de manera periódica o bajo demanda, con entrega de reporte y datos validados. Todo lo anterior, administrado desde el centro de control.

5.2.4. Especificaciones de hardware

Sus componentes de hardware están basados en arquitectura x86, con stock disponible desde múltiples proveedores, A continuación, se detallan las características de hardware para un sistema AmbiLogger estándar:

Tabla 14. Características del hardware para el sistema Ambilogger

Característica	Descripción
Chasis	Advantech® IPC-100, fanless
Factor de forma	Montaje en rack 19", 1U
CPU	CPU Intel® Atom Processor N450 1.66 GHz
Memoria	1x 200-pin SODIMM Single Channel DDR2 667MHz 1GB
Unidad de almacenamiento	HDD 2,5 SATA 160GB
Ethernet	2 x RJ-45 10/100/1000 Mbps, Intel 82567V
Interfaces I/O	6 x USB
	1 x RS-232/422/485 interfaz serial
	2 x RS-232 interfaz serial
	2 x RJ-45 GbE
Interfaz DAS	Advantech® PCI-1710UL
Temperatura	Operativa: 0 ~ 40° C

Característica	Descripción
	Almacenamiento: -20 ~ 60° C
Humedad	Operativa: 10 ~ 85% @ 40° C
	Almacenamiento: 10 ~ 95% @ 40° C
Vibración	(5 ~ 500 Hz) Operativa: 1 Grms
	Almacenamiento: 2 Grms
Golpe	Operativa: 10 G (duración 11 ms, onda semi-sinusoidal)
	Almacenamiento: 30 G
Dimensiones (ancho x alto x fondo)	480 x 44 x 288 mm
Peso neto (aprox.)	3,6 Kg

5.2.5. Falencias del sistema de vigilancia de calidad del aire EPA Cartagena

La operación del SVCA presenta deficiencias para cumplir con todas y cada una de las recomendaciones establecidas en el Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire.

En la actualidad, EPA-Cartagena no cuenta con el personal, laboratorios, y logística suficiente para adelantar todas y cada una de las actividades requeridas para la correcta operación del SVCA de la ciudad de Cartagena.

Estas falencias están relacionadas con la modalidad de contratación del personal que opera el SVCA, dado que los contratos no tienen una continuidad en el tiempo y personal; para el caso de los equipos saben contar con un plan de mantenimiento en donde se garanticen los insumos y repuestos de manera inmediata en el omento que se requería, en lo relacionado con los elementos de laboratorio EPA Cartagena no cuenta con laboratorios certificado por IDEAM para realizar los análisis de muestras de calidad ambiental.

5.3. Resultados meteorológicos

El Distrito de Cartagena se encuentra localizado dentro de la franja denominada zona de convergencia intertropical ZCIT, que determina las variaciones climáticas de la región tropical debido a los desplazamientos latitudinales. En términos generales se presenta un piso térmico cálido, de planicie aluvial.

En el capítulo 2 de este documento, se presentó la información meteorológica reportada por las estaciones de la red de monitoreo, referentes a temperatura, radiación, humedad, dirección y velocidad del viento. En el actual capítulo se complementa esta información de acuerdo a los resultados de precipitación, como se observa en la Figura 21

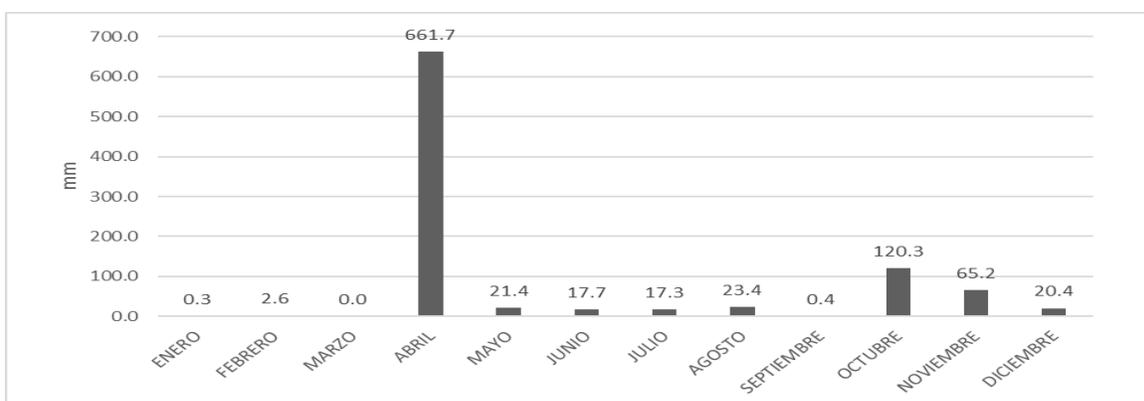


Figura 21. Gráfico de precipitación multimensual.

Las precipitaciones de la zona de estudio son debidas principalmente a tres factores que tienen que ver con su posición sobre la costa, con el régimen de vientos alisios y la influencia del Cinturón de Convergencia Intertropical. La precipitación media anual es de 950.8 mm. En general para estas estaciones, el periodo seco en las zonas planas presenta solamente el 67% de las lluvias totales del año y el periodo lluvioso representa un 50%.

La evaporación media anual es de 1868 mm. El máximo se encuentra en el mes de marzo cuando alcanza 179 mm. Luego desciende en junio a 154 mm para una época de transición hasta el mes de agosto. En octubre tiene el valor mínimo de 118 mm. Por la vecindad litoral y los cuerpos de aguas tales como ciénagas y canales la humedad relativa es bastante alta. Presenta un promedio anual del 80% con variaciones mensuales que están ligadas a las épocas de lluvias, 77 % para el mes de febrero que es el más seco y el 82% para el mes de octubre que es el mes de más precipitaciones.

5.4. Comportamiento espacio temporal de la concentración de los contaminantes monitoreados por el SVCA

A continuación, se presenta un análisis de las concentraciones de PM₁₀ y PM_{2.5} para el año 2014 y 2015 reportadas por cada una de las estaciones de monitoreo del SVCA.

5.4.1. Concentraciones de PM10

En la Tabla 15 se presentan las concentraciones promedio aritmética de PM10 reportados durante el periodo de enero 2014 a septiembre de 2015 en las 4 estaciones fijas y la estación móvil EM1. Se observa que, en general, altas concentraciones durante el mes de enero, febrero, mayo y junio, del 2014 y en los meses de enero, febrero, marzo, julio y agosto del año 2015, esto puede deberse, a las bajas precipitaciones reportadas durante para esos meses durante el año, este efecto meteorológico puede contribuir a la dispersión de material particulado. Las concentraciones más bajas del año 2014 ocurrieron en los meses pertenecientes al segundo semestre julio, agosto, septiembre, noviembre y diciembre.

Tabla 15. Concentración de PM10 para el año 2014 y 2015

ESTACION	PM ₁₀ (µg/m ³)							
	GT1		GT2		GT4		EM1	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015
ENERO	50.10	37.87	45.11	40.11	41.50	56.14	45.00	41.6
FEBRERO	47.20	17.63	47.18	42.62	57.00	52.90	44.00	46.1
MARZO	47.40	40.25	47.34	37.31	47.00	47.42	45.20	46.2
ABRIL	43.20	26.20	33.25	30.20	41.22	35.25	46.00	30
MAYO	51.20	20.10	46.49	40.21	46.49	24.24	60.00	27.5
JUNIO	43.20	15.10	49.86	35.25	62.00	28.18	50.00	35
JULIO	50.81	30.40	53.06	-	37.83	45.00	49.28	42.5
AGOSTO	55.96	27.20	45.09	-	35.53	55.50	36.95	50.1
SEPTIEMBRE	42.12	21.40	37.94	-	40.12	42.90	49.20	39.2
OCTUBRE	42.30	-	47.66	-	40.12	-	50.90	-
NOVIEMBRE	55.10	-	42.43	-	35.10	-	35.10	-
DICIEMBRE	45.03	-	40.48	-	38.35	-	47.67	-

En cuanto a los valores promedios diarios máximos alcanzados en cada mes, ninguno supera los Niveles Máximos Permisibles Diarios (NMPD) para PM10 de 100 µg/m³ establecidos por la resolución 610 del 2010.

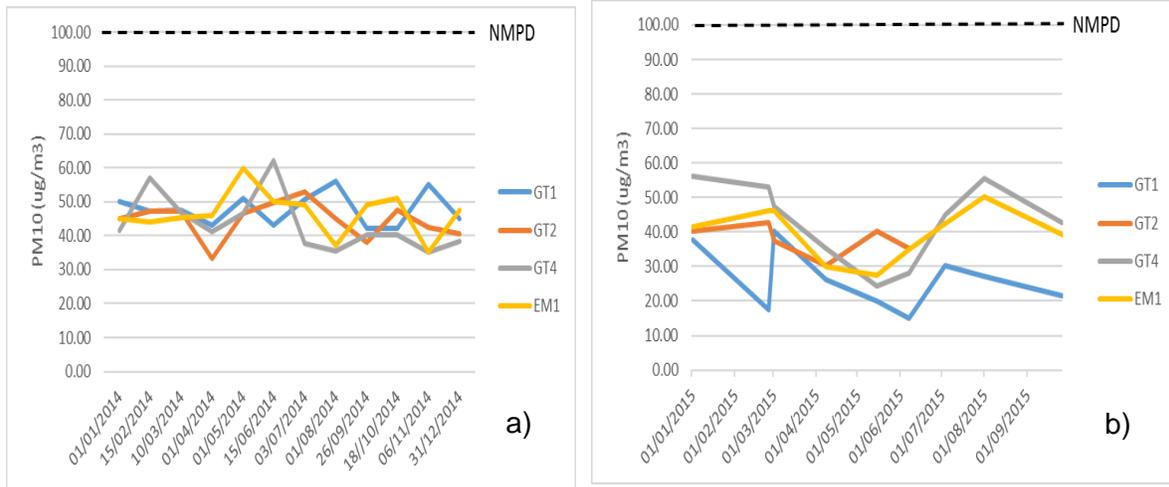


Figura 22. Concentración promedio aritmética diaria, comparación contra la resolución 610 del 2010. a) año 2014 b) año 2015.

De igual modo, se comparan los valores promedios anuales para los periodos evaluados con los niveles máximos permitidos anuales (NMPA) de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ establecidos por la resolución 610 del 2010, no obstante, es de resaltar que las concentraciones promedias anuales están muy cercanas a los niveles permitidos por la norma de calidad de aire. Así las cosas, de deben tomar estrategias para realizar un análisis mineralógico y químico de las muestras de material particulado con el objeto de identificar las especies químicas que se están reportando en cada una de las concentraciones y definir las fuentes de contaminación naturales y antropogénicas aportantes de la muestra.

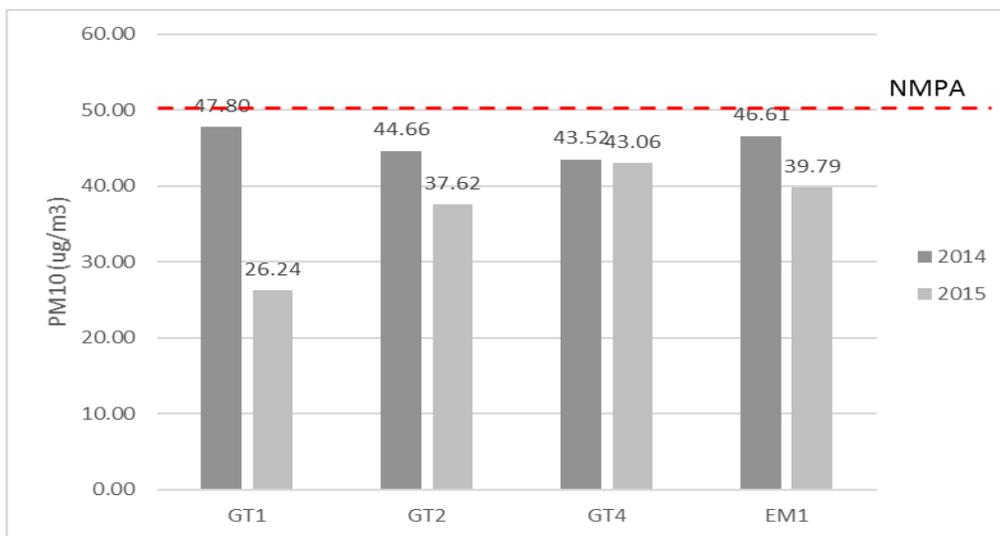


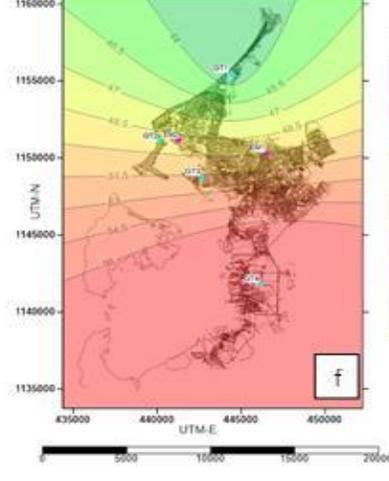
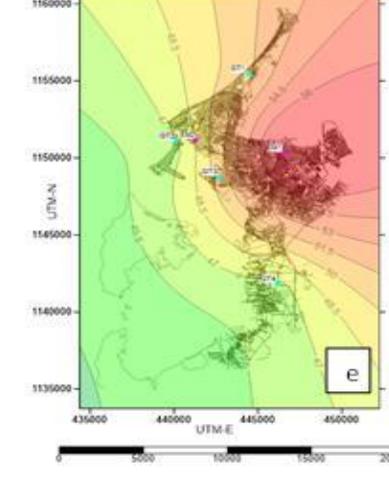
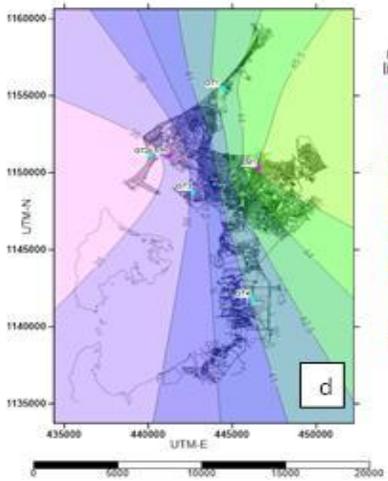
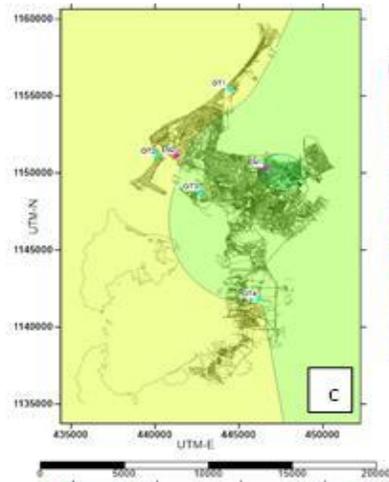
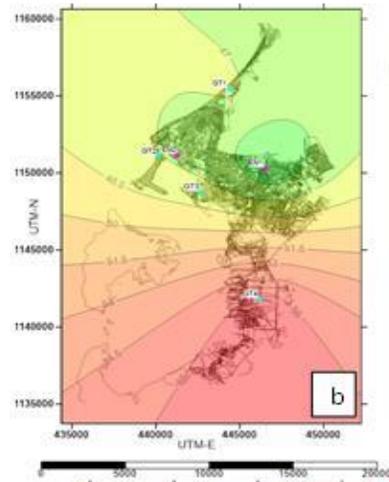
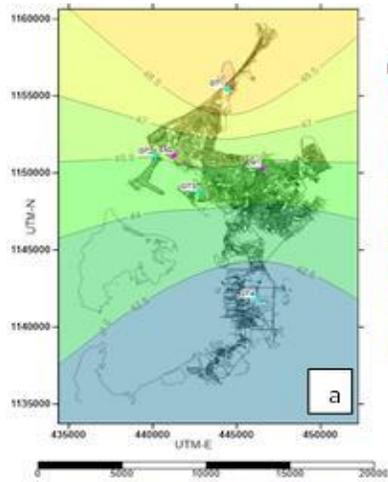
Figura 23. Concentración promedio anual todas las estaciones, comparación contra la norma.

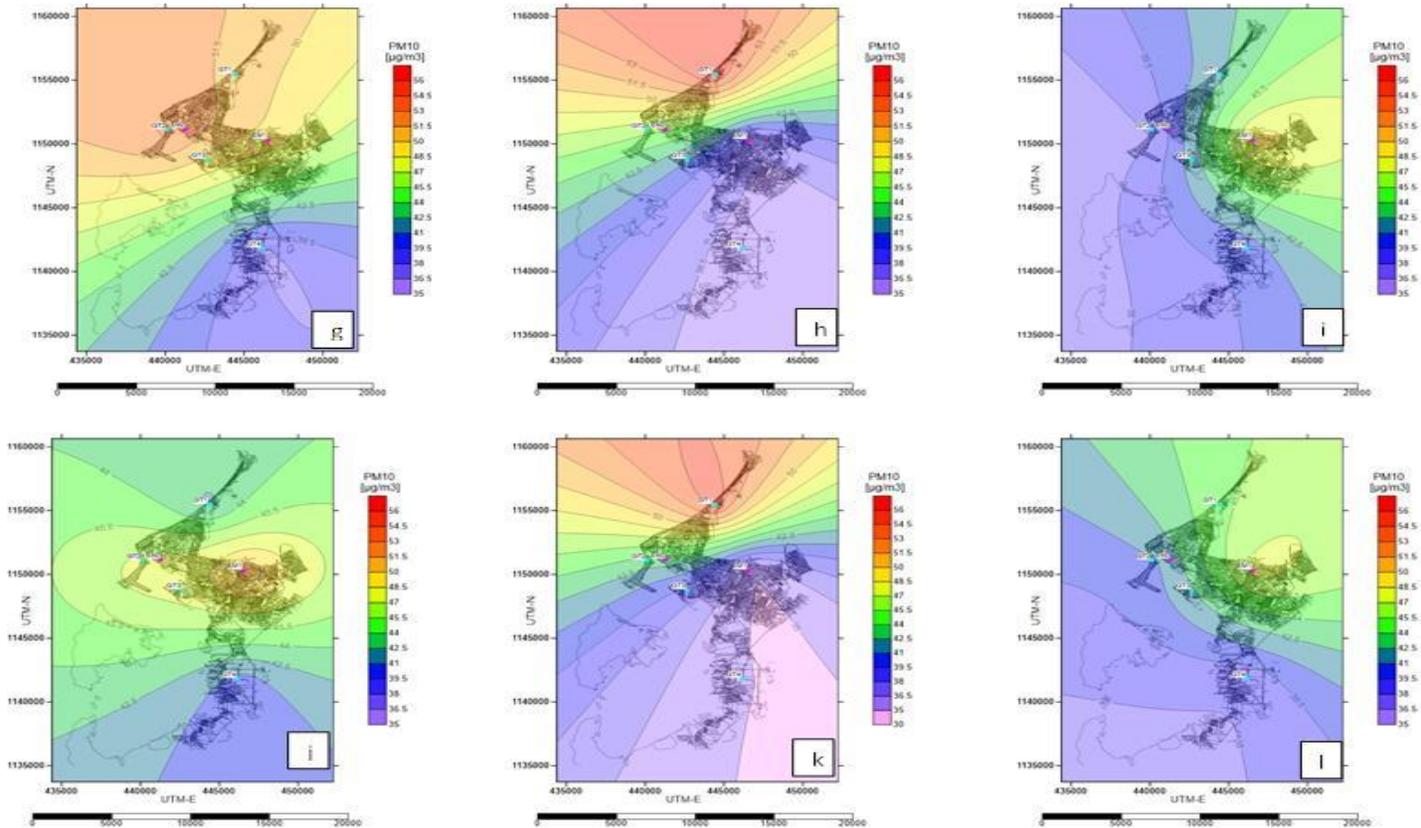
	<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre 2015</p>
---	--	---

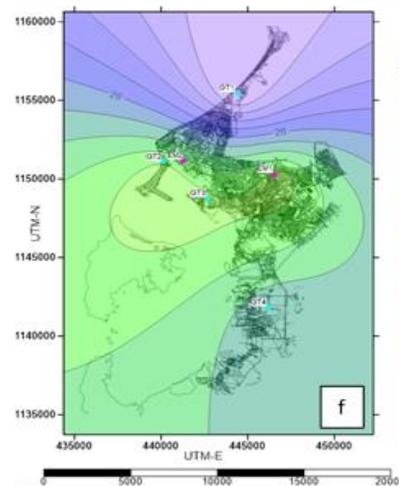
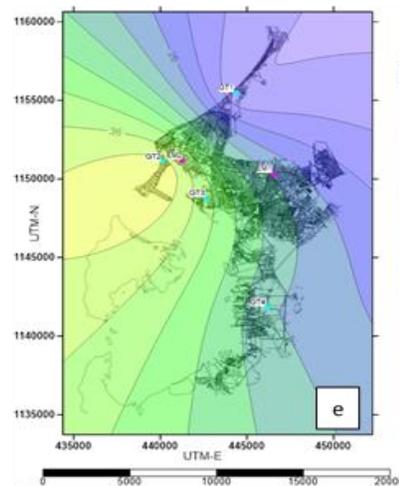
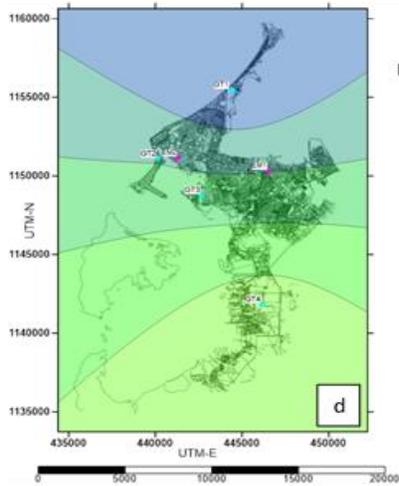
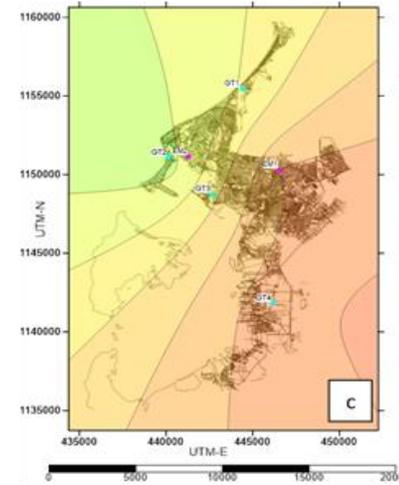
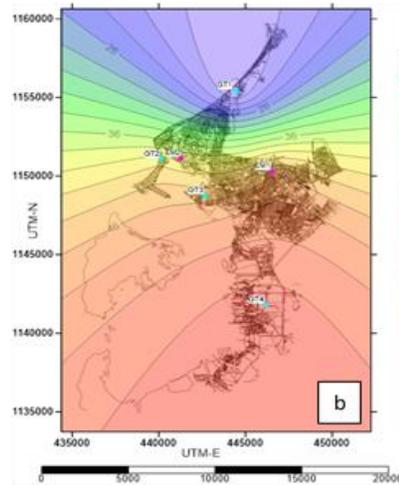
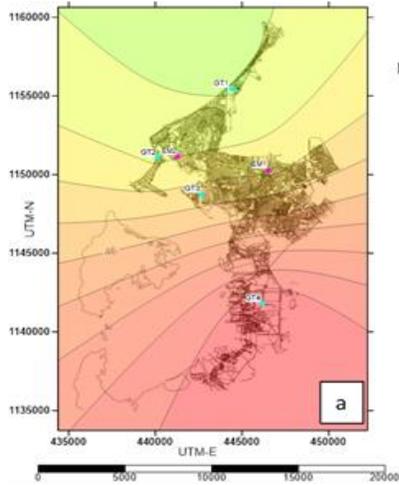
Por medio de la aplicación del software surfer 10.0 se definieron los diagramas de contorno para los parámetros evaluados y analizar la distribución espacial de la concentración de PM10, mediante el método de interpolación de Kriging como se observa en la Figura 24.

Las concentraciones más bajas del año 2014 ocurrieron en los meses pertenecientes al segundo semestre julio, agosto, septiembre, noviembre y diciembre, ninguna de las estaciones superó los 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ establecidos por la normatividad, sin embargo, en los meses de julio y agosto las concentraciones son superiores al valor medio tomado como referencia de 48.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sobre las estaciones GT1 y GT2. Para el resto de los meses las concentraciones estuvieron por debajo del valor medio tomado como referencia.

Las concentraciones disminuyen en dirección Norte a Sur para el segundo semestre del año 2014, y mostraron un patrón de dispersión conforme a la dirección del viento en cada uno de los casos. Teniendo en cuenta los resultados registrados en las isopletas, los sectores mayormente influenciados por altas concentraciones de PM10 corresponden a la Bocana y Bocagrande. Mientras que para el primer semestre del año los sectores que se ven influenciados por las altas concentraciones son los Alpes, Olaya y Mamonal.







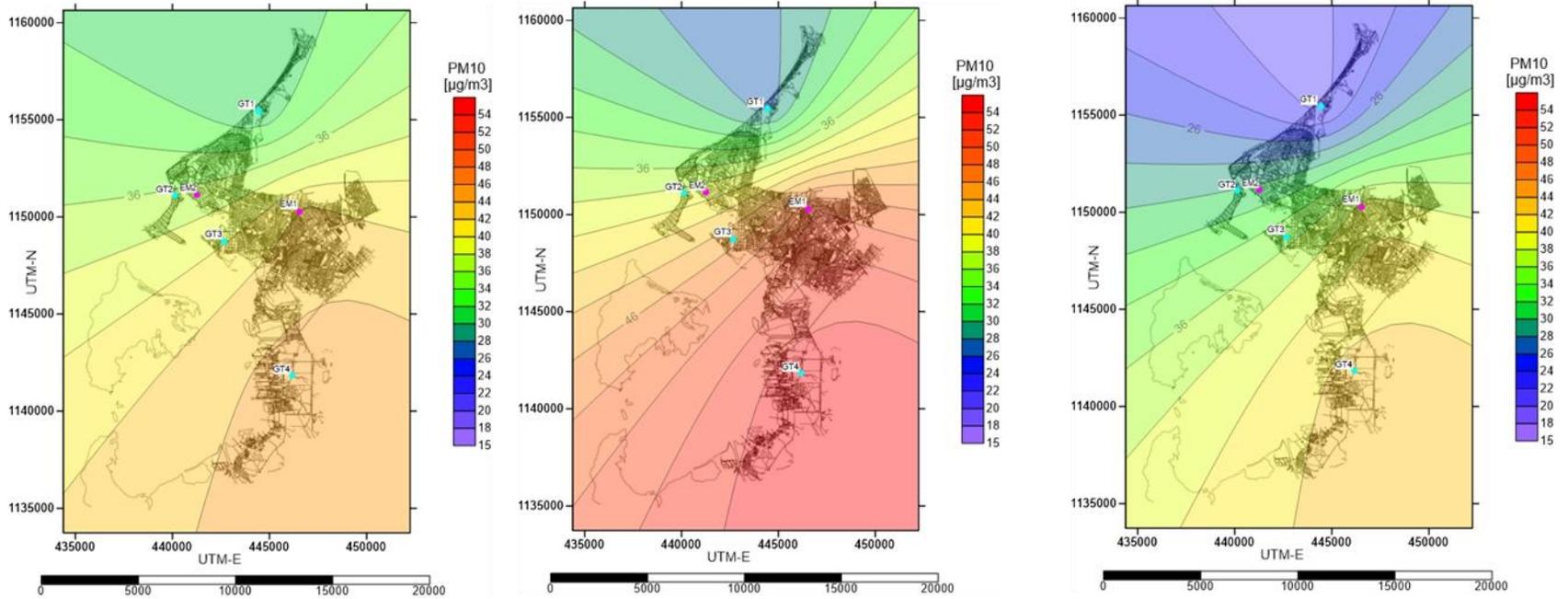


Figura 25. Distribución espacial de la concentración de PM10 en la ciudad de Cartagena para el año 2015. a) Enero b) Febrero. c) Marzo d) Abril e) Mayo f) Junio g) Julio h) Agosto i) Septiembre

5.4.2. Concentraciones de PM_{2.5}

En la Tabla 16 se presentan las concentraciones promedio aritmética de PM₁₀ reportados durante el periodo de enero 2014 a septiembre de 2015 en las 3 estaciones fijas. Se observa que, las concentraciones altas más altas se están presentando en los meses de febrero, marzo, abril, mayo, julio Agosto y septiembre influenciadas principalmente por el sector Mamonal. Mientras que las concentraciones más bajas se están presentando durante el año 2014 sobre el sector Nuevo bosque. Mientras tanto para el año 2015, las mayores concentraciones se están presentado en el mes de abril sobre el sector Bocagrande, aunque para este mes las precipitaciones son máximas, se debe tener en cuenta que este sector está influenciado por el margen costero y en donde se presentan efectos de resuspensión de material y aerosoles biológicos.

Tabla 16. Concentración de PM_{2.5} para el año 2014 y 2015

ESTACION	PM _{2.5} (ug/m3)					
	GT2		GT3		GT4	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015
ENERO	21.02	24.32	20.76	16.71	29.24	23.62
FEBRERO	31.51	27.3	28.34	17.63	35.17	25.13
MARZO	24.79	20.27	24.52	18.55	38.49	27.64
ABRIL	27.43	35.25	15.57	24.20	37.02	28.00
MAYO	32.94	24.24	18.35	27.12	33.25	22.32
JUNIO	29.97	27.18	27.91	12.42	41.83	24.34
JULIO	28.35	0	22.45	23.00	37.98	35.00
AGOSTO	20.76	0	19.21	27.30	35.53	31.00
SEPTIEMBRE	31.23	0	30.00	21.00	32.24	33.20
OCTUBRE	27.91	0	17.48	0	29.21	0
NOVIEMBRE	34.90	0	14.99	0	30.63	0
DICIEMBRE	28.23	0	13.06	0	29.50	0

En cuanto a los valores promedios anuales, las estaciones GT4 y GT2 superan los Niveles Máximos Permisibles Anuales (NMPA) para PM_{2.5} de 25 µg/m³ establecidos por la resolución 610 del 2010. Esto se presenta principalmente por las constantes emisiones generadas por el sector industrial y los efectos de resuspensión de material partículas por el margen costero. Lo anterior, podría estar vinculado a la distribución de tamaños de partículas que están presentes en el área de estudio, siendo las partículas finas las de mayor importancia.

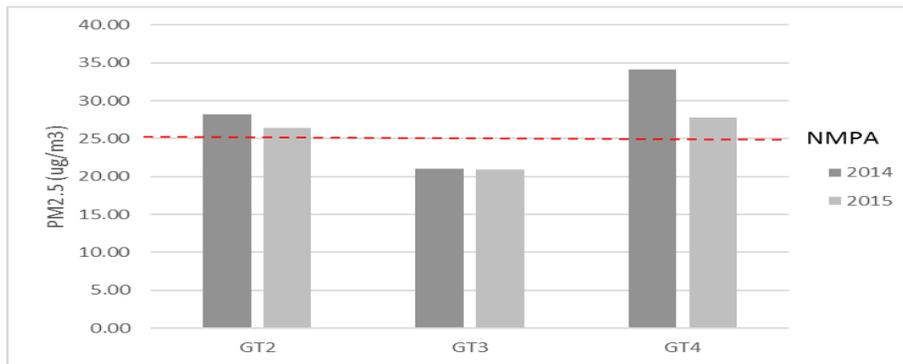
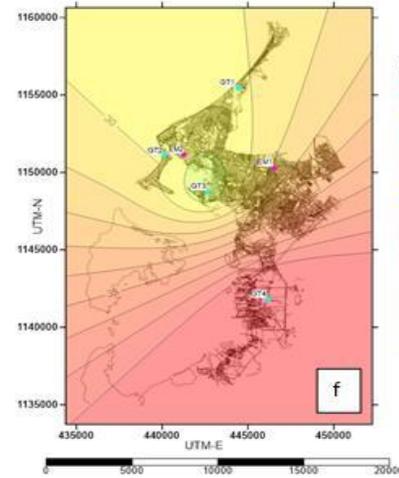
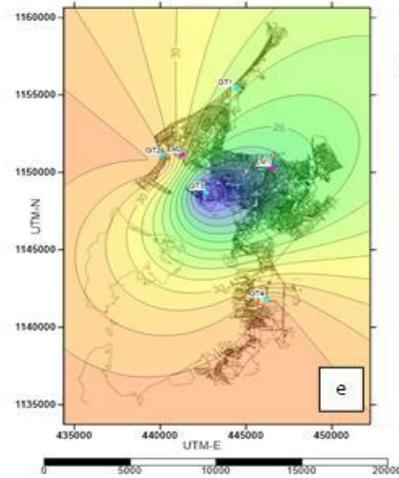
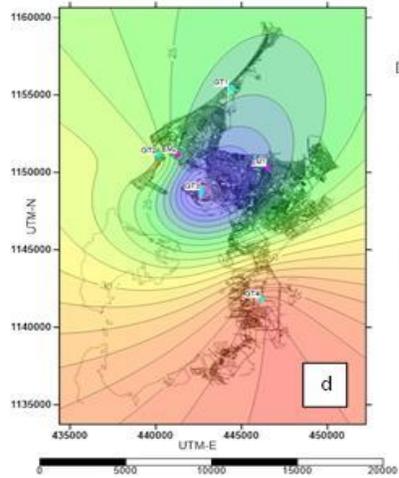
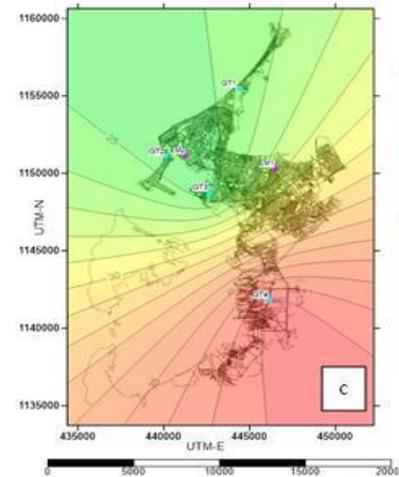
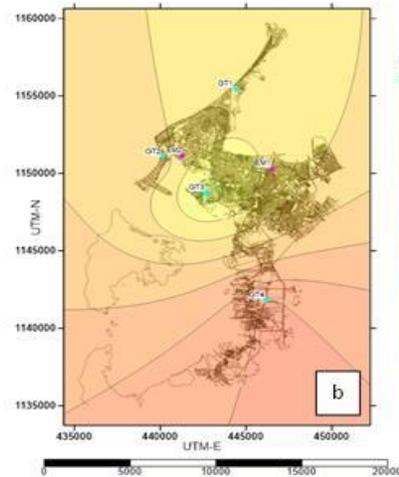
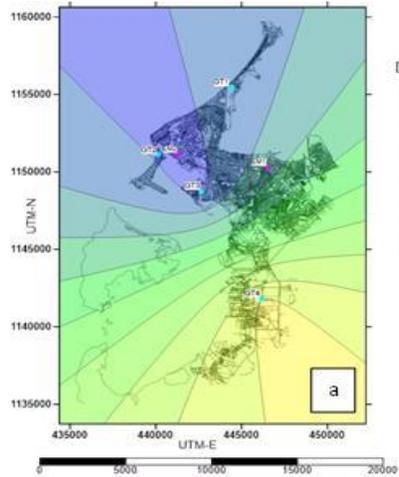


Figura 26. Concentración promedio anual todas las estaciones, comparación contra la resolución 610 del 2010

Para el primer semestre del año 2014 las concentraciones diarias más altas se presentaron en la estación Zona franca de la candelaria – GT4 en el mes de junio con valores promedio de 41.83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ninguna de las estaciones excedió los límites para $\text{PM}_{2.5}$ diarios establecidos en la resolución 610 del 2010. Por otro lado, las concentraciones mínimas se registraron en la estación CARDIQUE – GT3 en el mes mayo con valores promedio de 18,35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Para el segundo semestre las concentraciones diarias más altas se registraron en las estaciones de Zona franca de la candelaria – GT4 en el mes de julio con valores de 37,98 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ninguna de las estaciones excedió el límite normativo establecido en la Resolución 610 del 2010 diario para $\text{PM}_{2.5}$. Las mínimas concentraciones se presentaron en las estaciones CARDIQUE – GT3 en el mes de diciembre con valores de 13,06 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



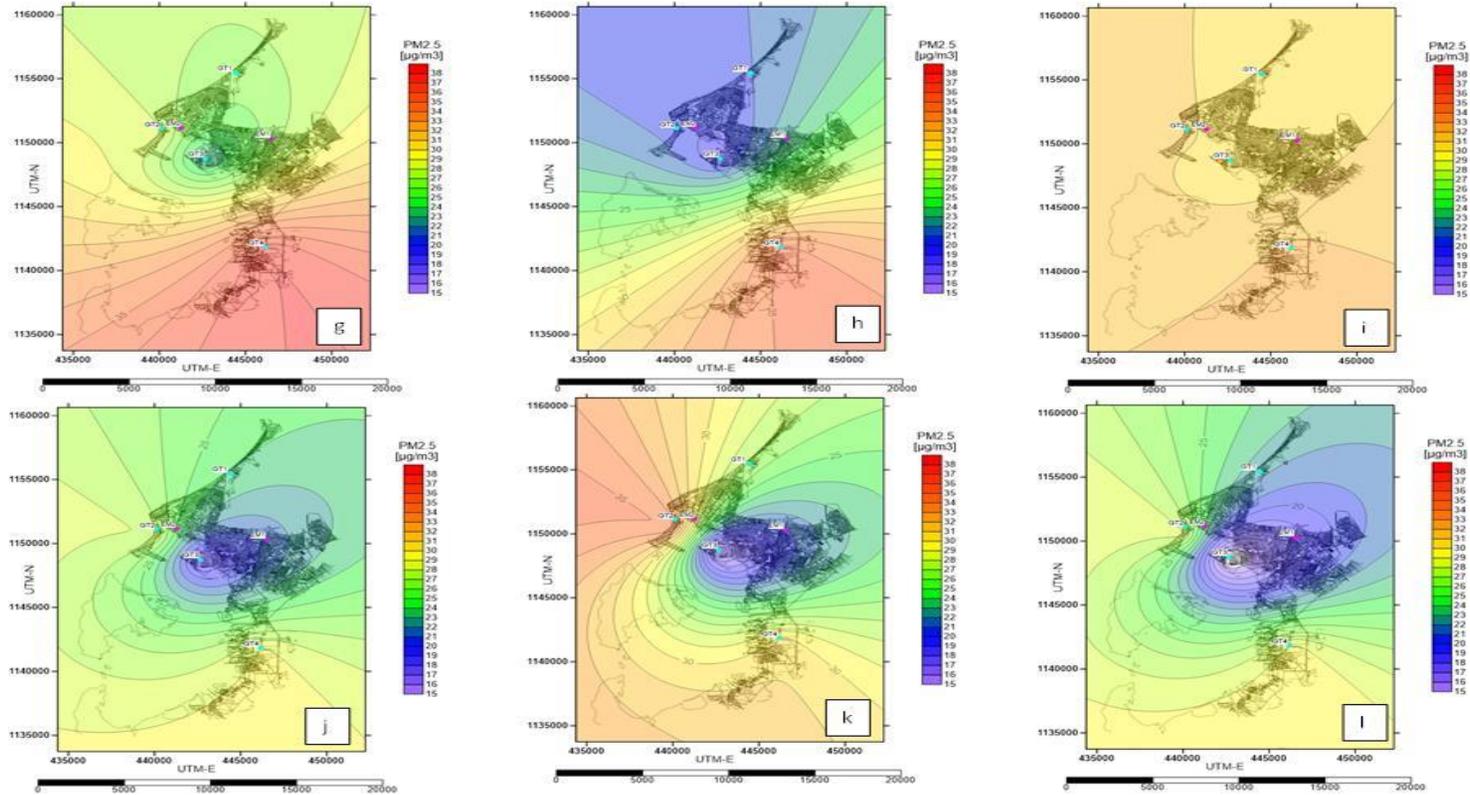


Figura 27. Distribución espacial de la concentración de PM_{2.5} en la ciudad de Cartagena para el año 2014. a) Enero b) Febrero. c) Marzo d) Abril e) Mayo f) Junio g) Julio h) Agosto i) Septiembre j) Octubre k) Noviembre l) Diciembre

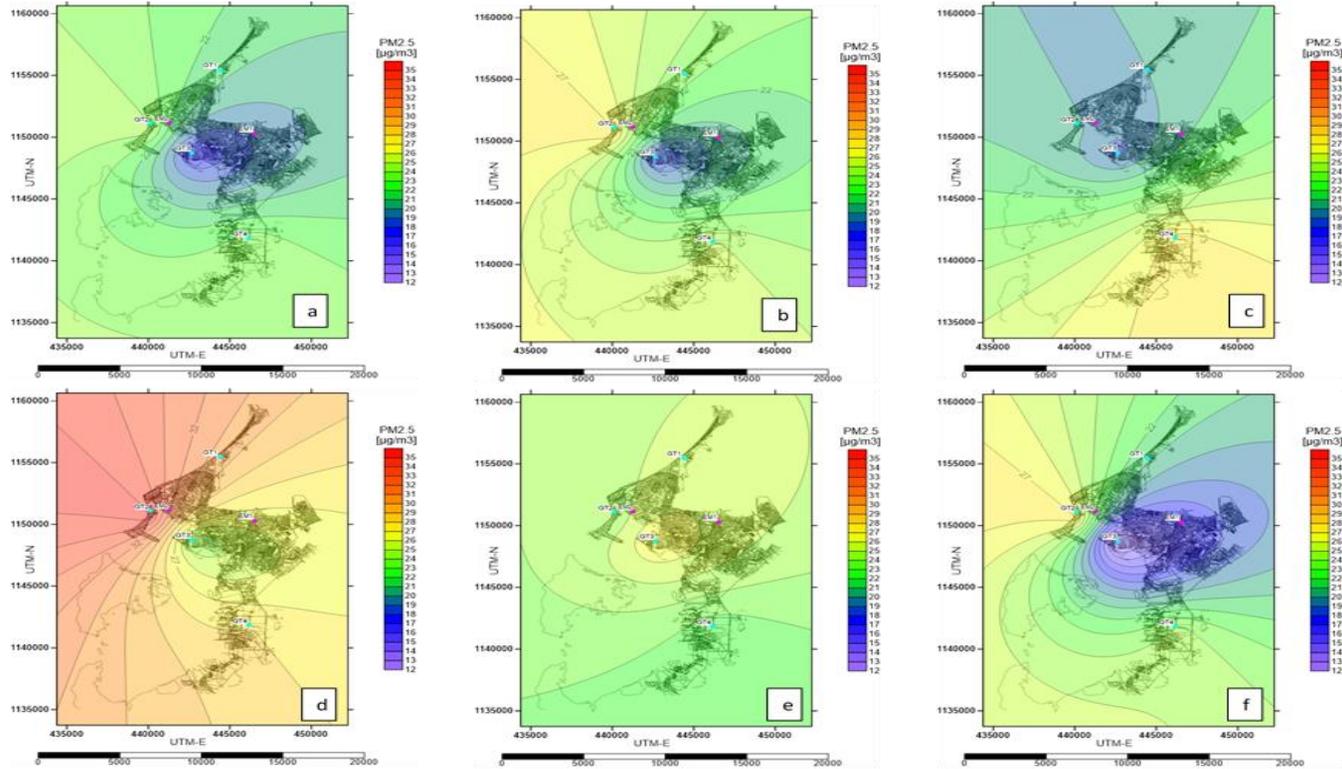


Figura 28. Distribución espacial de la concentración de PM2.5 en la ciudad de Cartagena en el año 2015. a) Enero b) Febrero. c) Marzo d) Abril e) Mayo f) Junio

5.5. Índice de calidad del aire

A continuación, se muestra el índice de calidad del aire ICA para el distrito para los periodos evaluados, 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.

ICA	COLOR	CLASIFICACIÓN	O ₃ 8h ppm	O ₃ 1h Ppm (1)	PM ₁₀ 24h µg/m ³	PM _{2.5} 24h µg/m ³	CO 8h ppm	SO ₂ 24h ppm	NO ₂ 1h ppm
0 - 50	Verde	Buena	0,000 0,059	-	0 54	0,0 15,4	0,0 4,4	0,000 0,034	(2)
51-100	Amarillo	Moderada	0,060 0,075	-	55 154	15,5 40,4	4,5 9,4	0,035 0,144	(2)
101 - 150	Naranja	Dañina a la salud para grupos sensibles	0,076 0,095	0,125 0,164	155 254	40,5 65,4	9,5 12,4	0,145 0,224	(2)
151 - 200	Rojo	Dañina a la salud	0,096 0,115	0,165 0,204	255 354	65,5 150,4	12,5 15,4	0,225 0,304	(2)
201 - 300	Púrpura	Muy Dañina a la salud	0,116 0,374 (0,155 0,404) (4)	0,205 0,404	355 424	150,5 250,4	15,5 30,4	0,305 0,604	0,65 1,24
301-400	Marrón	Peligrosa	(3)	0,405 0,504	425 504	250,5 350,4	30,5 40,4	0,605 0,804	1,25 1,64
401-500	Marrón	Peligrosa	(3)	0,505 0,604	505 604	350,5 500,4	40,5 50,4	0,805 1,004	1,65 2,04

Figura 29. Criterio del Índice de Calidad del Aire ICA

El cálculo del ICA, se realiza según el modelo desarrollado por la EPA, el cual consta de un algoritmo de cálculo para la obtención de los subíndices correspondientes a diferentes indicadores de la calidad del aire, este algoritmo involucra la utilización de funciones segmentadas basadas en dos puntos (rango). La ecuación será calculada para cada contaminante criterio, reportando el mayor valor del índice que se obtenga.

$$ICA = \frac{I_{HI} - I_{LO}}{BP_{HI} - BP_{LO}} * (C_i - BP_{LO}) + I_{LO}$$

ICA = Índice de calidad del aire

I_{LO} = Valor del índice en el límite inferior de la categoría del ICA

I_{HI} = Valor del índice en el límite superior de la categoría del ICA

BP_{LO} = Punto de quiebre de la concentración en el límite inferior de la categoría del ICA

BP_{HI} = Punto de quiebre de la concentración en el límite superior de la categoría del ICA

C_i = Concentración del contaminante

En la

Tabla 17 se muestran los ICA para PM₁₀ en cada mes dentro de los periodos evaluados, en donde se tiene que principalmente en Cartagena las condiciones en términos de calidad de

aire para este contaminante en cuestión son buenas y existe poco o ningún riesgo para la salud., exceptuando algunos meses sobre los cuales las condiciones son aceptables especialmente sobre el sector Mamonal.

Tabla 17. Índice de Calidad del Aire mensual para PM₁₀ para el periodo 2014-2015

ESTACION	ICA PM ₁₀							
	GT1		GT2		GT4		EM1	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015
ENERO	46.4	35.1	41.8	37.1	38.4	55.6	41.7	38.5
FEBRERO	43.7	16.3	43.7	39.5	56	49	40.7	42.6
MARZO	43.9	37.3	43.8	34.5	43.5	43.9	41.9	42.8
ABRIL	40	24.3	30.8	28	38.2	32.6	42.6	27.8
MAYO	47.4	18.6	43.1	37.2	43	22.4	57.5	25.5
JUNIO	40	14	46.2	32.6	58.5	26.1	46.3	32.4
JULIO	47	28.1	49.1	0	35	41.7	45.6	39.4
AGOSTO	55.5	25.2	41.7	0	32.9	55.2	34.2	46.4
SEPTIEMBRE	39	19.8	35.1	0	37.2	39.7	45.6	36.3
OCTUBRE	39.2	0	44.1	0	37.1	0	47.1	0
NOVIEMBRE	55	0	39.3	0	32.5	0	32.5	0
DICIEMBRE	41.7	0	37.5	0	35.5	0	44.1	0

Seguidamente, en la Tabla 18 se muestran los ICA para PM_{2.5}, en donde La calidad del aire es aceptable, sin embargo, en el caso del contaminante PM_{2.5}, se encuentran condiciones en su mayoría moderadas y las personas que son inusualmente sensibles, pueden presentar síntomas moderados. Y se resalta que para un mes sobre el sector Mamonal para el año 2014 de acuerdo con el ICA presentó malas condiciones y es dañina para grupos sensibles quienes pertenecen a estos grupos sensibles pudieron experimentar efectos en la salud.

Tabla 18. Índice de Calidad del Aire mensual para PM_{2.5} para el periodo 2014-2015

ESTACION	ICA PM _{2.5}					
	GT2		GT3		GT4	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015
ENERO	61.9	68.4	61.4	53.4	78	67
FEBRERO	82.5	74.2	76.3	55.2	89.7	70
MARZO	69.3	60.4	68.8	57	96.2	74.9
ABRIL	74.5	89.9	51.1	68.1	93.3	75.6
MAYO	85.3	68.2	56.6	73.9	85.9	64.4
JUNIO	79.5	74	75.4	40.3	104	68.4
JULIO	76.3	0	64.7	65.8	95.2	89.4

ESTACION	ICA PM _{2.5}					
	GT2		GT3		GT4	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015
AGOSTO	61.3	0	58.3	74.2	90.4	81.5
SEPTIEMBRE	82	0	79.5	61.8	83.9	85.8
OCTUBRE	75.4	0	54.9	0	78	0
NOVIEMBRE	89.2	0	48.7	0	80.8	0
DICIEMBRE	76.1	0	42.4	0	78.5	0

Tabla 19. Índice de Calidad del Aire mensual para O₃ para el periodo 2014-2015

ESTACION	ICA O ₃					
	GT2		GT4		EM2	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015
ENERO	12.14	10.75	16.98	15.53	7.55	5.14
FEBRERO	12.94	12.23	19.03	14.61	19.81	16.85
MARZO	20.04	16.84	20.54	15.89	20.54	16.03
ABRIL	13.02	15.66	15.02	14.49	22.51	16.65
MAYO	11.46	16.48	14.68	16.22	19.69	15.62
JUNIO	19.82	15.62	19.34	15.57	19.91	14.80
JULIO	22.27	14.36	21.28	16.00	18.11	14.92
AGOSTO	22.85	17.33	18.54	17.76	18.89	13.06
SEPTIEMBRE	23.62	16.35	18.21	16.22	14.86	14.58
OCTUBRE	19.54		16.94		11.71	
NOVIEMBRE	17.60		15.38		4.48	
DICIEMBRE	16.87		17.69		5.16	

En cuanto al Índice de calidad de aire para Ozono troposférico, En la Tabla 19 se muestran que, para cada mes dentro de los periodos evaluados, en donde se tiene que principalmente en Cartagena las condiciones en términos de calidad de aire para el ozono troposférico son buenas y existe poco o ningún riesgo para la salud.

5.6. Análisis de componentes principales para material particulado

El comportamiento del material particulado en la atmosfera está sujeto a las variaciones climáticas, ya que factores como la precipitación, la temperatura atmosférica, y la velocidad y dirección del viento afectan el tiempo de residencia en la atmosfera del material particulado y la velocidad del viento obligan la variación en la ubicación de los elementos y especies constituyentes de las partículas.

El análisis de componentes principales (ACP), realizado para identificar la asociación de las variables climáticas y los valores del material particulado medidas en el área de estudio

	<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre 2015</p>
---	---	---

arrojo como resultado que los dos primeros componentes identificados, explican el 51,65% de la variabilidad de los datos asociados a las variables analizadas. Mediante este análisis se identificaron cuatro periodos climáticos como se muestra en la Figura 30, cuya descripción se resume a continuación:

El primero de los periodos se caracteriza por presentar días secos, con bajos valores de temperatura y baja precipitación, además presenta vientos de alta velocidad, mayor brillo solar y alta evaporación; el segundo también considerado como día seco presenta altos valores de temperatura atmosférica; el tercero se diferencia de los anteriores por estar conformado días húmedos, con baja velocidad del viento y bajos valores de humedad relativa, además carecen de lluvias; el cuarto periodo se diferencia de los anteriores por ser días lluviosos o de alta precipitación.

Al analizar el comportamiento del material particulado, los resultados indican que sus mayores valores se presentan durante los días secos, cuando la temperatura alcanza sus mayores valores.

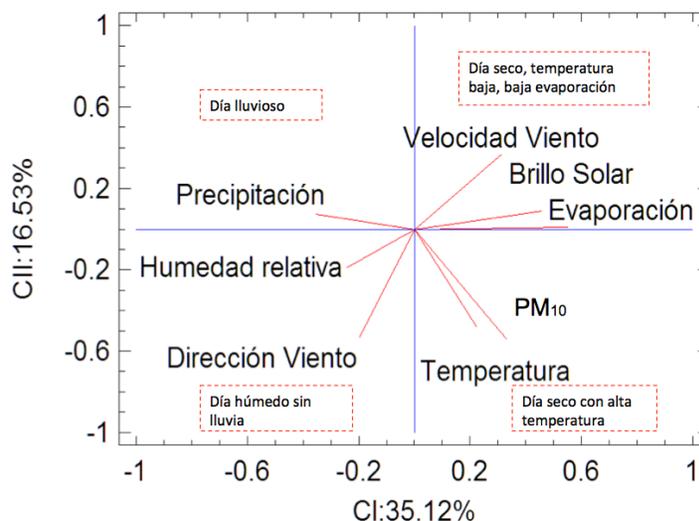


Figura 30. ACP de las variables climáticas y las concentraciones colectadas de material particulado, durante los años 2014 y 2015 del SVCA Cartagena.

5.7. Análisis de componentes principales para ozono troposférico

El comportamiento del ozono troposférico en la ciudad de Cartagena está al igual que el material particulado sujeto a la variabilidad climática, ya que factores como la radiación solar, la precipitación, la temperatura atmosférica, y la velocidad y dirección del viento inciden directamente sobre su comportamiento en el área de estudio.

Al analizar las variables en conjunto, usando el ACP (Figura 32), éste mostró que los dos primeros componentes extraídos, explicaban un 53.178% de la variabilidad de los datos; destacándose el primero por contener el 32.585% de esta variabilidad, mientras que el dos

	<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre 2015</p>
---	---	---

explica el 20.593% de las variables que poseen mayor peso en este componente se destaca la Humedad relativa; presentando la presión como la variable de más bajo peso. Sin embargo, al momento de analizar espacialmente los componentes principales, se apreció un patrón de distribución del Ozono con respecto a las variables analizadas, Temperatura, radiación solar, precipitación.

La Figura 31 muestra la relación que existe entre las variables meteorológicas y el ozono, esta Grafica nos indica que las variables que estén en la misma dirección guardan una relación directa, mientras que las que se encuentren en direcciones contrarias tienen una relación inversa y aquellas no estén ni en la misma dirección, ni en la dirección opuesta, es decir, que tengan otro rumbo no guardan ninguna relación; por lo que podemos inferir que el ozono tiene una relación directa con la radiación solar y la temperatura, lo que indica que a medida que se presente un aumento de cualquiera de estas variables, aumentaría la concentración de ozono en un punto determinado.

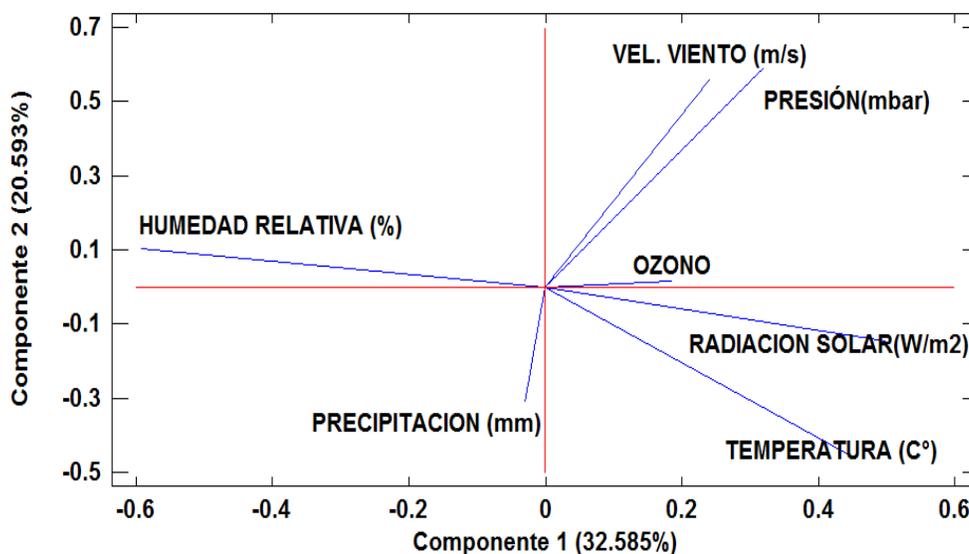


Figura 31: ACP de las variables climáticas y las concentraciones colectadas del ozono troposférico, durante los años 2014 y 2015 del SVCA.

Al analizar los pesos del componente teniendo en cuenta las estaciones de monitoreo con respecto a las variables que se presentan en la Figura 32, se evidencio que la estación Base Naval refleja un mayor peso en el componente 2, donde la variable destacada es la humedad relativa; mientras que en las estaciones de Zona franca y EPA se evidencia un peso mucho mayor en el componente 1, puesto que las variables radiación solar, temperatura y precipitación son las más representativas, de igual forma estas variables están relacionadas con la distribución de los datos de Ozono.

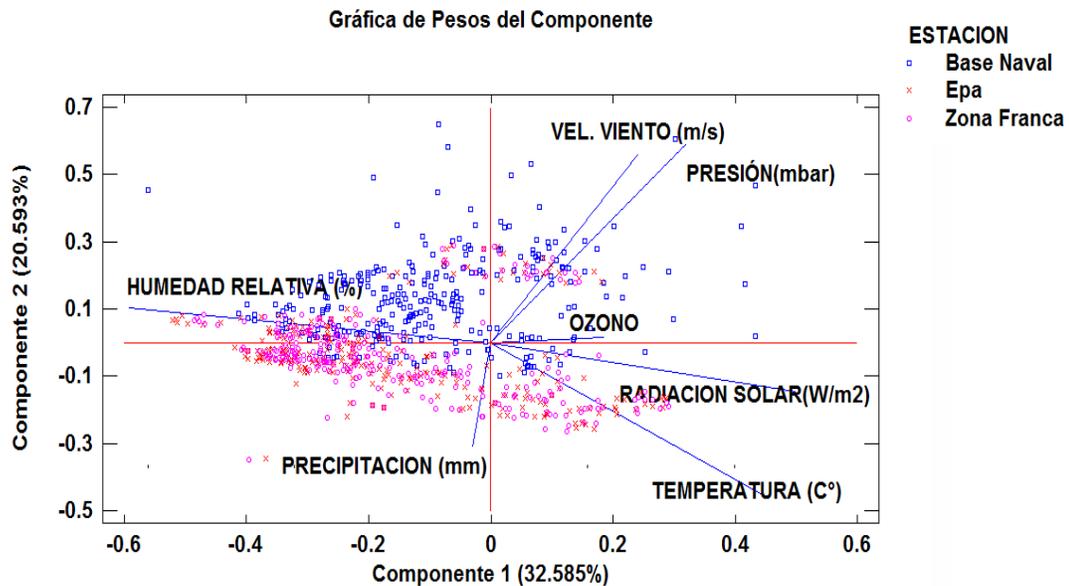


Figura 32. ACP teniendo en cuenta las estaciones de monitoreo, durante los años 2014 y 2015 del SVCA.

La Figura 33 nos muestra un gráfico por componentes en el cual se puede observar la distribución de los datos por horas en el cual se evidenció, las horas 14, 15, 16 y 17 tiene un mayor peso en el componente uno donde se sitúa el ozono por lo que se infiere que a estas horas se presentan las mayores concentraciones del mismo, al analizar los datos se evidencia que realmente a estas horas se presentan las mayores concentraciones de ozono troposférico en la ciudad de Cartagena, sin embargo las horas 1, 2, 3, 4, 5, tienen un mayor peso en el componente dos donde se ubica la humedad relativa en dirección contraria al ozono

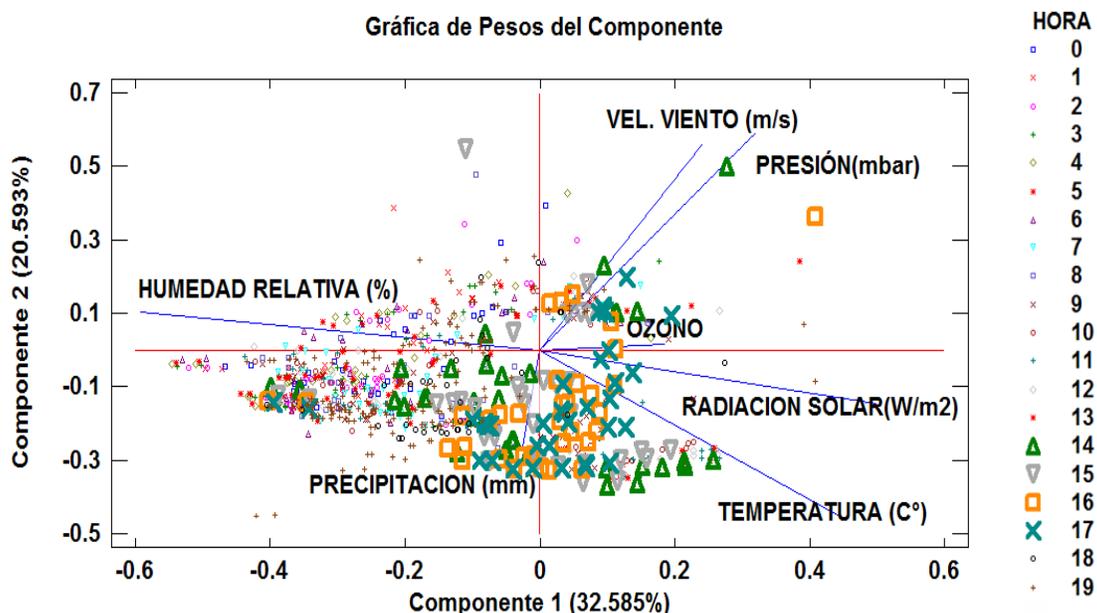


Figura 33. ACP de las variables climáticas y concentraciones horarias, durante los años 2014 y 2015 del SVCA.

5.8. Lineamientos para la implementación del sistema inteligente de monitoreo de calidad del aire

La ampliación de los parámetros del sistema de vigilancia de calidad del aire de Cartagena requiere de estaciones fijas e indicativas para monitoreo atmosférico de diferentes parámetros y de la evaluación de las fuentes móviles, en este sentido se propone realizar la adquisición de las siguientes tecnologías o equipos para la evaluación de la calidad del aire y equipos para la evaluación de las fuentes móviles.

Dado que la estación indicativa EM-1 ubicada en la estación de policía virgen y turística reporta concentraciones significativas de calidad del aire, esta se debe convertir en una estación fija del SVCA. Así las cosas, y dadas las concentraciones del dominio del SVCA se debe establecer una estación indicativa que opere seis meses en el sector del pie de la Popa y seis meses en el sector del barrio de la Esperanza y San Francisco, para el caso de la zona industrial de Mamonal se recomienda utilizar una estación móvil que evalúe (PM₁₀, PM_{2.5}, NO_x, SO₂, CO y O₃) en diferentes puntos del sector industrial de Mamonal.

Tabla 20. Descripción de los costos relacionados con la ampliación del SVCA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
EQUIPOS REQUERIDOS				\$ 581.696.000.00
Analizador de particulas PM10, PM2.5, PM grueso, Volatiles y no Volatiles	UN	1	\$ 151.000.000.00	\$ 151.000.000.00
Analizador PM10 Semiautomático	UN	1	\$ 45.000.000.00	\$ 45.000.000.00
Analizador de Gases Nox, NO, NO2	UN	1	\$ 56.800.000.00	\$ 56.800.000.00
Analizador de Gases SO2	UN	1	\$ 54.800.000.00	\$ 54.800.000.00
Analizador de CO	UN	1	\$ 50.846.000.00	\$ 50.846.000.00
Analizador de O3	UN	1	\$ 39.950.000.00	\$ 39.950.000.00
Estaciones meteorológicas ultrasonicos	UN	2	\$ 20.000.000.00	\$ 40.000.000.00
Calibrador Dinámico	UN	1	\$ 75.800.000.00	\$ 75.800.000.00
Generador de Aire cero	UN	1	\$ 19.500.000.00	\$ 19.500.000.00
Ambilogger	UN	2	\$ 24.000.000.00	\$ 48.000.000.00
OTROS				\$ 110.800.000.00
Cabinas refrigeradas	UN	1	\$ 60.000.000.00	\$ 60.000.000.00
Estructura metálica PM10 semiautomático	UN	1	\$ 20.000.000.00	\$ 20.000.000.00
Valvula Regulador de doble tapa	UN	1	\$ 3.800.000.00	\$ 3.800.000.00
Torre telescópica	UN	1	\$ 15.000.000.00	\$ 15.000.000.00
PC, Manifold, UPS, Tubos, Racores para conexión de equipos analizadores	Gl	2	\$ 6.000.000.00	\$ 12.000.000.00
TOTAL COSTOS DIRECTOS				\$ 692.496.000.00
IVA 16%				\$ 110.799.360.00
VALOR TOTAL DE LA PROPUESTA				\$ 803.295.360.00

Tabla 21. Costos operacionales anuales del SVCA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	% DEDICACION	TIEMPO TOTAL	VALOR MENSUAL	VALOR TOTAL
TOTAL RECURSO HUMANO						\$ 97.128.756.00
Director	Hombre-Mes	1	0.5	12	\$ 4.000.000.00	\$ 24.000.000.00
Profesional 1 Operativo y Estadístico	Hombre-Mes	1	1	12	\$ 2.894.063.00	\$ 34.728.756.00
Técnico electrónico	Hombre-Mes	1	1	12	\$ 1.600.000.00	\$ 19.200.000.00
Técnico Operativo	Hombre-Mes	1	1	12	\$ 1.600.000.00	\$ 19.200.000.00
OTROS						\$ 114.886.136.00
Transporte cabinas móviles	UN	2	1	2	\$ 300.000.00	\$ 1.200.000.00
Repuestos	GL	1	1	1	\$ 60.766.136.00	\$ 60.766.136.00
Mantenimiento	GL	1	1	1	\$ 80.000.00	\$ 80.000.00
Insumos	GL	1	1	1	\$ 40.000.000.00	\$ 40.000.000.00
Papelería	GL	1	1	12	\$ 10.000.00	\$ 120.000.00
Servicio de datos	Mes	2	1	12	\$ 30.000.00	\$ 720.000.00
Energía Eléctrica	Mes	2		12	\$ 500.000.00	\$ 12.000.000.00
VALOR TOTAL OPERACIÓN DE UN AÑO						\$ 212.014.892.00

5.8.1.1. Equipos para evaluación de fuentes móviles

La bibliografía a nivel mundial relacionada con la contaminación atmosférica afirma que las fuentes móviles son las principales aportantes de contaminantes atmosféricos en las ciudades, en este sentido se recomienda complementar la operación del sistema de vigilancia con la evaluación de fuentes móviles, por lo tanto, se requieren la adquisición de los siguientes equipos:

		<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre 2015</p>
---	---	--	---

Tabla 22. Presupuesto de fuentes móviles.

Items	Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
1.	Unidad de medición para fuentes acondicionadas por diesel: <ul style="list-style-type: none"> • PC portátil con licencia para Windows • Sonda de muestreo de alta temperatura con punta metálica, longitud 2.5 m • Comunicación con el PC, alámbrica o inalámbrica. • Software cumpliendo con los requerimientos de las autoridades ambientales (IDEAM) y NTC 4231. 	2	\$22.000.000.00	\$ 44.000.000.00
2.	Unidad de verificación para fuentes accionadas por gasolina (CICLO OTTO): <ul style="list-style-type: none"> • 	2	\$24.500.000.00	\$ 49.000.000.00
3.	Unidad de verificación para fuentes acondicionadas por gasolina (Analizador de gases para motocicletas de dos y cuatro tiempos) <ul style="list-style-type: none"> • Manguera de muestreo y punta metálica flexible con longitud mínima de 5 m. • Pinza RPM • Sonda de temperatura termistor • Transformador elevado de voltaje 110/220 V • PC portátil con licencia para Windows • Software cumpliendo con los requerimientos de las autoridades ambientales (IDEAM) y NTC 5365:2012. • Analizador de gases 4 (G) basado en el principio de medición por dispersión infrarroja, para los gases HC-CO y CO₂, de manera electro-química el O₂. • Modulo para medición de revoluciones por vibración. • Acoples para diversos exhostos de motocicletas. • Acople antidilución • Kit de filtrado especial para motores dos tiempos • Termo higrómetro digital. 	2	\$ 32.500.000.00	\$ 65.000.000.00
4.	Vehículo Tipo Vans <ul style="list-style-type: none"> • Aire Acondicionado • Accionado con combustible Diesel • Cilindraje mayor a 1800 cc • Matriculado en Cartagena • Incluye SOAT • Modificaciones para instalación de los equipos 	2	\$150.000.000.00	\$ 300.000.000.00
Total de la Inversión				\$ 458.000.000.00

5.8.1.2. Micro localización para la ubicación de las estaciones nuevas de monitoreo y seguimiento de la calidad del aire.

Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire (SVCA) de la ciudad de Cartagena, se ha sido diseñado para monitorear partículas respirables empleando, una cabina con un muestreador automático de Material Particulado PM10, y una estación Meteorológica Compacta, según la frecuencia estipulada por la normatividad para cada contaminante, tomando gases como complemento de manera discontinua.

	<p style="text-align: center;">DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p style="text-align: center;">CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre 2015</p>
---	--	---

Con relación a la ubicación de las Estaciones se emplearon criterios de micro-localización de acuerdo con lo establecido en el numeral 6.4 del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire adoptado mediante Resolución 650 de 29 de marzo de 2010 y modificado por la Resolución 2154 de 02 de noviembre de 2010 para sitios de Vigilancia y selección; la calificación de cualidades de los puntos receptores.

Tabla 23: Criterios para ubicación de las estaciones del SVCA.

CONSIDERACIONES	DESCRIPCIÓN
Condiciones de logística	El sitio deberá tener fácil acceso, debido a que los operadores tendrán que realizar visitas regulares para recolectar muestras, calibrar equipos y realizar mantenimiento.
Condiciones de seguridad	Estas condiciones deben valorarse muy bien, ya que el sitio seleccionado no debe comprometer la seguridad de los equipos, ni de los operadores
Exposición de los toma muestras y sensores	Para que las mediciones de calidad del aire sean representativas de la zona que se está evaluando, no deben existir obstáculos que afecten el movimiento del aire en el sitio, ni fuentes de emisión que puedan invalidar las muestras por el arrastre a la toma del muestreador de las emisiones de alguna fuente. Es decir, el movimiento del aire alrededor de la entrada de la toma de muestra debe estar libre de restricciones que afecten el flujo del aire en las cercanías del muestreador, por lo que se recomienda ubicarlo algunos metros alejado de edificios, balcones, árboles, vías sin pavimento, etc.
Consideraciones visuales y arquitectónicas	La instalación de los equipos deberá armonizar con el entorno; estas consideraciones se deben tener muy en cuenta para no incomodar visualmente a los dueños de los terrenos

Los diferentes aspectos se sometieron a evaluación previa a la definición de los puntos, priorizando la disponibilidad de recursos básicos, como la autorización del propietario del predio, el suministro de energía, la seguridad y facilidades de acceso; igualmente, otros atributos como las condiciones meteorológicas y la vulnerabilidad a la sustracción o al vandalismo.

Tabla 24: Ubicación estación Amparo

Ficha Técnica Estación SVCA – EPA Cartagena.	
1. Información general	
	
1.1. Nombre de la estación:	SVCA- Estación Amparo
1.2. Nombre de la ciudad o localidad:	Cartagena
1.3. Número de referencia o código nacional y local:	Centro Comercial Santa Lucia
1.4. Código estación atribuido con arreglo al presente protocolo:	EM-2
1.5. Coordenadas geográficas	10°23'31.54"N 75°28'49.46"O
1.9. Contaminantes medidos	PM ₁₀
1.10. Parámetros meteorológicos medidos	Presión Barométrica, Temperatura, Humedad Relativa, Radiación Solar, Pluviometría, Dirección y Velocidad de Viento
1.11. Otra información pertinente: Dirección predominante del viento: Relación entre distancia y altura de los obstáculos más cercanos.	N-NE
2. Clasificación de las estaciones	
2.1. Tipo de zona	Residencial
2.1.1. Urbana: zona con presencia continua de edificaciones	Urbana
2.1.2. Suburbana: zona con presencia de edificios separados combinada con zonas no urbanizadas (pequeños lagos, bosques, tierras agrícolas)	NA
2.1.3. Rural: todas las zonas que no satisfacen los criterios establecidos para zonas urbanas y suburbanas	NA
2.2. Tipo de estación en relación con las fuentes de emisión predominantes	Móviles
2.2.1. Tráfico: estaciones situadas influenciadas por emisiones procedentes de una calle/carretera próxima.	Influenciado significativamente por las emisiones cercanas de fuentes móviles de la avenida Pedro de Heredia, Transversales 53 y 54.
2.2.2. Industria: estaciones situadas con niveles de contaminación influenciadas por zonas industriales o fuentes industriales aisladas	N/A
2.2.3. Entorno de fondo: estaciones con influencia del tráfico e industria	La contribución de las fuentes que influyen en esta estación debido al régimen de vientos
2.3. Información complementaria sobre la estación	
2.3.1. Zona de representatividad (radio): Para las estaciones "tráfico", indique la longitud de la calle/carretera que la estación representa	40 metros
2.3.2. Tecnología recomendada	Analizador automático PM ₁₀

Tabla 25: Ubicación estación pie de La Popa.

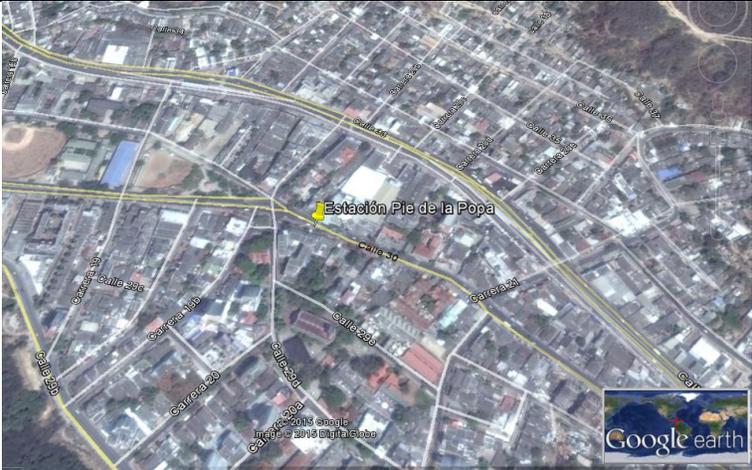
Ficha Técnica Estación SVCA – EPA Cartagena.	
1. Información general	
	
1.1. Nombre de la estación:	SVCA- Pie de la Popa
1.2. Nombre de la ciudad o localidad:	Cartagena
1.3. Número de referencia o código nacional y local:	Colegio nuestra señora de la Candelaria
1.4. Código estación atribuido con arreglo al presente protocolo:	EM-3 (Estación indicativa)
1.5. Coordenadas geográficas	10°25'12.11"N 75°31'59.74"O
1.9. Contaminantes medidos	PM ₁₀
1.10. Parámetros meteorológicos medidos	Presión Barométrica, Temperatura, Humedad Relativa, Radiación Solar, Pluviometría, Dirección y Velocidad de Viento
1.11. Otra información pertinente: Dirección predominante del viento: Relación entre distancia y altura de los obstáculos más cercanos.	N-NE
2. Clasificación de las estaciones	
2.1. Tipo de zona	Institucional
2.1.1. Urbana: zona con presencia continua de edificaciones	Urbana
2.1.2. Suburbana: zona con presencia de edificios separados combinada con zonas no urbanizadas (pequeños lagos, bosques, tierras agrícolas)	NA
2.1.3. Rural: todas las zonas que no satisfacen los criterios establecidos para zonas urbanas y suburbanas	NA
2.2. Tipo de estación en relación con las fuentes de emisión predominantes	Móviles
2.2.1. Tráfico: estaciones situadas influenciadas por emisiones procedentes de una calle/carretera próxima.	Influenciado significativamente por las emisiones cercanas de fuentes móviles de la avenida pedro de Heredia, calles 29 d, calle 29e, 30.
2.2.2. Industria: estaciones situadas con niveles de contaminación influenciadas por zonas industriales o fuentes industriales aisladas	N/A
2.2.3. Entorno de fondo: estaciones con influencia del tráfico e industria	La contribución de las fuentes que influyen en esta estación debido al régimen de vientos
2.3. Información complementaria sobre la estación	
2.3.1. Zona de representatividad (radio): Para las estaciones "tráfico", indique la longitud de la calle/carretera que la estación representa	30 metros
2.3.2. Tecnología recomendada	Analizador automático PM ₁₀

Tabla 26: Ubicación estación Santa Rita.

Ficha Técnica Estación SVCA – EPA Cartagena.	
1. Información general	
1.1. Nombre de la estación:	SVCA- Santa Rita
1.2. Nombre de la ciudad o localidad:	Cartagena
1.3. Número de referencia o código nacional y local:	Palacio de justicia Alcaldía Local No. 1
1.4. Código estación atribuido con arreglo al presente protocolo:	EM-3 (stación indicativa)
1.5. Coordenadas geográficas	10°26'6.32"N 75°31'40.20"O
1.9. Contaminantes medidos	PM ₁₀
1.10. Parámetros meteorológicos medidos	Presión Barométrica, Temperatura, Humedad Relativa, Radiación Solar, Pluviometría, Dirección y Velocidad de Viento
1.11. Otra información pertinente: Dirección predominante del viento: Relación entre distancia y altura de los obstáculos más cercanos.	N-NE
2. Clasificación de las estaciones	
2.1. Tipo de zona	Institucional
2.1.1. Urbana: zona con presencia continua de edificaciones	Urbana
2.1.2. Suburbana: zona con presencia de edificios separados combinada con zonas no urbanizadas (pequeños lagos, bosques, tierras agrícolas)	NA
2.1.3. Rural: todas las zonas que no satisfacen los criterios establecidos para zonas urbanas y suburbanas	NA
2.2. Tipo de estación en relación con las fuentes de emisión predominantes	Móviles
2.2.1. Tráfico: estaciones situadas influenciadas por emisiones procedentes de una calle/carretera próxima.	Influenciado significativamente por las emisiones cercanas de fuentes móviles de la Calle 17 y Carrera 14.
2.2.2. Industria: estaciones situadas con niveles de contaminación influenciadas por zonas industriales o fuentes industriales aisladas	N/A
2.2.3. Entorno de fondo: estaciones con influencia del tráfico e industria	La contribución de las fuentes que influyen en esta estación debido al régimen de vientos
2.3. Información complementaria sobre la estación	
2.3.1. Zona de representatividad (radio): Para las estaciones “tráfico”, indique la longitud de la calle/carretera que la estación representa	40 metros
2.3.2. Tecnología recomendada	Analizador automático PM ₁₀

5.8.1.3. Estructuras para micro localización de estaciones

Para la instalación de los equipos es menester realizar las siguientes adecuaciones:

Cerramiento en MALLA ESLABONADA PERIMETRAL para evitar el acceso de personas ajenas al proyecto y garantizar seguridad de personal de instalación y mantenimiento de equipos. Pedestales en CONCRETO REFORZADO 3500 PSI anclados a una estructura de cimentación a construir con pernos para fijar postes. POSTES EN TUBOS GALVANIZADO 2"x 2.30 mts c.13 flanchado para fijar en pedestales. Levante en block # 6 una hilada, anclado a la placa existente, para pisa malla.

Estructura metálica perfil IPE 100, ángulos de 1 1/2 x 1/4 LÁMINAS DE ALFAJOR PARA TORRE 2 x 2 altura 6 mts, esta estructura será la encargada de soportar la estación meteorológica y la cabina del equipo de partículas. ESCALERA TIPO GATO CON GUARDA; esta servirá de acceso a la estructura metálica. Acometida eléctrica de 2 FASES.

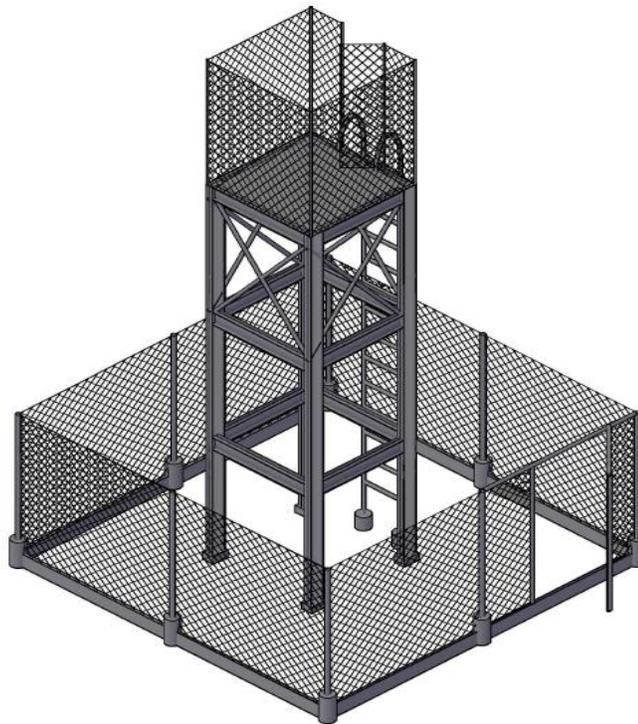


Figura 34: Estructura propuesta para las estaciones.

	<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre 2015</p>
---	--	---

6. RECOMENDACIONES

El diagnóstico preliminar, permitió evidenciar la necesidad de trabajar en la construcción de inventarios de emisiones detallados para fuentes fijas y fuentes móviles. Los inventarios deben no solo proveer información respecto a las cantidades emitidas por los agentes emisores, si no incluir información requerida por los modelos de calidad del aire. La construcción de un inventario de emisiones de fuentes fijas requiere de la elaboración de un formato único de registro de emisiones, el cual en lo posible sea desarrollado en una plataforma digital de fácil acceso. Este formato debe ser diligenciado por todas aquellas industrias que cuenten con fuentes fijas en su proceso de producción. Lo anterior implica, que las industrias deben contar con personal calificado para el diligenciamiento del formato único de emisiones y la entidad pública competente debe capacitar a los responsables asignados por cada industria. El formato se sugiere sea diligenciado mínimo una vez al año y entregado a la entidad pública competente.

En términos de las fuentes móviles se evidencia la necesidad de construir un inventario de emisiones, incluyendo las características propias de la flota vehicular. Adicionalmente, las motos son posiblemente las fuentes de emisión móviles sobre las que se debe ejercer mayor control, no solo porque representan la mayor proporción del parque automotor de la ciudad, sino porque no poseen sistemas de control de emisiones que contribuyan a la reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera.

Aunque las fuentes de área no representan los principales problemas de contaminación en las ciudades, no dejan de ser importantes y se hace necesario su contabilización. Para ello se recomienda la realización de proyectos de investigación que apunten a la determinación de factores de emisión para este tipo de fuentes.

La modelación de la calidad del aire es una herramienta útil para tomar y evaluar medidas de carácter regulatorio. La aplicación de esta herramienta implica contar con información histórica meteorológica y un inventario de emisiones confiable, además de personal capacitado en las áreas de ingeniería con énfasis en modelación de la calidad del aire. El modelo de calidad del aire que se sugiere implementar es AERMOD para tomar medidas de carácter regulatorio. Si se desea utilizar la modelación de la calidad del aire para evaluar el impacto de la calidad del aire en la salud pública, se requiere de un trabajo conjunto entre las instituciones gubernamentales y privadas responsables de los temas de calidad del aire, con las instituciones de salud pública tales como hospitales y organizamos públicos como el DADIS.

Durante la campaña de monitoreo en los sectores de la Bomba del Amparo, Peaje Ceballos y María Auxiliadora, se observó que el sector que presenta la mayor afluencia vehicular, las mayores concentraciones de contaminantes y por tanto mayor Índice de Calidad del Aire es el sector de la Bomba del Amparo. En todos los sectores de acuerdo con el ICA hay efectos dañinos, y para el caso de la Bomba del Amparo hasta peligrosos para la salud. Se sugiere que la Bomba del Amparo sea el lugar en el cual sea localizada una de las estaciones móviles de la ciudad, con la cual se pueda monitorear la concentración principalmente de material particulado y el impacto de las fuentes móviles en la ciudad. Según los datos

	<p style="text-align: center;">DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p style="text-align: center;">CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre 2015</p>
---	---	---

reportados y el análisis realizado sobre el SVCA Cartagena presenta problemas significativos con material particulado fino, al revisar los ICA's de PM_{10-2.5}, se puede evidenciar que los índices de mayor afectación sobre la salud de la población están asociados con partículas finas, siendo estas causantes según la bibliografía especializada en el tema la causante de bajo rendimiento escolar en niños, bajo rendimiento laboral, enfermedades respiratorias, cardíacas de la población y daño del bien público.

En términos de la red de monitoreo, se debe definir la estación Indicativa EM-1 de la estación de policía virgen y turística como una estación fija e iniciar con otra estaciones indicativas en el sector del pie de la popa y el sector del barrio de la Santa Rita y/o Esperanza, y/o San Francisco; además se sugiere que se generen alianzas entre el EPA y Universidades que cuenten con personal especializado, quienes se encarguen de la depuración y análisis de la información que provee la red de monitoreo de la ciudad. Lo anterior, debido a que actualmente se cuenta con un personal reducido que pueda realizar esta actividad.

Se sugiere promover estudios de investigación en las siguientes áreas de trabajo:

- Determinación de ciclos de conducción para la determinación de factores de emisión y emisiones de fuentes vehiculares.
- Determinación de factores de emisión para fuentes fijas y fuentes de área
- Modelación de la calidad del aire para medir el impacto de las diversas fuentes de emisión en la ciudad
- Relación entre calidad del aire y salud pública

Así las cosas, se debe definir una política para el control del material particulado en la ciudad de Cartagena, con el objeto de prevenir, minimizar y controlar los impactos significativos de la contaminación atmosférica en el Distrito.

	<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre 2015</p>
---	---	---

REFERENCIAS

- Aggarwal, A., Haritash, A., & Kansal, G. (2014). Air Pollution Modelling: A review. *International Journal of Advanced Technology in Engineering and Science*, 2(6), 355–364.
- Alvarez, V., Quiñones, E., & Huertas, M. E. (2015). *Análisis de la incidencia de las emisiones del tráfico vehicular en la calidad del aire de la ciudad de Cartagena*.
- APEF. (2014). Air Pollution Emission Factor Library. Retrieved from <http://www.apef-library.fi/index.php>
- Belalcazar, L. C., Clappier, A., Blond, N., Flassak, T., & Eichhorn, J. (2010). An evaluation of the estimation of road traffic emission factors from tracer studies. *Atmospheric Environment*, 44(31), 3814–3822. <http://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2010.06.038>
- Byun, D. (1999). Chapter 5: Fundamentals of one-atmosphere dynamics for multiscale air quality modeling.
- Cardique. (2010a). *Evaluación de calidad de aire Diciembre 14 -16 -2010. Consorcio Cartagena 2010 Tramo 5A*.
- Cardique. (2010b). *Evaluación de calidad de aire Diciembre 17-20 -2010. Urbe Construcciones y Obras Públicas S.L Tramo 5B*.
- Cardique. (2011a). *Evaluación de calidad de aire Abril 4 - 6 2011. Consorcio Cartagena 2011 Tramo 5A*.
- Cardique. (2011b). *Evaluación de calidad de aire Abril 6 -8 -2011. Consorcio Santa Catalina*.
- Cardique. (2011c). *Evaluación de calidad de aire Abril 7-9- 2011. Urbe construcciones y obras públicas S.L Tramo 5B*.
- Cardique. (2011d). *Laboratorio de Calidad Ambiental: Evaluación de Calidad del Aire Inmediaciones del Portal Calicanto Septiembre 26-Octubre 6 de 2011 Sociedad de Promesa Futura Portal Calicanto S.A*.
- Cartagena, A. de. (2001). MIDAS. Retrieved from <http://midas.cartagena.gov.co/>
- CEPMIEP. (2014). Coordinated European Programme on Particulate Matter Emission Inventories. Retrieved from <http://www.air.sk/tno/cepmeip/>
- Comercio, C. de. (2014). *Base de datos: Camara de comercio*.
- Como vamos, C. (2014). Presentación: Evaluación calidad de vida.
- EMEP, & EEA. (2013). Air pollutant emission inventory guidebook. Retrieved from

	<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre 2015</p>
---	--	---

<http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013>

Emisia. (2014). COPERT 4. Retrieved from <http://emisia.com/copert>

EPA, U. (2005). *40 CFR Part 51 Revision to the Guideline on Air Quality Models: Adoption of a Preferred General Purpose (Flat and Complex Terrain) Dispersion Model and Other Revisions; Final Rule.*

EPA, U. (2014). MOVES (Motor Vehicle Emission Simulator).

EPA, U. (2015a). CALINE 3. Retrieved from http://www3.epa.gov/ttn/scram/dispersion_prefrec.htm#caline3

EPA, U. (2015b). Emissions Factors & AP 42, Compilation of Air Pollutant Emission Factors. Retrieved from <http://www3.epa.gov/ttnchie1/ap42/>

EPA, U. (2015c). Support Center for Regulatory Atmospheric Modeling.

Franco, V., Kousoulidou, M., Muntean, M., Ntziachristos, L., Hausberger, S., & Dilara, P. (2013). Road vehicle emission factors development: A review. *Atmospheric Environment*, 70, 84–97. <http://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.01.006>

Grell, G., & Baklanov, A. (2011). Integrated modeling for forecasting weather and air quality: A call for fully coupled approaches. *Atmospheric Environment*, 45(38), 6845–6851. <http://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.01.017>

Herazo, L., Romero, C., & Arciniegas, C. (2015). *Análisis de las emisiones de gases en fuentes móviles terrestres con base en las revisiones tecno-mecánicas realizadas en el año 2014 en la ciudad de Cartagena de Indias, Colombia.*

Huertas, M., Huertas, J., & Maldonado, A. (2009). *Aproximación metodológica para ajustar el factor de emisión de material particulado en vías no pavimentadas.* Universidad de los Andes.

Icher. (2009). «Información turística de Cartagena de Indias – Servicios, teléfonos, oficinas de turismo».

Ingeniería, K. (2010). *Diagnóstico de la calidad del aire (inventario de emisiones) y diseño del sistema de vigilancia de calidad del aire de la ciudad de Cartagena de Indias D.T y C, departamento de Bolívar.*

ISSRC. Measurement of In-Use Passenger Vehicle Emissions in Three Urban Areas of Developing Nations (2005).

ISSRC. (2014). IVE - International Vehicle Emissions Model. Retrieved from <http://www.issrc.org/ive/>

ITESM, & MAVDT. (2008). *Guía nacional de modelación de calidad del aire.*

	<p>DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA</p> <p>CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015</p>	<p>Revisión: 1</p> <p>Fecha: Diciembre 2015</p>
---	--	---

Jimoda, L. (2012). Effects of particulate matter on human health, the ecosystem, climate and materials: A review. *Working and Living Environmental Protection*, 5(1), 27–44.

Kuo, K. (1996). *Fundamentals of Combustion* (McGraw-Hil). US.

MAVDT. (2010). Resolución 610 de 2010.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Convención de Viena y Protocolo de Montreal. Retrieved from <https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=1705:plantilla-asuntos-ambientales-y-sectorial-y-urbana-sin-galeria-69>

Misco, S. (1999). *Proyecto: Estudio para la caracterización y evaluación de la calidad ambiental de los recursos aire, agua y suelos del área de influencia de la zona Industrial Mamonal Cartagena de Indias.*

NAEI, U. (2014). National Atmospheric Emissions Inventory. Retrieved from <http://naei.defra.gov.uk/data/ef-all>

Observatorio Ambiental, de B. (2015). Protocolo: ICA Índice de Calidad del Aire. Retrieved from <http://oab.ambientebogota.gov.co/es/indicadores?id=43>

Sánchez, J., Urrego, J., Zakzuk, J., Bornacelly, A., Castro, I., & Caraballo, L. (2013). Niveles de Contaminantes en el aire de Cartagena, Colombia. (Spanish). *Levels of Air Pollution in Cartagena, Colombia. (English)*, 45(3), 35–44. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=95511533&lang=es&site=ehost-live>

Stevenson, W., & Huertas, M. (2015). *Metodología para desarrollar un inventario de emisiones de fuente fijas en la ciudad de Cartagena.* Universidad Tecnológica de Bolívar.

UdeC, U. de C., & Alcaldía, C. (2010). *Valoración de los niveles de riesgos ambientales en el distrito de Cartagena.*

UdeC, U. de C., & Alcaldía, C. (2011). *Estudio de impacto ambiental de la alternativa seleccionada.*

WebGIS. (2015). SRTM3. Retrieved from <http://www.webgis.com/>

WHO. (2005). *Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide.*

Zhang, Y. (2008). Online-coupled meteorology and chemistry models: history, current status, and outlook. *Atmospheric Chemistry and Physics*. <http://doi.org/10.5194/acp-8-2895-2008>



DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE
MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL
DISTRITO DE CARTAGENA

**CONVENIO INTERADMINISTRATIVO
No. 0133-2015**

Revisión: 1

Fecha: Diciembre 2015



DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE
MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL
DISTRITO DE CARTAGENA

**CONVENIO INTERADMINISTRATIVO
No. 0133-2015**

Revisión: 1

Fecha: Diciembre 2015

ANEXOS



DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE
MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL
DISTRITO DE CARTAGENA

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO
No. 0133-2015

Revisión: 1

Fecha: Diciembre 2015

**Anexo 1. MONITOREO DE ÓXIDOS DE NITRÓGENO Y DIÓXIDO DE AZUFRE PARA EL
PROYECTO “DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD
AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA**



**UNIVERSIDAD
DE
CARTAGENA**

INSTITUTO DE HIDRAÚLICA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

ESTUDIO DE CALIDAD DEL AIRE

MONITOREO DE ÓXIDOS DE NITRÓGENO Y DIÓXIDO DE AZUFRE PARA EL PROYECTO “DISEÑO
DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE
CARTAGENA”

INFORME FINAL

(4 AL 14 DE NOVIEMBRE DE 2015)



ALIANZA ESTRATÉGICA



BOGOTÁ D.C. – COLOMBIA



DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE
MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL
DISTRITO DE CARTAGENA

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO
No. 0133-2015

Revisión: 1

Fecha: Diciembre 2015



Calle 23 No. 68-59 Int. 4 Of. 102 - Tel: 2951300
Email: gerente.codeisa@gmail.com
BOGOTÁ D.C. - COLOMBIA



Transversal 71B No. 9a-32 - Tel: 4190731
Email: equisamitda@gmail.com
BOGOTÁ D.C. - COLOMBIA

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

NOMBRE	UNIVERSIDAD DE CARTAGENA - IHYSA	NIT / CC.	890.480.123-5
CONTACTO	Ing. Javier Mouthon - Coordinador Proyecto		
DIRECCIÓN	Claustro San Agustín - Centro		
TELÉFONO			
CIUDAD	CARTAGENA		
E-mail			
PROPUESTA No.	NA	FECHA:	NA
CONTRATO No.	NA	FECHA:	NA

DATOS DEL ESTUDIO

OBJETO: MONITOREO CALIDAD DE AIRE	IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO: P028-GP-OCA-15
UBICACIÓN DEL PROYECTO: CARTAGENA	MUNICIPIO: CARTAGENA DPTO: BOLIVAR
FECHA TRABAJO DE CAMPO: 04/11/2015 - 14/11/2015	PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO: OCA-04-001
MUESTREO A CARGO DE: DANIEL SAAVEDRA O. / HUMBERTO OTÁLORA F.	PLAN MUESTRAL CODEISA No.: PM-OCA-05-15
FECHA ENTREGA INFORME FINAL: 04/11/2015	

CONTROL DE ELABORACIÓN, REVISIONES Y VIGENCIAS

CONCEPTO	ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	FECHA ELABORACIÓN O REVISIÓN
ELABORACIÓN	<i>Ana Perez Sarmiento</i>	<i>Luz Mery Otálora</i>	<i>José Moreno</i>	30/11/2015
	ANA MILENA PÉREZ S.	LUZ MERY OTÁLORA FALLA	JOSÉ LUIS MORENO M.	
	Jefe Laboratorio CODEISA	Gerente CODEISA LTDA	Gerente EQUISAM SAS	
REVISIÓN 1	<i>Ana Perez Sarmiento</i>	<i>Luz Mery Otálora</i>	<i>José Moreno</i>	03/12/2015
	ANA MILENA PÉREZ S.	LUZ MERY OTÁLORA FALLA	JOSÉ LUIS MORENO M.	
	Jefe Laboratorio CODEISA	Gerente CODEISA LTDA	Gerente EQUISAM SAS	

Nota de propiedad: Este documento y su contenido son propiedad intelectual de CODEISA LTDA y sus resultados son válidos únicamente para las muestras analizadas y relacionadas en este documento. No divulgar, usar o reproducir sin autorización escrita del representante legal del Laboratorio.



DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE
MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL
DISTRITO DE CARTAGENA

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO
No. 0133-2015

Revisión: 1

Fecha: Diciembre 2015



UNIVERSIDAD
DE
CARTAGENA

INSTITUTO DE HIDRÁULICA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL



ALIANZA ESTRATÉGICA



CODEISA LTDA.

CONTENIDO

	Pág
RESUMEN EJECUTIVO	7
INTRODUCCIÓN	8
1 OBJETIVOS.....	9
1.1 GENERAL.....	9
1.2 ESPECÍFICOS.....	9
2 ANÁLISIS PARÁMETROS METEOROLÓGICOS OBTENIDOS EN LA ZONA DEL PROYECTO	10
2.1 DATOS METEOROLÓGICOS PUNTUALES TOMADOS DURANTE EL MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE	10
2.2 ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS MEDIDOS.....	11
2.2.1 Comportamiento de la Velocidad del Viento	11
2.2.2 Comportamiento de la Temperatura.....	12
2.2.3 Rosa de los Vientos	12
2.2.4 Humedad Relativa.....	13
2.2.5 Precipitación.....	14
3 MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE.....	16
3.1 EQUIPOS E INSUMOS UTILIZADOS EN EL MONITOREO	16
3.1.1 Analizador de Gases (Óxidos de Nitrógeno y Dióxido de Azufre).....	16
3.1.2 Verificador de Flujo de Óxidos de Nitrógeno y Dióxido de Azufre	16
3.2 SITIOS DE MUESTREO	17
3.3 METODOLOGÍA UTILIZADA	18
3.3.1 Óxidos de Nitrógeno.....	18
3.3.1.1 Principio.....	18
3.3.1.2 Rango y Sensibilidad	18
3.3.1.3 Interferencias	18
3.3.1.4 Principio	18
3.3.1.5 Procedimiento	18
3.3.1.6 Cálculos	19
3.3.1.7 Efectos del Almacenamiento	19
3.3.2 Óxidos de Azufre.....	19
3.3.2.1 Principio.....	19
3.3.2.2 Procedimiento de Muestreo.....	20
3.3.2.3 Cálculos.....	20
3.4 NORMAS DE CALIDAD	20
3.5 VERIFICACIÓN FLUJO DE EQUIPOS TIPO RAC.....	21

MONITOREO DE CALIDAD DEL PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO CAPITAL DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 4 Y EL 14 DE NOVIEMBRE DE 2015 EN LA CIUDAD DE CARTAGENA

VERSIÓN: 01

INFORME FINAL
P028-GP-OCA-15
Página ii de 44



DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015

Revisión: 1

Fecha: Diciembre 2015

 UNIVERSIDAD DE CARTAGENA INSTITUTO DE HIDRÁULICA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL	ALIANZA ESTRATÉGICA   CODEISA LTDA.	
3.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS A CONDICIONES DE REFERENCIA23 3.6.1 Óxidos de Nitrógeno.....23 3.6.2 Dióxido de Azufre.....24 3.7 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL MONITOREO CON LA NORMA DE CALIDAD DIARIA25 3.8 ANÁLISIS DE DATOS ATÍPICOS27 3.9 PARTICULARIDADES DEL PERIODO.....27 4 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS RESULTADOS DEL MUESTREO28 4.1 GESTIÓN DE MANTENIMIENTO28 4.2 OPERACIONES DE MONITOREO28 4.2.1 Validación de metodologías analíticas28 4.2.2 Manejo, transporte y preservación de muestras28 4.2.3 Manejo y custodia de las muestras28 4.3 LABORATORIO ENCARGADO DEL PESAJE DE LOS FILTROS29 4.4 PRODUCCIÓN DE INFORME29 4.4.1 Revisión de la información29 4.4.2 Emisión de informes de ensayo29 4.5 GESTION HUMANA29 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES30 BIBLIOGRAFÍA31 <u>ANEXOS</u> 1. REPORTE ANÁLISIS LABORATORIO 32 2. RESOLUCIÓN ACREDITACIÓN ANTE IDEAM 37		
MONITOREO DE CALIDAD DEL PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO CAPITAL DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 4 Y EL 14 DE NOVIEMBRE DE 2015 EN LA CIUDAD DE CARTAGENA	VERSIÓN: 01	INFORME FINAL P028-GP-OCA-15 Página iv de 44



DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015

Revisión: 1

Fecha: Diciembre 2015



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

INSTITUTO DE HIDRÁULICA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL



equibsm sas



CODEISA LTDA.

ALIANZA ESTRATÉGICA

LISTADO DE TABLAS

	<u>Pág</u>
TABLA 2-1. PROMEDIO DIARIOS OBTENIDOS DEL 5 AL 15 DE NOVIEMBRE DE 2015.....	10
TABLA 2-2. APARTES DE LA ESCALA DE BEAUFORT	11
TABLA 3-1. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN DEL RAC EN CAMPO. SITIO 1 – SECTOR CEBALLOS 22	22
TABLA 3-2. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN DEL RAC EN CAMPO. SITIO 2 – SECTOR MARÍA AUXILIADORA	23
TABLA 3-3. RESULTADOS DEL MONITOREO DE OXIDOS DE NITROGENO. SITIO 1 - SECTOR CEBALLOS.....	24
TABLA 3-13. RESULTADOS DEL MONITOREO DE DIÓXIDO DE AZUFRE. SITIO 1 – SECTOR CEBALLOS.....	25
TABLA 3-14. RESULTADOS DEL MONITOREO DE DIOXIDO DE AZUFRE. SITIO 2 – SECTOR MARÍA AUXILIADORA	25

MONITOREO DE CALIDAD DEL PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO CAPITAL DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 4 Y EL 14 DE NOVIEMBRE DE 2015 EN LA CIUDAD DE CARTAGENA

VERSIÓN: 01

INFORME FINAL
P028-GP-OCA-15
Página v de 44



DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE
MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL
DISTRITO DE CARTAGENA

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO
No. 0133-2015

Revisión: 1

Fecha: Diciembre 2015



UNIVERSIDAD
DE
CARTAGENA

INSTITUTO DE HIDRAÚLICA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL



ALIANZA ESTRATÉGICA



CODEISA LTDA.

LISTADO DE FIGURAS

	<u>Pág</u>
Figura 2-1. Comportamiento diario de la Velocidad del viento	11
Figura 2-2. Comportamiento general de la temperatura ambiente	12
Figura 2-3. Rosa de los Vientos	13
Figura 2-4. Comportamiento de la Humedad Relativa durante el tiempo de monitoreo	14
Figura 2-5. Comportamiento de la Precipitación	15
Figura 3-1. Resultados del Monitoreo de SO ₂ comparados con la norma diaria	26
Figura 3-2. Resultados del Monitoreo de PTS comparados con la norma diaria	26

MONITOREO DE CALIDAD DEL PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA
INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO
CAPITAL DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 4 Y EL 14 DE
NOVIEMBRE DE 2015 EN LA CIUDAD DE CARTAGENA

VERSIÓN: 01

INFORME FINAL
P028-GP-OCA-15
Página vi de 44



DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015

Revisión: 1

Fecha: Diciembre 2015



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

INSTITUTO DE HIDRAÚLICA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL



ALIANZA ESTRATÉGICA



CODEISA LTDA.

RESUMEN EJECUTIVO

EL INSTITUTO DE HIDRAÚLICA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD DE CARTAGENA, contrató los servicios de la firma EQUISAM SAS quien realizó para la toma de las muestras una ALIANZA ESTRATÉGICA con la firma CODEISA LTDA., quien se encuentra debidamente acreditada mediante Resolución No. 0789 del 21 de Mayo de 2015, para que durante los días comprendidos entre el 4 y el 14 de noviembre de 2015 se llevara a cabo un Monitoreo de Calidad de Aire dentro del marco del Proyecto “Diseño del Sistema Inteligente de Monitoreo de Calidad Ambiental del Distrito de Cartagena”.

Los procedimientos que se tuvieron en cuenta para la realización del Monitoreo de Calidad del Aire, son los establecidos en la Resolución 2154 de 2010 “Protocolo para el Control y Vigilancia de la Calidad de Aire” y los métodos aplicados para la medición y análisis fueron:

- NO₂ : Método Colorimétrico – Griess Saltzman, Resolución No. 3194 del 29 de marzo de 1983.
- SO₂ : Método EPA e-CFR Título 40, Parte 50, Apéndice A-2: Parrosanilina.

Los equipos utilizados en el Monitoreo fueron dos Analizadores de tres Gases Tipo RAC, los cuales cumplen con todos los requerimientos exigidos en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire ajustado mediante la Resolución 2154 de 2010 del MAVDT, los cuales fueron ubicados en los Sectores Ceballos y María Auxiliadora de la ciudad de Cartagena.

Los resultados obtenidos del Monitoreo de Calidad del Aire realizado, cumple con los límites máximos permitidos para los parámetros de óxidos de nitrógeno (NOx) y dióxido de azufre (SO₂), establecidos en la norma diaria (Resoluciones 601 de 2006, 610 de 2010 y 2154 de 2010 del MAVDT). El 100% del tiempo en el cual se realizó el monitoreo predominó el tiempo seco.

Los parámetros dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno, cumplen ampliamente con el requerimiento establecido en la norma, por cuanto la mayoría de las concentraciones obtenidas dieron por debajo del límite de cuantificación como se puede apreciar en los análisis reportados por el laboratorio de CIAN LTDA. Ver Anexo 2.

MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE PARA EL PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA, DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 4 Y EL 14 DE NOVIEMBRE DE 2015.

VERSIÓN: 01

INFORME FINAL
P028-GP-OCA-15
Página 7 de 44



DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE
MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL
DISTRITO DE CARTAGENA

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO
No. 0133-2015

Revisión: 1

Fecha: Diciembre 2015



UNIVERSIDAD
DE
CARTAGENA

INSTITUTO DE HIDRÁULICA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL



ALIANZA ESTRATÉGICA



CODEISA LTDA.

INTRODUCCIÓN

El presente estudio contiene los resultados del Monitoreo de Calidad del Aire realizado dentro del marco del proyecto “Diseño del Sistema Inteligente de Monitoreo de Calidad Ambiental del Distrito de Cartagena”, durante el tiempo comprendido entre el 4 y 14 de Noviembre 2015, con el propósito de dar cumplimiento a los requerimientos establecidos en la Resolución 610 de 2010 y al Protocolo de Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire (Resolución 2154 de 2010) del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

Los gases dañinos y las partículas sólidas que se arrojan al aire por los vehículos de motor, los generadores, los hogares y las industrias producen la contaminación del aire. Los combustibles fósiles, especialmente el carbón, liberan contaminantes a medida que se queman. El azufre que se encuentra, frecuentemente en el carbón, se combina con el oxígeno y produce un humo con un olor desagradable. A medida que se quema, el carbón también libera una gran cantidad de hollín o partículas de carbón sin quemar. En el monitoreo se determinarán las concentraciones de óxidos de nitrógeno (NO_x) y dióxido de azufre (SO₂).

MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE PARA EL PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA, DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 4 Y EL 14 DE NOVIEMBRE DE 2015.

VERSIÓN: 01

INFORME FINAL
P028-GP-OCA-15
Página 8 de 44



DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE
MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL
DISTRITO DE CARTAGENA

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO
No. 0133-2015

Revisión: 1

Fecha: Diciembre 2015



UNIVERSIDAD
DE
CARTAGENA

INSTITUTO DE HIDRÁULICA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL



equibam sas



CODEISA LTDA.

ALIANZA ESTRATÉGICA

1 OBJETIVOS

1.1 GENERAL

Realizar un Monitoreo de Calidad de Aire dentro del marco del proyecto “Diseño del Sistema Inteligente de Monitoreo de Calidad Ambiental del Distrito de Cartagena”, en cumplimiento a los requerimientos exigidos en la Resolución 610 de 2010 del MADT hoy MADS; y a los lineamientos del Protocolo de Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire.

1.2 ESPECÍFICOS

Evaluar las condiciones de la Calidad del Aire para el proyecto “Diseño del Sistema Inteligente de Monitoreo de Calidad Ambiental del Distrito de Cartagena”, realizando mediciones de óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre.

Analizar los resultados del estudio y compararlos con las disposiciones ambientales, especialmente las contenidas en las Resoluciones 601 de 2006, 610 y 2154 de 2010, del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE PARA EL PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA, DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 4 Y EL 14 DE NOVIEMBRE DE 2015.

VERSIÓN: 01

INFORME FINAL
P028-GP-OCA-15
Página 9 de 44



2 ANÁLISIS PARÁMETROS METEOROLÓGICOS OBTENIDOS EN LA ZONA DEL PROYECTO

2.1 DATOS METEOROLÓGICOS PUNTUALES TOMADOS DURANTE EL MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE

Las condiciones meteorológicas tienen importancia fundamental en los sucesos de contaminación atmosférica, puesto que las sustancias emitidas por procesos industriales, de transporte o simplemente ambientales, son llevadas y dispersadas por ellas. El ciclo de estancia aérea se inicia con la emisión de los contaminantes, seguido por su transporte y difusión en la atmósfera. El ciclo se completa cuando los contaminantes se depositan sobre la vegetación, las superficies del suelo y del agua, y otros objetos, cuando son arrastrados de la atmósfera por la lluvia, o cuando se escapan al espacio. En algunos casos, los contaminantes se pueden volver a introducir en la atmósfera por la acción del viento.

Para llevar a cabo el análisis de las condiciones meteorológicas se tomaron las predicciones reportadas en internet por el IDEAM, durante la realización del monitoreo de calidad del aire para los parámetros de temperatura, humedad y precipitación. Igualmente se tuvo en cuenta la rosa de vientos reportada por la Estación Sinóptica C.I.O.H – época húmeda.

Para el caso que nos ocupa el análisis de estas condiciones nos permiten establecer que dadas las condiciones de periodo seco, las variables meteorológicas que más pudieron afectar la concentración de partículas a nivel atmosférico fueron en términos generales las de dirección y velocidad del viento. En la Tabla 2-1 se presentan los promedios diarios.

TABLA 2-1. PROMEDIO DIARIOS OBTENIDOS DEL 5 AL 14 DE NOVIEMBRE DE 2015

FECHA	TEMPERATURA PROMEDIO (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACIÓN (mm)	VELOCIDAD (Km/h)
05/11/2015	29,8	76	14	7
06/11/2015	28,4	78	0	8
07/11/2015	29,3	83	3	9
08/11/2015	30,4	82	0	8
09/11/2015	30,8	79	0	11
10/11/2015	29,7	81	0	15
11/11/2015	27,9	85	0	10
12/11/2015	29,6	82	0	10
13/11/2015	30,7	78	0	6
14/11/2015	31,0	79	0	9

2.2 ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS MEDIDOS

2.2.1 Comportamiento de la Velocidad del Viento

El viento es aire en movimiento producido por diferencias de presión atmosférica sobre todo a diferencias de temperatura. La variación de la presión atmosférica y de la temperatura se debe a la distribución desigual del calentamiento solar y a las propiedades térmicas de la superficie.

La dispersión de contaminantes de una fuente depende de la cantidad de turbulencia en la atmósfera cercana que es creada por el movimiento horizontal (viento) y vertical de la atmósfera. La velocidad del viento afecta en gran medida la concentración de contaminantes en un área, mientras mayor sea la velocidad del viento mayor será dilución y dispersión de contaminantes.

El valor máximo promedio diario de la velocidad del viento registrada fue de 15,0 Km/h, de acuerdo a la escala Beaufort (Ver Tabla 2-2) la velocidad del viento registrada en su mayoría se clasifica entre flojo (Brisa débil). El resultado del análisis de esta variable es la clara dependencia con la temperatura, demostrando que a mayor variación de la temperatura mayor velocidad del viento y viceversa (Ver Figura 2-1)



Figura 2-1. Comportamiento diario de la Velocidad del viento

TABLA 2-2. APARTES DE LA ESCALA DE BEAUFORT

Definición	Nudos	m/seg	km/h	Condición en tierra
‣ F0-Calma	s< 1	0-0,2	< 1	El humo sube verticalmente
‣ F1-Ventolina	1-3	0,3-1,5	1-5	La dirección del viento se define por la del humo, pero no por las veletas y banderas
F2-Flojito(Brisa muy débil)	4-6	1,6-3,3	6-11	El viento se siente en la cara. Se mueven las hojas de los árboles, veletas y banderas
‣ F3-Flojo (Brisa débil)	7-10	3,4-5,4	12-19	Las hojas de los árboles se agitan constantemente. Se despliegan las banderas

2.2.2 Comportamiento de la Temperatura

La temperatura está relacionada con la energía calorífica de los rayos solares, determina la formación de las nubes, afecta los valores de humedad e influye en la presión atmosférica. Al ascender la temperatura el aire se vuelve menos denso produciéndose una menor presión, la presión atmosférica junto con la temperatura hace posible la formación del viento que permite que se presente su movimiento desde las zonas de mayor a menor presión.

La dispersión de contaminantes depende de la cantidad de turbulencia en la atmósfera cercana que puede ser generada por el movimiento horizontal (viento) y vertical de la atmósfera. El movimiento vertical de la atmósfera afecta el transporte y dispersión de los contaminantes del aire, debido a los cambios de temperatura que se presentan durante el día se genera un movimiento constante que crea condiciones inestables y dispersa los contaminantes. Se pueden presentar condiciones atmosféricas estables originando la inversión térmica cuando el aire más caliente se encuentra por encima del aire frío, impidiendo la mezcla vertical, reteniendo el ascenso y dispersión de contaminantes de las capas más bajas de la atmósfera lo que causa un problema localizado de contaminación del aire

Según la Figura 2-2, la temperatura máxima registrada es de 31°C, la mínima es de 27,9°C y la temperatura media es de 29°C. En promedio el día 11 de noviembre presentó la temperatura más baja y el 14 de noviembre la más alta. En general se presentan parámetros meteorológicos con poca variación.

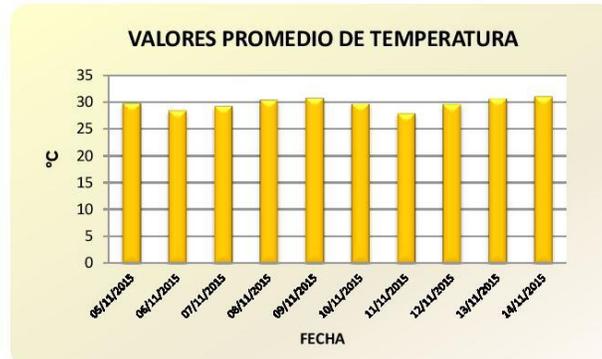
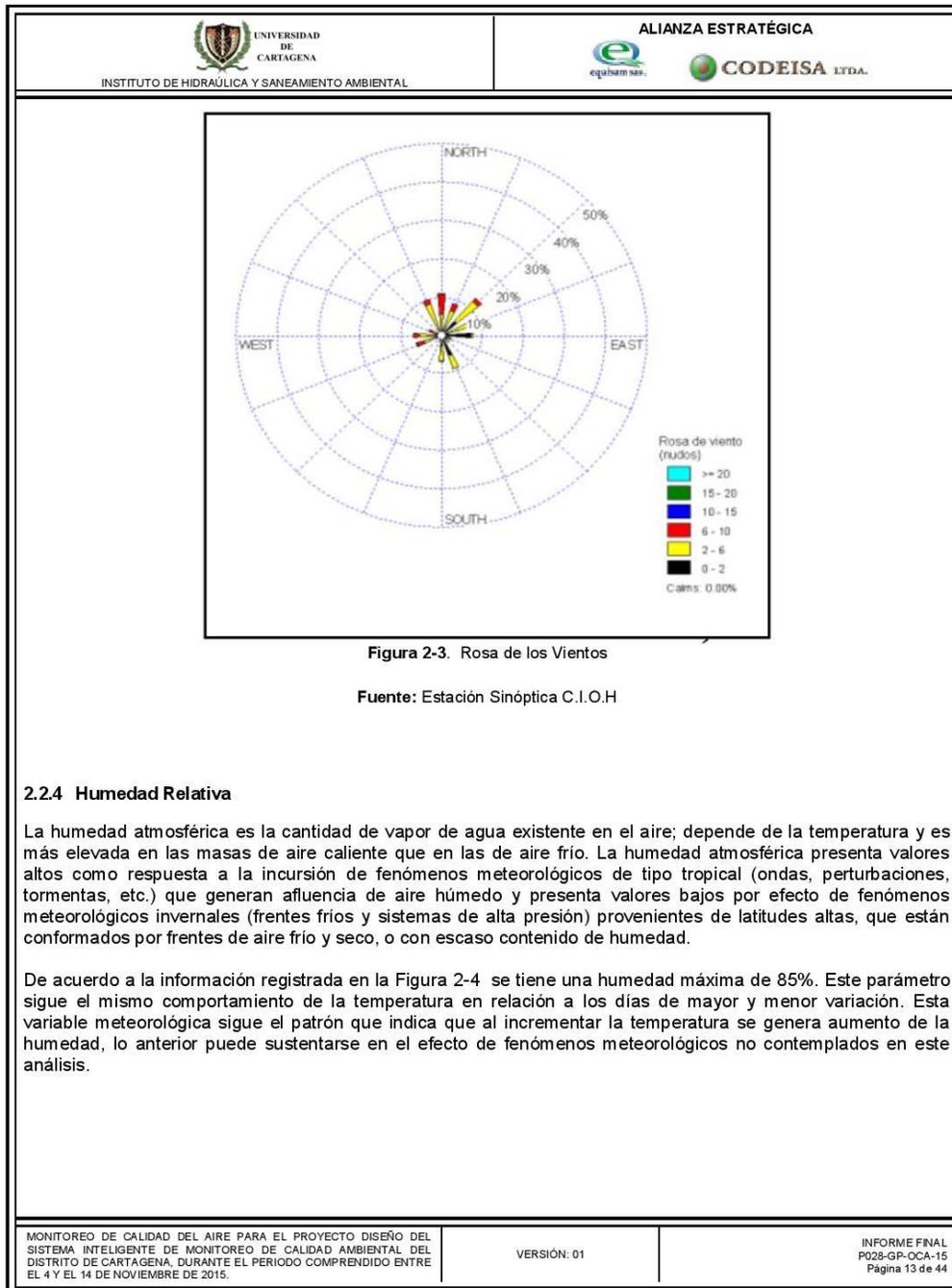
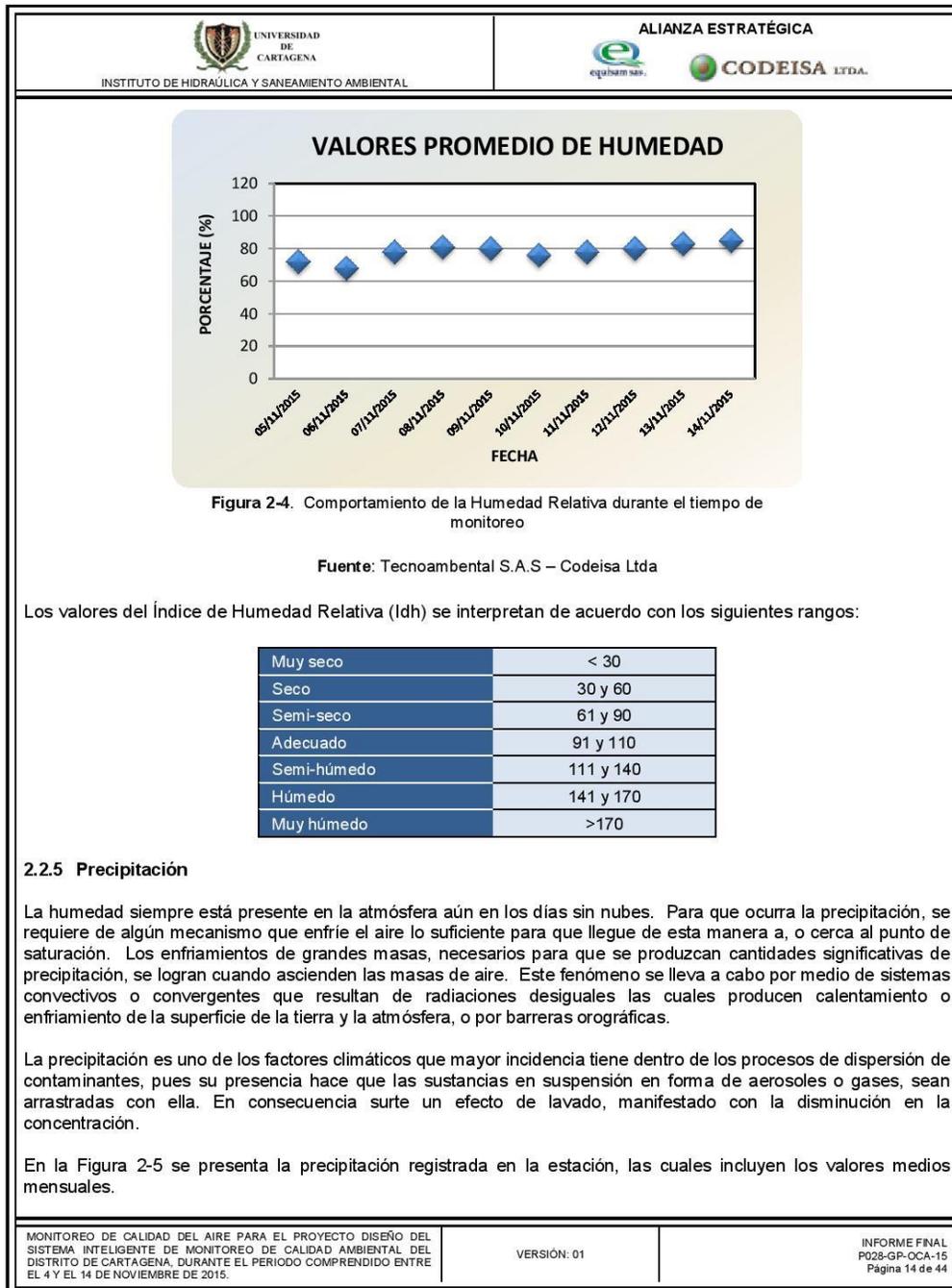


Figura 2-2. Comportamiento general de la temperatura ambiente

2.2.3 Rosa de los Vientos

La rosa de vientos utilizada para ubicación de los puntos de monitoreo fue la del C.I.O.H y se presenta en la Figura 2-3, donde se observa que la dirección del viento predominante es la NE, con velocidades de viento de hasta 10 Km/h.







UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

INSTITUTO DE HIDRÁULICA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL



ALIANZA ESTRATÉGICA



CODEISA LTDA.



Figura 2-5. Comportamiento de la Precipitación

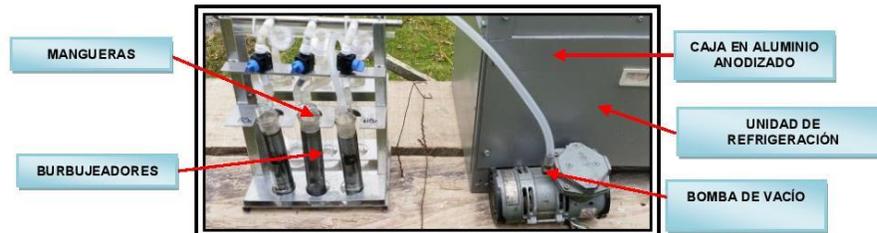
3 MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE

3.1 EQUIPOS E INSUMOS UTILIZADOS EN EL MONITOREO

3.1.1 Analizador de Gases (Óxidos de Nitrógeno y Dióxido de Azufre)

Consta de burbujeadores, impingers o tubos de vidrio de 163 x 32 mm de diámetro interno ajustado a una tapa del mismo material con dos (2) aberturas. El tubo que dispersa el gas con una porosidad entre 60 y 100 micras, es usado en conjunto con el tubo. Para controlar el flujo se utilizaron agujas hipodérmicas. En cada caso, una presión mínima diferencial de 500 mm de Hg. Se colocó un filtro de membrana en frente de la aguja hipodérmica para prevenir que las gotas de agua se adhieran a la aguja causando alteración en el flujo del gas. Las líneas de muestreo están construidas en vidrio o acero inoxidable.

También tiene una Bomba de Vacío capaz de muestrear aire a través del absorbedor a la tasa requerida entre 180 y 220 ml/min por 24 horas. Está equipado con una válvula de aguja para controlar que la tasa de muestreo sea exacta.



Fuente: Codeisa Ltda.

3.1.2 Verificador de Flujo de Óxidos de Nitrógeno y Dióxido de Azufre

Consta de una probeta y/o impinger de vidrio debidamente graduado a escala entre 10 y 250 ml. A través de él se hace pasar una pompa de jabón que nos indica el flujo que pasa por la bomba hacia el tren de muestreo durante un minuto.



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

INSTITUTO DE HIDRÁULICA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

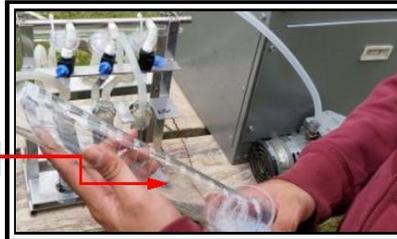


ALIANZA ESTRATÉGICA



CODEISA LTDA.

PROBETA GRADUADA



Fuente: Codeisa Ltda.

3.2 SITIOS DE MUESTREO

Las coordenadas de las estaciones de muestreo fueron proporcionadas previamente por funcionarios del Instituto de Hidráulica y Saneamiento Ambiental (IHSA), de la Universidad de Cartagena.

En las siguientes fotografías, se puede apreciar las panorámicas de los sitios de monitoreo:



COORDENADAS

N: 10°22'50,95"

E: 75°30'07,14"

Sitio 1. Sector Ceballos



COORDENADAS

N: 10°24'33,73"

E: 75°31'01,10"

Sitio 2. Sector María Auxiliadora

 UNIVERSIDAD DE CARTAGENA INSTITUTO DE HIDRÁULICA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL	ALIANZA ESTRATÉGICA  equibam sas  CODEISA LTDA.	
<p>Una vez instalados los equipos, se procedió a calibrar e iniciar la valoración de las concentraciones de Óxidos de Nitrógeno y Óxidos de Azufre, siguiendo expresamente las metodologías de muestreo y las técnicas de laboratorio establecidas en cada caso en la legislación ambiental colombiana. Para los procedimientos de muestreo y análisis, se emplearon los lineamientos fijados por el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad de Aire adoptado mediante la Resolución 650 del 29 de marzo de 2010 y ajustado mediante la Resolución 2154 del 2 de noviembre de 2010.</p> <p>3.3 METODOLOGÍA UTILIZADA</p> <p>3.3.1 Óxidos de Nitrógeno</p> <p>3.3.1.1 Principio</p> <p>El Dióxido de Nitrógeno es absorbido del aire por una solución acuosa de trietanolamina, el análisis posterior es realizado usando un reactivo que forme un compuesto azocolorante. El color producido por el reactivo es medido en un espectrofotómetro a 540 nm.</p> <p>3.3.1.2 Rango y Sensibilidad</p> <p>El rango de la concentración en el aire para lo cual este método es usado con confianza está entre 10 a 1,000 mg/m³ (0.005 a 0.50 ppm), tomando como base un periodo de muestreo de 24 horas. La sensibilidad del método depende del reactivo. Para celda de trayectoria óptica de un (1) cm y 0.1 unidades de absorbancia es equivalente a 0.14 mg/ml de NO₂ en la solución de absorción.</p> <p>3.3.1.3 Interferencias</p> <p>El Dióxido de Azufre en concentraciones hasta de 2,000 mg/m³ (0.7 ppm) no interfiere si el Peróxido de Hidrógeno es añadido después del muestreo y antes del desarrollo del color.</p> <p>El Ozono no causa interferencias en los rangos de concentración atmosféricos (hasta de 1,000 mg/m³). El Óxido Nítrico en concentraciones hasta de 800 mg/m³ (0.6 ppm) como promedio de 24 horas no causa interferencia.</p> <p>Los Nitritos orgánicos y Nitratos de Peroxiacilo (PAN), los cuales pueden estar presentes en el aire, podrían causar una interferencia positiva. Sin embargo, por considerarse que estas concentraciones son muy bajas, no se tienen en cuenta.</p> <p>3.3.1.4 Principio</p> <p>La precisión del método en terreno expresado como la desviación estándar es de ± 12 mg/m³ (±0.006 ppm) en un muestreo de 24 horas, para una medida de 81 mg/m³ (0.043 ppm) comparado con un analizador Colorimétrico continuo.</p> <p>La eficiencia de la absorción es del 95 al 99% en los burbujeadores con 50 ml de solución absorbente.</p> <p>3.3.1.5 Procedimiento</p> <p>Muestreo. Se adicionan 50 mililitros de la solución absorbente en el burbujeador.</p> <p>Se conecta el burbujeador al tren de muestreo y se enciende la bomba. Se ajusta la tasa de flujo entre 180 y 220 ml/min.</p> <p>Si la muestra está bien tapada, puede ser almacenada por un periodo de tres (3) semanas antes del análisis, sin pérdidas.</p>		
MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE PARA EL PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA, DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 4 Y EL 14 DE NOVIEMBRE DE 2015.	VERSIÓN: 01	INFORME FINAL P028-GP-OCA-15 Página 18 de 44

 UNIVERSIDAD DE CARTAGENA INSTITUTO DE HIDRÁULICA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL	ALIANZA ESTRATÉGICA   CODEISA LTDA.	
<p>3.3.1.6 Cálculos</p> <p>El volumen de aire muestreado es corregido a 25°C y 760 mm de Hg. La desviación normal de estas condiciones adiciona solamente pequeñas correcciones.</p> <p>La estandarización por la solución de Nitrato requiere el uso de un factor empírico que relaciona los microgramos de NO₂ (gas), con los microgramos lón Nitrito. El factor de conversión en este método es 0.90, esto es el 90% de NO₂ en la muestra de aire es eventualmente convertido a lón Nitrito, el cual reacciona con el color producido por el reactivo azocolorante. Este factor ha sido incorporado en la solución stock de Nitrito.</p> <p>El Cálculo de la Concentración de NO₂ en la muestra de aire (NO₂/m³), se determina de la siguiente manera:</p> $\mu\text{g} / \text{NO}_2 / \text{m}^3 = \frac{\mu\text{gNO}_2 / \text{ml} \times 50}{V \times 10 \times 0.82} \times D$ <p>Donde:</p> <p>μg NO₂/m³ : Concentración de NO₂ en el aire analizado. 50 : Volumen del líquido absorbente usado en el muestreo, en ml. V : Volumen de aire muestreado, en m³. 0.82 : Eficiencia del método de muestreo D : Factor de dilución (D = 1 sin dilución; D = 2 para diluciones 1:1). 10 : Volumen del líquido absorbente analizado, en ml</p> <p>3.3.1.7 Efectos del Almacenamiento</p> <p>Después del muestreo, la solución absorbente puede ser almacenada hasta tres (3) semanas sin pérdidas, si se mantiene tapada en la oscuridad. Sin embargo, después de que se produzca el color por los reactivos adicionados, la muestra debe ser analizada en pocas horas. La absorbancia de la solución coloreada decrece cerca del 4% por día.</p> <p>3.3.2 Óxidos de Azufre</p> <p>3.3.2.1 Principio</p> <p>Este método se basa en la absorción de SO₂ del aire en una solución de tetracloromercurato de potasio (TCM). Se forma un complejo de diclorosulfito de mercurio que resiste la oxidación del oxígeno del aire. El complejo se hace reaccionar con p-rosanilina y formaldehído para formar el ácido metilsulfónico de p-rosanilina de color rojo púrpura intenso, que se determina por medio de un colorímetro o un espectrofotómetro; la intensidad del color producido está relacionada con la concentración de SO₂.</p> <p>El método es esencialmente específico para SO₂, pues no está sujeto a interferencias de otros gases o sólidos ácidos o básicos tales como SO₃, H₂SO₄, NH₃ o CaO; el análisis debe, sin embargo, realizarse una semana después de la recolección de la muestra. Se pueden medir concentraciones de SO₂ desde 25 a 1000 μg/m³; concentraciones menores de 25 μg/m³ se pueden medir muestreando mayores volúmenes de aire.</p> <p>El compuesto una vez formado es estable a los oxidantes fuertes. El líquido es tratado primero con una solución de ácido sulfámico para destruir el anión nitrito formado del nitrógeno presente en el aire ambiente y luego con unas soluciones de formaldehído y p-rosanilina, la cual contiene ácido fosfórico para controlar el pH.</p>		
MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE PARA EL PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA, DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 4 Y EL 14 DE NOVIEMBRE DE 2015.	VERSIÓN: 01	INFORME FINAL P028-GP-OCA-15 Página 19 de 44

 UNIVERSIDAD DE CARTAGENA INSTITUTO DE HIDRÁULICA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL	ALIANZA ESTRATÉGICA   CODEISA LTDA.	
<p>3.3.2.2 Procedimiento de Muestreo</p>		
<p>Este método se usa generalmente para muestreos de 24 horas. Para llenar las necesidades específicas se pueden seleccionar diferentes combinaciones de velocidad y tiempo de muestreo. Los volúmenes de la muestra se deben ajustar, de tal manera que la relación entre la absorbancia y la concentración, permanezca lineal. Todos los dispositivos de medición de flujo de aire y de control se deben calibrar contra un sistema estándar de medición de flujo. Correcciones del volumen de aire a condiciones estándar (760 mm. y 0 °C) pueden ser necesarias si se encuentran temperaturas y presiones extremas. Si la muestra se almacena más de un día antes del análisis, se debe conservar en un refrigerador a 5 °C o menos.</p>		
<p>Muestreo para 24 Horas. Colocar 50 ml. de TCM en un absorbedor grande y recolectar la muestra entre 0.18 y 0.22 l/min, con un tren de muestreo. Proteger de la luz directa del sol durante la recolección y almacenamiento. Determinar el volumen total de aire multiplicando la velocidad de flujo de aire por el tiempo en minutos.</p>		
<p>3.3.2.3 Cálculos</p>		
<p>La concentración de Dióxido de Azufre se calcula según la siguiente ecuación:</p>		
$\mu\text{gSO}_2 / \text{m}^3 = \frac{10^3 (A - A_o) B_s V_b}{V_R V_a} \times D$		
<p>Donde:</p>		
<p>10³ : Conversión de Litros a m³. A : Absorbancia de la muestra. A_o : Absorbancia del Blanco. B_s : Factor de calibración (μgSO₂/ absorbancia). V_R : Volumen de aire muestreado. V_a : Volumen de la solución absorbente analizada (ml). V_b : Volumen total de la solución absorbente (ml). D : Factor de Dilución.</p>		
<p>3.4 NORMAS DE CALIDAD</p>		
<p>Para realizar los cálculos de la norma diaria o anual en condiciones locales, se tuvo en cuenta la siguiente ecuación:</p>		
$NL = CR \times \frac{Pb \text{ Local}}{760} \times \frac{298}{273 + ^\circ C}$		
<p>Donde:</p>		
<p>NL : Norma Local (Promedio Anual o Diaria) CR : Norma en Condiciones de Referencia. Pb Local : Presión barométrica local.</p>		
<p>MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE PARA EL PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA, DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 4 Y EL 14 DE NOVIEMBRE DE 2015.</p>	<p>VERSIÓN: 01</p>	<p>INFORME FINAL P028-GP-OCA-15 Página 20 de 44</p>

 UNIVERSIDAD DE CARTAGENA INSTITUTO DE HIDRAÚLICA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL	ALIANZA ESTRATÉGICA  equibam sas.  CODEISA LTDA.												
<p>°C : Temperatura Promedio ambiente.</p>													
<p>El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, expidió las Resoluciones 601 del 4 de Abril de 2006 "Por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia" y la Resolución 610 de 2010 "Por la cual se modifica la Resolución 601 de 2006".</p>													
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #2c5e8c; color: white;">NORMA EN CONDICIONES DE REFERENCIA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</th> </tr> <tr> <th style="background-color: #2c5e8c; color: white;">DIARIA</th> <th style="background-color: #2c5e8c; color: white;">ANUAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2" style="background-color: #4f81bd; color: white; text-align: center;">DIÓXIDO DE AZUFRE</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">250</td> <td style="text-align: center;">80</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="background-color: #4f81bd; color: white; text-align: center;">ÓXIDOS DE NITRÓGENO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">150</td> <td style="text-align: center;">100</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Fuente: Resolución 610 de 2010 del MAVDT.</p>		NORMA EN CONDICIONES DE REFERENCIA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		DIARIA	ANUAL	DIÓXIDO DE AZUFRE		250	80	ÓXIDOS DE NITRÓGENO		150	100
NORMA EN CONDICIONES DE REFERENCIA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)													
DIARIA	ANUAL												
DIÓXIDO DE AZUFRE													
250	80												
ÓXIDOS DE NITRÓGENO													
150	100												
<p>3.5 VERIFICACIÓN FLUJO DE EQUIPOS TIPO RAC</p>													
<p>En las Tablas 3-1 y 3-2 se presentan los cálculos de las verificaciones de los flujos del tren de Gases realizados en campo durante los días 4 y 5 de noviembre de 2015.</p>													
MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE PARA EL PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA, DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 4 Y EL 14 DE NOVIEMBRE DE 2015.	VERSIÓN: 01	INFORME FINAL P028-GP-OCA-15 Página 21 de 44											

UNIVERSIDAD DE CARTAGENA INSTITUTO DE HIDRÁULICA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL				ALIANZA ESTRATÉGICA equibam sas. CODEISA LTDA.					
TABLA 3-1. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN DEL RAC EN CAMPO. SITIO 1 – SECTOR CABALLOS									
SITIO	1. SECTOR CEBALLOS			Temperatura Standard	298,00		Tstd		
EMPRESA	UNIVERSIDAD DE CARTAGENA			Temperatura Media del Sitio	302,00		Ta		
FECHA:	05/11/2015						mmHg		
RESPONSABLE:	HUMBERTO OTÁLORA F			Presión Atmosférica Standard	760,00		Pstd		
	DANIEL SAAVEDRA O.			Presión Atmosférica Media	759,28		Pa		
ÓXIDOS DE AZUFRE									
ENSAYO	FLUJO			TIEMPO			CAUDAL		
	INICIAL (ml)	FINAL (ml)	NETO (ml)	INICIAL (seg)	FINAL (seg)	NETO (seg)	(ml/seg)	(ml/min)	
1	0	190	190	0	60	60	3,17	190	
2	0	190	190	0	60	60	3,17	190	
3	0	190	190	0	60	60	3,17	190	
ÓXIDOS DE NITRÓGENO									
ENSAYO	FLUJO			TIEMPO			CAUDAL		
	INICIAL (ml)	FINAL (ml)	NETO (ml)	INICIAL (seg)	FINAL (seg)	NETO (seg)	(ml/seg)	(ml/min)	
1	0	200	200	0	60	60	3,33	200	
2	0	200	200	0	60	60	3,33	200	
3	0	200	200	0	60	60	3,33	200	
$Caudal(ml / seg) = \frac{Volumen\ Final - Volumen\ Inicial}{Tiempo\ Final - Tiempo\ Inicial}$				RANGO ADMISIBLE: 180 - 220 ml/min					
MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE PARA EL PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA, DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 4 Y EL 14 DE NOVIEMBRE DE 2015.				VERSIÓN: 01			INFORME FINAL P028-GP-OCA-15 Página 22 de 44		

 UNIVERSIDAD DE CARTAGENA INSTITUTO DE HIDRÁULICA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL				ALIANZA ESTRATÉGICA   CODEISA LTDA.				
TABLA 3-2. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN DEL RAC EN CAMPO. SITIO 2 – SECTOR MARÍA AUXILIADORA								
SITIO	2. SECTOR MARÍA AUXILIADORA			Temperatura Standard	298,00		Tstd	
EMPRESA	UNIVERSIDAD DE CARTAGENA			Temperatura Media del Sitio	303,00		Ta	
FECHA:	05/11/2015						mmHg	
RESPONSABLE:	HUMBERTO OTÁLORA F.			Presión Atmosférica Standard	760,00		Pstd	
	DANIEL SAAVEDRA O.			Presión Atmosférica Media	759,58		Pa	
ÓXIDOS DE AZUFRE								
ENSAYO	FLUJO			TIEMPO			CAUDAL	
	INICIAL (ml)	FINAL (ml)	NETO (ml)	INICIAL (seg)	FINAL (seg)	NETO (seg)	(ml/seg)	(ml/min)
1	0	195	195	0	60	60	3,25	195
2	0	195	195	0	60	60	3,25	195
3	0	195	195	0	60	60	3,25	195
ÓXIDOS DE NITRÓGENO								
ENSAYO	FLUJO			TIEMPO			CAUDAL	
	INICIAL (ml)	FINAL (ml)	NETO (ml)	INICIAL (seg)	FINAL (seg)	NETO (seg)	(ml/seg)	(ml/min)
1	0	200	200	0	60	60	3,33	200
2	0	200	200	0	60	60	3,33	200
3	0	200	200	0	60	60	3,33	200
$\text{Caudal}(\text{ml} / \text{seg}) = \frac{\text{Volumen Final} - \text{Volumen Inicial}}{\text{Tiempo Final} - \text{Tiempo Inicial}}$				RANGO ADMISIBLE: 180 - 220 ml/min				
3.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS A CONDICIONES DE REFERENCIA								
3.6.1 Óxidos de Nitrógeno								
En las Tablas 3-3 y 3-4 se presentan los cálculos y los resultados obtenidos del monitoreo de óxidos de nitrógeno, los cuales no representan un peligro para la salud humana. Es de anotar, que la masa interpolada reportada en el Informe Laboratorio No. 000385 del Anexo 2, los análisis del Sitio 1 (Sector Ceballos) dieron por debajo del límite de cuantificación ó mínimo valor cuantificable (0,1 µg/L). Sin embargo, los cálculos se realizaron teniendo en cuenta este valor, pero no es aconsejable hacer el comparativo con norma, debido a que se obtendría una incertidumbre bastante alta, ya que no se conoce el valor real obtenido en dichas muestras.								
En el Sitio 2, la mayor concentración se presentó entre los días 11 y 12 de noviembre de 2015 con un valor de 1,06 µg/m ³ , el cual se encuentra por debajo del límite máximo permitido en la norma (150 µg/m ³) en un 98,61%.								
MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE PARA EL PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA, DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 4 Y EL 14 DE NOVIEMBRE DE 2015.				VERSIÓN: 01			INFORME FINAL P028-GP-OCA-15 Página 23 de 44	

TABLA 3-3. RESULTADOS DEL MONITOREO DE OXIDOS DE NITROGENO. SITIO 1 - SECTOR CEBALLOS

PERIODO:		AÑO: 2015		MES: 11		DÍA: 5		Pb = 759,28							
AÑO: 2015		MES: 11		DÍA: 15											
MUESTRA No.	INICIAL		FINAL		TIEMPO DE MUESTREO min	TEMPERATURA MEDIA °C	HUMEDAD RELATIVA MEDIA (%)	CAUDAL PROMEDIO (L/min)	CAUDAL O ₂ (L/min)	VOLUMEN m ³	REACTIVO		RESULTADO LABORATORIO µg/mL	NO _x µg/m ³	
	FECHA d/m/a	HORA h:m	FECHA d/m/a	HORA h:m							MUESTREADO ml	ANALIZADO ml			
M-1	05/11/15	8:00	06/11/15	7:50	1.430	29,8	76	0.200	0.203	0.290	50	10	<0,1	<0,345	
M-2	06/11/15	8:00	07/11/15	7:50	1.430	28,4	78	0.201	0.204	0.292	50	10	<0,1	<0,343	
M-3	07/11/15	8:00	08/11/15	7:50	1.430	29,3	83	0.199	0.202	0.289	50	10	<0,1	<0,347	
M-4	08/11/15	8:00	09/11/15	7:50	1.430	30,4	82	0.200	0.203	0.290	50	10	<0,1	<0,345	
M-5	09/11/15	8:00	10/11/15	7:50	1.430	30,8	79	0.200	0.203	0.290	50	10	<0,1	<0,345	
M-6	10/11/15	8:00	11/11/15	7:50	1.430	29,7	81	0.199	0.202	0.289	50	10	<0,1	<0,347	
M-7	11/11/15	8:00	12/11/15	7:50	1.430	27,9	85	0.201	0.204	0.292	50	10	<0,1	<0,343	
M-8	12/11/15	8:00	13/11/15	7:50	1.430	29,6	82	0.199	0.202	0.289	50	10	<0,1	<0,347	
M-9	13/11/15	8:00	14/11/15	7:50	1.430	30,7	78	0.200	0.203	0.290	50	10	<0,1	<0,345	
M-10	14/11/15	8:00	15/11/15	7:50	1.430	31,0	79	0.200	0.203	0.290	50	10	<0,1	<0,345	

INDICADORES	PERIODO	05-nov-15		15-nov-15		DÍAS EXCEDIDA NORMA DIARIA	
	DESCRIPCIÓN	CONCENTRACIÓN		NORMA LOCAL DIARIA			PORCENTAJE %
	UNIDAD						
	MEDIA ARITMÉTICA	<0.307		N.A.			
	MAXIMO DIARIO	<0.309		150			-
MINIMO DIARIO	<0.305		150		-		

TABLA 3-4. RESULTADOS DEL MONITOREO DE OXIDOS DE NITROGENO. SITIO 2 - SECTOR MARIA AUXILIADORA

PERIODO:		AÑO: 2015		MES: 11		DÍA: 5		Pb = 759,58							
AÑO: 2015		MES: 11		DÍA: 15											
MUESTRA No.	INICIAL		FINAL		TIEMPO DE MUESTREO min	TEMPERATURA MEDIA °C	HUMEDAD RELATIVA MEDIA (%)	CAUDAL PROMEDIO (L/min)	CAUDAL O ₂ (L/min)	VOLUMEN m ³	REACTIVO		RESULTADO LABORATORIO µg/mL	NO _x µg/m ³	
	FECHA d/m/a	HORA h:m	FECHA d/m/a	HORA h:m							MUESTREADO ml	ANALIZADO ml			
M-1	05/11/15	9:15	06/11/15	9:05	1.430	14,9	70	0.200	0.203	0.291	50	10	0.215	0,74	
M-2	06/11/15	9:15	07/11/15	9:05	1.430	15,3	67	0.198	0.201	0.288	50	10	0.215	0,75	
M-3	07/11/15	9:15	08/11/15	9:05	1.430	14,9	71	0.199	0.202	0.290	50	10	0.224	0,77	
M-4	08/11/15	9:15	09/11/15	9:05	1.430	14,3	71	0.200	0.203	0.291	50	10	0.202	0,69	
M-5	09/11/15	9:15	10/11/15	9:05	1.430	13,6	74	0.200	0.203	0.291	50	10	0.204	0,70	
M-6	10/11/15	9:15	11/11/15	9:05	1.430	13,0	78	0.200	0.203	0.291	50	10	0.213	0,73	
M-7	11/11/15	9:15	12/11/15	9:05	1.430	13,3	77	0.198	0.201	0.288	50	10	0.242	0,84	
M-8	12/11/15	9:15	13/11/15	9:05	1.430	14,4	74	0.197	0.200	0.287	50	10	0.208	0,73	
M-9	13/11/15	9:15	14/11/15	9:05	1.430	14,8	69	0.200	0.203	0.291	50	10	0.308	1,06	
M-10	14/11/15	9:15	15/11/15	9:05	1.430	14,8	69	0.201	0.204	0.292	50	10	0.213	0,73	

INDICADORES	PERIODO	05-nov-15		15-nov-15		DÍAS EXCEDIDA NORMA DIARIA	
	DESCRIPCIÓN	CONCENTRACIÓN		NORMA LOCAL DIARIA			PORCENTAJE %
	UNIDAD						
	MEDIA ARITMÉTICA	0.77		N.A.			
	MAXIMO DIARIO	1.06		150			-
MINIMO DIARIO	0.69		150		-		

3.6.2 Dióxido de Azufre

Las concentraciones obtenidas de este contaminante son relativamente bajas y no representan ningún peligro para la salud humana como se puede apreciar en las Tablas 3-5 y 3-6, cuyos valores en el Sitio 1 dieron por debajo del límite de cuantificación (Ver Anexo 2 – Resultados del laboratorio). Es de aclarar, que no se debe tener en cuenta el límite de cuantificación como una concentración obtenida de la muestra, debido a que se obtendría una incertidumbre bastante alta, ya que no se conoce el valor real obtenido en dicha muestra.

Para el sitio 2, la concentración más elevada se presentó durante los días 11 y 12 de noviembre de 2015 con un valor de 3,48 µg/m³, que al compararlo con la norma (250 µg/m³) se encuentra por debajo de ésta en un 98,61%.

TABLA 3-4. RESULTADOS DEL MONITOREO DE DIÓXIDO DE AZUFRE. SITIO 1 – SECTOR CEBALLOS

PERIODO: AÑO: 2015 MES: 11 DÍA: 5														
AÑO: 2015 MES: 11 DÍA: 15														
MUESTRA No.	INICIAL		FINAL		TIEMPO DE MUESTREO min	TEMPERATURA MEDIA °C	HUMEDAD RELATIVA MEDIA (%)	CAUSAL PROMEDIO (L/min)	CAUSAL C ₂ (L/min)	VOLUMEN m ³	REACTIVO		RESULTADO LABORATORIO µg	SO ₂ µg/m ³
	FECHA dd/mm/aa	HORA h:mm	FECHA dd/mm/aa	HORA h:mm							MUESTREADO ml	ANALIZADO ml		
M-1	05/11/15	8:00	06/11/15	7:50	1.430	29,8	76	0.191	0.193	0.276	50	10	<0.7	<2.533
M-2	06/11/15	8:00	07/11/15	7:50	1.430	28,4	78	0.190	0.193	0.276	50	10	<0.7	<2.540
M-3	07/11/15	8:00	08/11/15	7:50	1.430	29,3	83	0.190	0.193	0.276	50	10	<0.7	<2.540
M-4	08/11/15	8:00	09/11/15	7:50	1.430	30,4	82	0.191	0.194	0.277	50	10	<0.7	<2.527
M-5	09/11/15	8:00	10/11/15	7:50	1.430	30,8	79	0.190	0.193	0.276	50	10	<0.7	<2.540
M-6	10/11/15	8:00	11/11/15	7:50	1.430	29,7	81	0.191	0.193	0.276	50	10	<0.7	<2.533
M-7	11/11/15	8:00	12/11/15	7:50	1.430	27,9	85	0.190	0.193	0.276	50	10	<0.7	<2.540
M-8	12/11/15	8:00	13/11/15	7:50	1.430	29,6	82	0.191	0.194	0.277	50	10	<0.7	<2.527
M-9	13/11/15	8:00	14/11/15	7:50	1.430	30,7	78	0.190	0.193	0.276	50	10	<0.7	<2.540
M-10	14/11/15	8:00	15/11/15	7:50	1.430	31,0	79	0.191	0.193	0.276	50	10	<0.7	<2.533

TABLA 3-5. RESULTADOS DEL MONITOREO DE DIÓXIDO DE AZUFRE. SITIO 2 – SECTOR MARÍA AUXILIADORA

PERIODO: AÑO: 2015 MES: 11 DÍA: 5														
AÑO: 2015 MES: 11 DÍA: 15														
MUESTRA No.	INICIAL		FINAL		TIEMPO DE MUESTREO min	TEMPERATURA MEDIA °C	HUMEDAD RELATIVA MEDIA (%)	CAUSAL PROMEDIO (L/min)	CAUSAL C ₂ (L/min)	VOLUMEN m ³	REACTIVO		RESULTADO LABORATORIO µg	SO ₂ µg/m ³
	FECHA dd/mm/aa	HORA h:mm	FECHA dd/mm/aa	HORA h:mm							MUESTREADO ml	ANALIZADO ml		
M-1	09/11/15	9:15	09/11/15	9:05	1.430	14,9	70	0.195	0.198	0.284	50	10	0.860	3.03
M-2	09/11/15	9:15	07/11/15	9:05	1.430	15,3	67	0.196	0.199	0.285	50	10	0.760	2.67
M-3	07/11/15	9:15	08/11/15	9:05	1.430	14,9	71	0.198	0.201	0.288	50	10	0.927	3.22
M-4	09/11/15	9:15	09/11/15	9:05	1.430	14,3	71	0.195	0.198	0.284	50	10	0.893	3.15
M-5	09/11/15	9:15	10/11/15	9:05	1.430	13,6	74	0.195	0.198	0.284	50	10	0.860	3.03
M-6	10/11/15	9:15	11/11/15	9:05	1.430	13,0	78	0.196	0.199	0.285	50	10	0.960	3.37
M-7	11/11/15	9:15	12/11/15	9:05	1.430	13,3	77	0.196	0.199	0.285	50	10	0.993	3.48
M-8	12/11/15	9:15	13/11/15	9:05	1.430	14,4	74	0.195	0.198	0.284	50	10	0.827	2.92
M-9	13/11/15	9:15	14/11/15	9:05	1.430	14,8	69	0.195	0.198	0.284	50	10	0.960	3.38
M-10	14/11/15	9:15	15/11/15	9:05	1.430	14,8	69	0.195	0.198	0.284	50	10	0.960	3.38

3.7 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL MONITOREO CON LA NORMA DE CALIDAD DIARIA

En este numeral se presenta el comparativo de los resultados de las concentraciones tanto con la norma de calidad de aire diaria (Resolución 619 de 2010) como con la precipitación de la zona. Es de anotar, que las concentraciones encontradas durante el periodo monitoreado se hallan directamente relacionadas con los niveles de la precipitación (Ver Figuras 3-1 y 3-2). Solamente se grafican los valores obtenidos en el Sitio 2



(Sector María Auxiliadora), por cuanto en el Sitio 1 (Sector Ceballos), las concentraciones dieron por debajo del límite de cuantificación.

COMPARATIVO DE RESULTADOS DE SO₂ CON NORMA Y PRECIPITACIÓN



Figura 3-1. Resultados del Monitoreo de SO₂ comparados con la norma diaria

COMPARATIVO DE RESULTADOS DE NO_x CON NORMA Y PRECIPITACIÓN



Figura 3-2. Resultados del Monitoreo de PTS comparados con la norma diaria



DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE
MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL
DISTRITO DE CARTAGENA

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO
No. 0133-2015

Revisión: 1

Fecha: Diciembre 2015



UNIVERSIDAD
DE
CARTAGENA

INSTITUTO DE HIDRÁULICA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL



equibsm sas



CODEISA LTDA.

ALIANZA ESTRATÉGICA

3.8 ANÁLISIS DE DATOS ATÍPICOS

Durante el periodo de monitoreo no se encontró ningún dato atípico.

3.9 PARTICULARIDADES DEL PERIODO

No se evidenció ninguna particularidad durante el periodo de monitoreo.

MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE PARA EL PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA, DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 4 Y EL 14 DE NOVIEMBRE DE 2015.

VERSIÓN: 01

INFORME FINAL
P028-GP-OCA-15
Página 27 de 44



4 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE LOS RESULTADOS DEL MUESTREO

En los laboratorios CIAN LTDA y CODEISA LTDA., el control para el aseguramiento de la calidad de los resultados se hace en todas las etapas de los procesos de realización y se empieza desde la etapa de mantenimiento de los equipos; a continuación se describen las actividades realizadas para dicho control:

4.1 GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

Se llevó a cabo un mantenimiento tanto preventivo como correctivo de los equipos utilizados para la realización del Muestreo de Calidad de Aire.

4.2 OPERACIONES DE MONITOREO

4.2.1 Validación de metodologías analíticas

Se dio aplicación a los métodos establecidos en el Protocolo de Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire del MAVDT para las operaciones de monitoreo y la toma de muestras, de acuerdo a los métodos de la EPA. Una vez instalados los equipos se llevó a cabo la calibración de los equipos, se verificó además que no presentara fugas en su sistema.

4.2.2 Manejo, transporte y preservación de muestras

4.2.3 Manejo y custodia de las muestras

La preservación de los reactivos y de las muestras durante la recolección, almacenamiento y transporte, es responsabilidad del Coordinador de calidad, el ingeniero y técnico de campo. Para un buen manejo tanto de los reactivos como de las muestras tomadas en campo se transportan en una nevera icopor, al cual se le incorpora hielo y/o gel congelado para que se mantengan bien refrigeradas y se transportan en frascos de vidrio color ámbar de 60 mL.

 UNIVERSIDAD DE CARTAGENA INSTITUTO DE HIDRÁULICA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL	ALIANZA ESTRATÉGICA  equibam sas  CODEISA LTDA.	
		
<p>Una vez recolectadas las diez (10) muestras de cada sitio y cada contaminante se llevaron al laboratorio de CIAN LTDA, para su posterior análisis, en la cual aparece reportada la fecha de toma de las muestras, la identificación del proyecto, la cantidad de contaminante muestreado y recolectado, condiciones de entrega en el laboratorio y fecha de recibo por parte del Laboratorio.</p>		
<p>4.3 LABORATORIO ENCARGADO DEL PESAJE DE LOS FILTROS</p>		
<p>Es de anotar, que CIAN LTDA se encuentra actualmente acreditada para el análisis de las muestras de óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre. Además se llevaron a cabo los lineamientos de los procedimientos del protocolo y los métodos respectivos.</p>		
<p>4.4 PRODUCCIÓN DE INFORME</p>		
<p>4.4.1 Revisión de la información</p>		
<p>La revisión de la información consignada en campo y laboratorio, fueron realizadas por el Director de Proyectos y Gerente de CODEISA LTDA, con el propósito de detectar anomalías y problemas en los datos; además se revisó que los datos provenientes de las hojas de campo se transcribieran exactamente al informe y verificaron los resultados de los análisis del Laboratorio.</p>		
<p>4.4.2 Emisión de informes de ensayo</p>		
<p>Como constancia de lo verificado el informe es firmado por los encargados de la elaboración y aprobación. En el evento de presentarse correcciones, se envía la nueva copia con la identificación de la nueva versión.</p>		
<p>4.5 GESTION HUMANA</p>		
<p>El personal que labora en campo, se encuentra debidamente capacitado y entrenado para la toma de las muestras, aplicación de los procedimientos para su manejo, preservación y transporte, manejo de equipos, calibraciones y nociones generales de mantenimiento.</p>		
<p>MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE PARA EL PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA, DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 4 Y EL 14 DE NOVIEMBRE DE 2015.</p>	<p>VERSIÓN: 01</p>	<p>INFORME FINAL P028-GP-OCA-15 Página 29 de 44</p>



DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE
MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL
DISTRITO DE CARTAGENA

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO
No. 0133-2015

Revisión: 1

Fecha: Diciembre 2015



UNIVERSIDAD
DE
CARTAGENA

INSTITUTO DE HIDRÁULICA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL



equibam sas



CODEISA LTDA.

ALIANZA ESTRATÉGICA

5 CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos del Monitoreo de Calidad del Aire realizado, cumple con los límites máximos permitidos para los parámetros de óxidos de nitrógeno (NOx) y dióxido de azufre (SO₂) establecidos en la norma diaria (Resoluciones 601 de 2006, 610 de 2010 y 2154 de 2010 del MAVDT). El 100% del tiempo en el cual se realizó el monitoreo predominó el tiempo seco.

Los parámetros de dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno, cumplen ampliamente con el requerimiento establecido en la norma, por cuanto la mayoría de las concentraciones obtenidas dieron por debajo del límite de cuantificación como se puede apreciar en los análisis reportados por el laboratorio de CIAN LTDA del Anexo 2.

Se recomienda continuar realizando monitoreos periódicos debido a que la vía del sector Ceballos es impactada por un alto flujo de camiones vía a Mamonal y puertos.

En el sector de María auxiliadora realizar monitoreos continuos debido a que es una vía impactada por automotores de transporte urbano.

MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE PARA EL PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA, DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 4 Y EL 14 DE NOVIEMBRE DE 2015.

VERSIÓN: 01

INFORME FINAL
P028-GP-OCA-15
Página 30 de 44



DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015

Revisión: 1

Fecha: Diciembre 2015



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

INSTITUTO DE HIDRÁULICA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL



equibam sas



CODEISA LTDA.

ALIANZA ESTRATÉGICA

BIBLIOGRAFÍA

- CANTER Larry W, Manual de Evaluación de Impacto Ambiental – Mc Graw Hill Segunda edición - 1997.
- DE NEVERS, Noel. Ingeniería de Control de la Contaminación del Aire -. Mc Graw Hill.
- FUNDACIÓN MAPFRE ISSTEMAP AMBIENTAL. Manual de Contaminación Ambiental. 1994.
- KIELY, Gerad. Ingeniería Ambiental. Mc Graw Hill. 1999.
- LEE HARRISON Domínguez y MUÑOZ RODRIGUEZ Ignacio, Manual de Auditoria Medio Ambiental. Mc Graw Hill 1994
- MAPFRE ISTEMAP Ambiental Manual de Contaminación Ambiental Fundación 1994.
- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decretos 02 de 1982, 948 de 1995 y Resoluciones 8321 de 1983, 627 de 2006 y 601 de 2006.
- ORTEGA DOMÍNGUEZ Ramón e RODRÍGUEZ MUÑOZ Ignacio, Manual de Gestión del Medio Ambiente Fundación Mapfre por 1994.

MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE PARA EL PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA, DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 4 Y EL 14 DE NOVIEMBRE DE 2015.

VERSIÓN: 01

INFORME FINAL
P028-GP-OCA-15
Página 31 de 44



DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE
MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL
DISTRITO DE CARTAGENA

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO
No. 0133-2015

Revisión: 1

Fecha: Diciembre 2015



UNIVERSIDAD
DE
CARTAGENA

INSTITUTO DE HIDRÁULICA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL



equisam sas



ALIANZA ESTRATÉGICA
CODEISA LTDA.

ANEXO 1 REPORTE ANÁLISIS DE LABORATORIO

MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE PARA EL PROYECTO DISEÑO DEL
SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL
DISTRITO DE CARTAGENA, DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE
EL 4 Y EL 14 DE NOVIEMBRE DE 2015.

VERSIÓN: 01

INFORME FINAL
P028-GP-OCA-15
Página 32 de 44



DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE
MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL
DISTRITO DE CARTAGENA

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO
No. 0133-2015

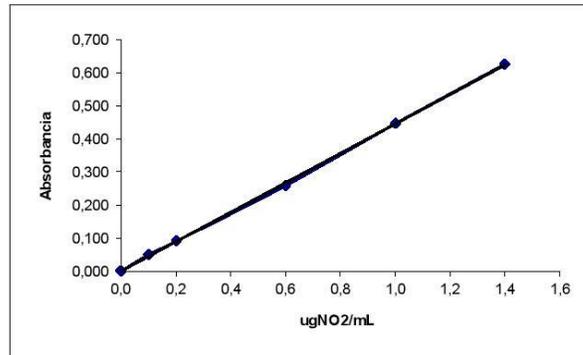
Revisión: 1

Fecha: Diciembre 2015

ANEXO DE LABORATORIO	Informe No. 000968
CURVA OXIDOS DE NITROGENO CALIDAD DE AIRE	Página 1 de 1

FECHA DE REPORTE: 2015/04/15
 EMPRESA: CODEISA LTDA
 ATENCION: CODEISA LTDA
 DIRECCION: TV 71 B No 9 A-32
 TELEFONO: 4190731
 MUESTRA No: 14725-14744
 PROYECTO: VIAS CARTAGENA

$\mu\text{gNO}_2/\text{mL}$	Absorbancia 540 nm	CURVA DE CALIBRACION	
0,0	0,000		
0,1	0,050		
0,2	0,090		
0,6	0,258	Coefficiente	0,9996
1,0	0,445	intercepto	0,0005
1,4	0,625	pendiente	0,4440



Observaciones: Metodo 408 APHA Methods of Air Sampling and Analysis

DILA MARCELA MONOGA - PQI 0028
DIRECTOR TECNICO Y DE LABORATORIO

Muestreo realizado por El cliente

Resultados válidos únicamente para las muestras analizadas

Prohibida la reproducción de este informe, sin aprobación de Cian Ltda.

LA-F-02 Rev. 4 10/10/2013



DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE
MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL
DISTRITO DE CARTAGENA

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO
No. 0133-2015

Revisión: 1

Fecha: Diciembre 2015

RESULTADOS DE LABORATORIO	Informe No. 000968
	Página 1 de 2

FECHA DE REPORTE: 2015/11/27

EMPRESA: CODEISA LTDA

FECHA DE RECEPCION: 2015/11/20

FECHA DE ANALISIS: 2015/11/20 AL 2015/11/27

ATENCION: CODEISA LTDA

ORDEN DE SERVICIO

DIRECCION: Cll. 23 No 68 - 59 Int. 4 Ofc 102

TELEFONOS: 2951300 2951300

CLASE DE MUESTRA: C. Aire Ambiental

TIPO DE MUESTRA: Registro continuo

DEPARTAMENTO: Bolívar

MUNICIPIO: Cartagena

PROYECTO: VIAS CARTAGENA

CALIDAD DE AIRE NO2							
No. Muestra CIAN LTDA	Numero Muestra Cliente	Identificación	Fecha de Toma aa/mm/dd	Absorbancia muestra a 540nm	Masa Interpolada ug/mL	Volumen de muestra (mL)	Volumen de alicuota (mL)
14725	M1-	SECTOR CEBALLOS	2015/11/05	0,011	<0,1	50	10
14726	M2-	SECTOR CEBALLOS	2015/11/06	0,007	<0,1	50	10
14727	M3-	SECTOR CEBALLOS	2015/11/07	0,017	<0,1	50	10
14728	M4-	SECTOR CEBALLOS	2015/11/08	0,012	<0,1	50	10
14729	M5-	SECTOR CEBALLOS	2015/11/09	0,013	<0,1	50	10
14730	M6-	SECTOR CEBALLOS	2015/11/10	0,013	<0,1	50	10
14731	M7-	SECTOR CEBALLOS	2015/11/11	0,015	<0,1	50	10
14732	M8-	SECTOR CEBALLOS	2015/11/12	0,013	<0,1	50	10
14733	M9-	SECTOR CEBALLOS	2015/11/13	0,006	<0,1	50	10
14734	M10-	SECTOR CEBALLOS	2015/11/14	0,012	<0,1	50	10
14735	M1-	SECTOR MARIA AUXILIADORA	2015/11/05	0,096	0,215	50	10
14736	M2-	SECTOR MARIA AUXILIADORA	2015/11/06	0,096	0,215	50	10
14737	M3-	SECTOR MARIA AUXILIADORA	2015/11/07	0,100	0,224	50	10
14738	M4-	SECTOR MARIA AUXILIADORA	2015/11/08	0,090	0,202	50	10
14739	M5-	SECTOR MARIA AUXILIADORA	2015/11/09	0,091	0,204	50	10
14740	M6-	SECTOR MARIA AUXILIADORA	2015/11/10	0,095	0,213	50	10
14741	M7-	SECTOR MARIA AUXILIADORA	2015/11/11	0,108	0,242	50	10
14742	M8-	SECTOR MARIA AUXILIADORA	2015/11/12	0,093	0,208	50	10
14743	M9-	SECTOR MARIA AUXILIADORA	2015/11/13	0,137	0,308	50	10

Observaciones: Ver anexo Curva de Calibración. Límite de cuantificación del método determinado en la validación de CIAN LTDA : 0,1 ug/ mL.
Longitud de Onda : 540 nm. Método: 408 APHA. Volumen de alicuota analizada para cada una de las muestras: 10mL.
La concentración interpolada es dada por la curva de calibración
Límite de cuantificación del método : o mínimo valor cuantificable define la capacidad de un método para cuantificar adecuadamente un analito. Los cálculos de este informe se realizaron en excel.

MARCELA MONOGA - PQ1 0028
DIRECTOR TÉCNICO Y DE LABORATORIO

Muestreo realizado por EL CLIENTE
Resultados válidos únicamente para las muestras analizadas.
Prohibida la reproducción de este informe, sin aprobación de Cian Ltda.

LA-F-02 Rev.4 10/10/2013



DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE
MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL
DISTRITO DE CARTAGENA

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO
No. 0133-2015

Revisión: 1

Fecha: Diciembre 2015

RESULTADOS DE LABORATORIO	Informe No. 000968
	Página 2 de 2

FECHA DE REPORTE: 2015/11/27

EMPRESA: CODEISA LTDA

FECHA DE RECEPCION: 2015/11/20

FECHA DE ANALISIS: 2015/11/20 AL 2015/11/27

ATENCION: CODEISA LTDA

ORDEN DE SERVICIO

DIRECCION: Cll. 23 No 68 - 59 Int. 4 Ofc 102

TELEFONOS: 2951300 2951300

CLASE DE MUESTRA: C. Aire Ambiental

TIPO DE MUESTRA: Registro continuo

DEPARTAMENTO: Bolívar

MUNICIPIO: Cartagena

PROYECTO: VIAS CARTAGENA

CALIDAD DE AIRE NO2							
No. Muestra CIAN LTDA	Numero Muestra Cliente	Identificación	Fecha de Toma aa/mm/dd	Absorbancia muestra a	Masa Interpolada	Volumen de muestra (mL)	Volumen de alicuota (mL)
14744	M10-	SECTOR MARIA AUXILIADORA	2015/11/14	0,095	0,213	50	10

Fin de Informe

Observaciones: Ver anexo Curva de Calibración. Límite de cuantificación del método determinado en la validación de CIAN LTDA : 0,1 ug/ mL.
Longitud de Onda : 540 nm. Método: 408 APHA. Volumen de alicuota analizada para cada una de las muestras: 10mL.
La concentración interpolada es dada por la curva de calibración
Límite de cuantificación del método : o mínimo valor cuantificable define la capacidad de un método para cuantificar adecuadamente un analito. Los cálculos de este informe se realizaron en excel.

MARCELA MONOGA - PQ1 0028
DIRECTOR TÉCNICO Y DE LABORATORIO

Muestreo realizado por EL CLIENTE
Resultados válidos únicamente para las muestras analizadas.
Prohibida la reproducción de este informe, sin aprobación de Cian Ltda.

LA-F-02 Rev.4 10/10/2013



DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE
MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL
DISTRITO DE CARTAGENA

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO
No. 0133-2015

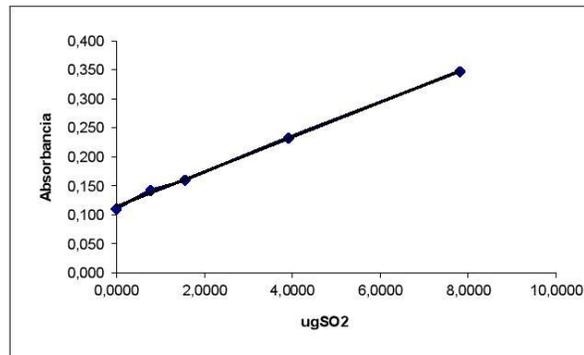
Revisión: 1

Fecha: Diciembre 2015

ANEXO DE LABORATORIO	Informe No. 000968
CURVA OXIDOS DE AZUFRE-CALIDAD DE AIRE	Página 1 de 1

FECHA DE REPORTE: 2015/11/27
 EMPRESA: CODEISA LTDA
 ATENCION: CODEISA LTDA
 DIRECCION: TV 71 B No 9 A-32
 TELEFONO: 4190731
 MUESTRA No: 14705-14724
 PROYECTO: VIAS CARTAGENA

μgSO_2	Absorbancia 548nm	CURVA DE CALIBRACION	
0,0000	0,110		
0,7806	0,142	Coefficiente	0,9988
1,5612	0,160	intercepto	0,1142
3,9030	0,233	pendiente	0,0300
7,8060	0,347	Factor de Calibracion(Bs) : 33,333	



Observaciones: Absorbancia Blanco : 0,110

DILA MARCELA MONOGA - PQI 0028
DIRECTOR TECNICO Y DE LABORATORIO

Muestreo realizado por El cliente
Resultados válidos únicamente para las muestras analizadas
Prohibida la reproducción de este informe, sin aprobación de Cian Ltda.

LA-F-02 Rev. 4 /0/10/2013



DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE
MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL
DISTRITO DE CARTAGENA

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO
No. 0133-2015

Revisión: 1

Fecha: Diciembre 2015

RESULTADOS DE LABORATORIO	Informe No. 000968
	Página 1 de 2

FECHA DE REPORTE: 2015/11/27

EMPRESA: CODEISA LTDA

FECHA DE RECEPCION: 2015/11/20

FECHA DE ANALISIS: 2015/11/20 AL 2015/11/27

ATENCION: CODEISA LTDA

DIRECCION: Cll. 23 No 68 - 59 Int. 4 Ofc 102

CLASE DE MUESTRA: C. Aire Ambiental

DEPARTAMENTO: Bolívar

PROYECTO: VIAS CARTAGENA

ORDEN DE SERVICIO

TELEFONOS: 2951300 2951300

TIPO DE MUESTRA: Registro continuo

MUNICIPIO: Cartagena

CALIDAD DE AIRE SO2							
No. Muestra CIAN LTDA	Numero Muestra Cliente	Identificación	Fecha de Toma aa/mm/dd	Absorbancia muestra a 548nm	Masa Interpolada (ugSO2)	Volumen de muestra (mL)	Volumen de alícuota (mL)
14705	M1-	SECTOR CEBALLOS	2015/11/05	0,117	<0,7	50	10
14706	M2-	SECTOR CEBALLOS	2015/11/06	0,115	<0,7	50	10
14707	M3-	SECTOR CEBALLOS	2015/11/07	0,112	<0,7	50	10
14708	M4-	SECTOR CEBALLOS	2015/11/08	0,112	<0,7	50	10
14709	M5-	SECTOR CEBALLOS	2015/11/09	0,113	<0,7	50	10
14710	M6-	SECTOR CEBALLOS	2015/11/10	0,119	<0,7	50	10
14711	M7-	SECTOR CEBALLOS	2015/11/11	0,120	<0,7	50	10
14712	M8-	SECTOR CEBALLOS	2015/11/12	0,121	<0,7	50	10
14713	M9-	SECTOR CEBALLOS	2015/11/13	0,114	<0,7	50	10
14714	M10-	SECTOR CEBALLOS	2015/11/14	0,115	<0,7	50	10
14715	M1-	SECTOR MARIA AUXILIADORA	2015/11/05	0.140	0.860	50	10
14716	M2-	SECTOR MARIA AUXILIADORA	2015/11/06	0.137	0.760	50	10
14717	M3-	SECTOR MARIA AUXILIADORA	2015/11/07	0.142	0.927	50	10
14718	M4-	SECTOR MARIA AUXILIADORA	2015/11/08	0.138	0.793	50	10
14719	M5-	SECTOR MARIA AUXILIADORA	2015/11/09	0.141	0.893	50	10
14720	M6-	SECTOR MARIA AUXILIADORA	2015/11/10	0.140	0.860	50	10
14721	M7-	SECTOR MARIA AUXILIADORA	2015/11/11	0.143	0.960	50	10
14722	M8-	SECTOR MARIA AUXILIADORA	2015/11/12	0.144	0.993	50	10
14723	M9-	SECTOR MARIA AUXILIADORA	2015/11/13	0.139	0.827	50	10

Observaciones Ver anexo Curva de Calibración. Limite de cuantificación del metodo determinado en la validación de CIAN LTDA : 0,7 ug.
Longitud de Onda: 548 nm. Metodo: Pararosanilina/TCM.(Va) Volumen de alícuota analizada para cada una de las muestras a partir de Vb: 10mL.
La masa interpolada es dada por la curva de calibración.
Limite de cuantificación del metodo : o minimo valor cuantificable define la capacidad de un metodo para cuantificar adecuadamente un analito. Los calculos de este informe se realizaron en excel.

MARCELA MONOGA - PQI 0028
DIRECTOR TÉCNICO Y DE LABORATORIO

Muestreo realizado por EL CLIENTE
Resultados válidos únicamente para las muestras analizadas.
Prohibida la reproducción de este informe, sin aprobación de Cian Ltda.

LA-F-02 Rev.4 10/10/2013



DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE
MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL
DISTRITO DE CARTAGENA

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO
No. 0133-2015

Revisión: 1

Fecha: Diciembre 2015

RESULTADOS DE LABORATORIO	Informe No. 000968
	Página 2 de 2

FECHA DE REPORTE: 2015/11/27

EMPRESA: CODEISA LTDA

FECHA DE RECEPCION: 2015/11/20

FECHA DE ANALISIS: 2015/11/20 AL 2015/11/27

ATENCION: CODEISA LTDA

ORDEN DE SERVICIO

DIRECCION: Cll. 23 No 68 - 59 Int. 4 Ofc 102

TELEFONOS: 2951300 2951300

CLASE DE MUESTRA: C. Aire Ambiental

TIPO DE MUESTRA: Registro continuo

DEPARTAMENTO: Bolívar

MUNICIPIO: Cartagena

PROYECTO: VIAS CARTAGENA

CALIDAD DE AIRE SO2							
No. Muestra CIAN LTDA	Numero Muestra Cliente	Identificación	Fecha de Toma aa/mm/dd	Absorbancia muestra a	Masa Interpolada	Volumen de muestra (mL)	Volumen de alicuota (mL)
14724	M10-	SECTOR MARIA AUXILIADORA	2015/11/14	0.143	0.960	50	10

Fin de Informe

Observaciones: Ver anexo Curva de Calibración. Limite de cuantificación del metodo determinado en la validacion de CIAN LTDA : 0,7 ug.
Longitud de Onda: 548 nm. Metodo: Pararosanilina/TCM.(Va) Volumen de alicuota analizada para cada una de las muestras a partir de Vb: 10mL.
La masa interpolada es dada por la curva de calibración.
Limite de cuantificación del metodo : o minimo valor cuantificable define la capacidad de un metodo para cuantificar adecuadamente un analito. Los calculos de este informe se realizaron en excel.

MARCELA MONOGA - PQI 0028
DIRECTOR TÉCNICO Y DE LABORATORIO

Muestreo realizado por EL CLIENTE
Resultados válidos únicamente para las muestras analizadas.
Prohibida la reproducción de este informe, sin aprobación de Cian Ltda.

LA-F-02 Rev.4 10/10/2013



DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE
MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL
DISTRITO DE CARTAGENA

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO
No. 0133-2015

Revisión: 1

Fecha: Diciembre 2015



UNIVERSIDAD
DE
CARTAGENA

INSTITUTO DE HIDRÁULICA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL



equisam sas



ALIANZA ESTRATÉGICA
CODEISA LTDA.

ANEXO 2 RESOLUCIÓN DE ACREDITACIÓN

MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE PARA EL PROYECTO DISEÑO DEL
SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL
DISTRITO DE CARTAGENA, DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE
EL 4 Y EL 14 DE NOVIEMBRE DE 2015.

VERSIÓN: 01

INFORME FINAL
P028-GP-OCA-15
Página 37 de 44



Instituto de Hidrología,
Meteorología y
Estudios Ambientales

RESOLUCIÓN N° 2428 -9 OCT 2013

*Por la cual se renueva y extiende la acreditación a la sociedad CONSULTORIA Y SERVICIOS AMBIENTALES CIAN LTDA., para producir información cuantitativa, física, química y biológica, para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes

EL DIRECTOR GENERAL DEL INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS
AMBIENTALES - IDEAM-

En uso de sus facultades legales y en especial las conferidas por el artículo 5 del Decreto 1600 de 1994, el numeral 8 del artículo 5 del Decreto 291 de 2004, las Resoluciones N°s 176 del 31 de octubre de 2003 y 1754 del 15 de octubre de 2009 proferidas por el Director General del IDEAM,

CONSIDERANDO:

Que mediante Resolución N° 2064 del 6 de octubre 2010, el IDEAM otorgó la acreditación para producir información cuantitativa, física y química, para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes, a la sociedad CONSULTORIA Y SERVICIOS AMBIENTALES - CIAN LTDA., identificada con NIT. 830.502.614-8, con domicilio en la carrera 78 No. 52 A - 54 de la ciudad de Bogotá D.C., para las siguientes variables bajo los lineamientos de la norma NTC-ISO/IEC 17025 "Requisitos Generales de Laboratorios de Ensayo y Calibración", versión 2005:

Matriz: Agua

1. Conductividad Eléctrica: Electrométrico, SM 2510 B
2. Dureza Total: Volumétrico con EDTA, SM 2340 C
3. Sólidos Sedimentables: Volumétrico - Cono Imhoff, SM 2540 F
4. pH: Electrométrico, SM 4500-H⁺ B
5. Toma de Muestra Puntual y Compuesta: Variables medidas en campo: Temperatura (SM 2550 B), pH (SM 4500-H⁺ B), Sólidos Sedimentables (SM 2540 F) y Caudal Volumétrico.

Matriz: Aire - Calidad Aire

1. Análisis de Laboratorio para la Determinación de Partículas Suspendidas Totales: Método EPA e-CFR Título 40, Parte 50, Apéndice B: Alto Volumen.
2. Análisis de Laboratorio para la Determinación de Material Particulado como PM10 en la Atmósfera: Método EPA e-CFR Título 40, Parte 50, Apéndice J: PM10. Gravimétrico.
3. Análisis de Laboratorio para la Determinación de SO₂: Método EPA e-CFR Título 40, Parte 50, Apéndice A: Pararosanilina.
4. Análisis de Laboratorio para la Determinación de NO₂: Método Colorimétrico - Griess Saltzman, Resolución No. 3194 del 29 de marzo de 1983.

Matriz: Aire - Fuentes Fijas

1. Análisis de Laboratorio para la Determinación de Óxidos de Nitrógeno, NO_x: EPA e-CFR Título 40, Parte 60, Apéndice A: Método 7
2. Análisis de Laboratorio para la Determinación de Dióxido de Azufre, SO₂: EPA e-CFR Título 40, Parte 60, Apéndice A: Método 6
3. Análisis de Laboratorio para la Determinación de Emisiones de Material Particulado: EPA e-CFR Título 40, Parte 60, Apéndice A-3: Método 5

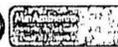
Matriz: Suelos

1. pH: Determinación de pH en suelos. Métodos Analíticos de Laboratorio de Suelos, IGAC, 6ª edición, 2006.

Que el IDEAM otorgó la acreditación por un periodo de tres (3) años contados a partir de la notificación de la Resolución N° 2064 del 6 de octubre 2010, hecho que ocurrió el día 11 de octubre de 2010, estableciendo como periodo de vigencia de la acreditación desde el 11 de octubre de 2010 hasta el 11 de octubre de 2013.

Que mediante Resolución N° 0339 del 21 de marzo de 2012, el IDEAM extendió el alcance de la acreditación para producir información cuantitativa física y química, para los estudios o análisis ambientales requeridos por

Página 1 de 6



las autoridades ambientales competentes, a la sociedad CONSULTORÍA Y SERVICIOS AMBIENTALES – CIAN LTDA., NIT. 830.502.614-8, con domicilio en la carrera 72 A No. 48 – 20 de la ciudad de Bogotá D.C., para las siguientes variables y matrices bajo los lineamientos de la norma NTC-ISO/IEC 17025 "Requisitos Generales de Competencia de Laboratorios de Ensayo y Calibración", versión 2005:

Matriz Agua:

1. Cloruros: Volumétrico - Argentométrico, SM 4500-Cl B
2. Calcio Disuelto: Titulación EDTA, SM 3500-Ca B
3. Magnesio Disuelto: Cálculo, SM 3500-Mg B
4. Demanda Bioquímica de Oxígeno: Incubación a 5 días y Electrodo de membrana, SM 5210 B, 4500-O G
5. Demanda Química de Oxígeno: Reflujo cerrado y Volumetría, SM 5220 C
6. Grasas y Aceites: Extracción Líquido - Líquido, Partición Gravimétrica, SM 5520 B
7. Nitritos: Colorimétrico, SM 4500-NO₂ B
8. Nitratos: Espectrofotométrico, SM 4500-NO₃ B
9. Sólidos Suspendedos Totales: Gravimétrico 103-105°C, SM 2540 D
10. Sulfatos: Turbidimétrico, SM 4500-SO₄²⁻ E
11. Ortofosfatos: Colorimétrico – Ácido ascórbico, SM 4500-P E

Matriz Aire - Calidad del aire:

1. Análisis de Ozono: Yodométrico, Método 820 de Methods of Air Sampling and Analysis, 2a ed, 1975

Matriz Biota:

1. Análisis de laboratorio para la determinación de Bentos: Análisis de Macroinvertebrados Bénticos, SM 10500 C
2. Análisis de laboratorio para la determinación de Perifiton: Análisis, SM 10300 C

Matriz Suelo:

1. Humedad: Ensayo para Determinar el Contenido de Humedad de Suelos y Rocas, con base en la masa, NTC 1495, 2001-11-28
2. Grasas y Aceites: Material Extractable en n-Hexano (HEM) para lodos, sedimentos y muestras sólidas, EPA 9071 B, Revisión 2, Abril de 1998
3. Conductividad Eléctrica: Determinación de la Conductividad Eléctrica, Método B, NTC 5596, 2008-03-26
4. Capacidad de Intercambio Catiónico: Determinación de la Capacidad de Intercambio Catiónico, NTC 5268, 2004-05-31
5. Muestreo: Resolución del IDEAM 0062 de 2007, Numeral 1.6.1.1. Muestras de suelos superficiales recolectados con espátula, pala o cuchara

Que mediante Resolución N° 0925 del 23 de mayo de 2012, el IDEAM extendió el alcance de la acreditación para producir información cuantitativa física y química, para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes, a la sociedad CONSULTORÍA Y SERVICIOS AMBIENTALES – CIAN LTDA., NIT. 830.502.614-8, con domicilio en la carrera 72 A No. 48 – 20 de la ciudad de Bogotá D.C., para la siguiente variable bajo los lineamientos de la norma NTC-ISO/IEC 17025 "Requisitos Generales de Competencia de Laboratorios de Ensayo y Calibración", versión 2005:

Matriz Agua:

1. Nitrógeno Amoniacal: Destilación - Fenato, SM 4500-NH₃ B, F

Que mediante Resolución N° 0067 del 31 de enero de 2013, el IDEAM extendió el alcance de la acreditación para producir información cuantitativa, física, química y biológica, para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes, a la sociedad CONSULTORÍA Y SERVICIOS AMBIENTALES – CIAN LTDA., NIT. 830.502.614-8, con domicilio en la carrera 72 A No. 48 – 20 de la ciudad de Bogotá D.C., para las siguientes variables y matrices bajo los lineamientos de la norma NTC-ISO/IEC 17025 "Requisitos Generales de Competencia de Laboratorios de Ensayo y Calibración", versión 2005:

Matriz: Agua

1. Alcalinidad: Volumétrico, SM 2320 B
2. Dureza Magnésica: Cálculo, SM 3500-Mg B



IDEAM Instituto de Hidrología,
Meteorología y
Estudios Ambientales

2408

-9 OCT 2013

3. Dureza Cálctica: Volumétrico con EDTA, SM 3500-Ca B
4. Sólidos Disueltos Totales: Electrométrico, SM 2510 B
5. Toma de Muestra Puntual y Compuesta: Variables medidas en campo: Oxígeno Disuelto (SM 4500-O G) y Conductividad Eléctrica (SM 2510 B).

Matriz Aire: Fuentes Fijas

1. Análisis de Laboratorio para la Determinación de SO₂ y H₂SO₄ (incluyendo SO₃ y neblina de H₂SO₄): USEPA e-CFR Título 40, Parte 60, Apéndice A-4: Método 8

Matriz: Suelo

1. Textura: Método de Bouyoucos, Métodos Analíticos de Laboratorio de Suelos, IGAC, 6ª edición, 2006
2. Hidrocarburos Totales: Material Extractable con n-Hexano para Muestras Sólidas, Lodos y Sedimentos, EPA 9071 B Modificado, Rev. 2, abril de 1998 / Gravimétrico, SM 5520 F Modificado.

Matriz: Biota

1. Fitoplancton: Técnica de Conteo, SM 10200 F Modificado
2. Macrófitas: Análisis de Muestras. Bridson, D & L- Forman. 1992. The Herbarium Handbook. Revised Edition Royal Botanical Gardens, Great Britain

Matriz: Residuos Peligrosos

1. Muestreo: Numeral 1.5.1.1. Barriles y costales o bolsas, Numeral 1.6.2. Muestreo en barriles, Numeral 1.6.3. Muestreo en tanques, Numeral 1.6.4. Muestreo en pilas de desecho. Resolución No. 0062 de 2007 expedida por el IDEAM

Que la acreditación de las variables extendidas mediante las Resoluciones N° 0339 del 21 de marzo de 2012, N° 0925 del 23 de mayo de 2012 y N° 0067 del 31 de enero de 2013, se rige por la vigencia establecida por la Resolución N° 2064 del 6 de octubre 2010, es decir, que la acreditación culmina el día 11 de octubre de 2013.

Que el artículo 4 de la Resolución N° 176 del 31 de octubre de 2003 establece: **"EXTENSIÓN DEL ALCANCE DE LA ACREDITACIÓN.** Una vez obtenida la acreditación, si se desea acreditar parámetros adicionales, el laboratorio deberá hacer una solicitud por escrito y enviar la última actualización del formulario de acreditación y del Manual de Calidad, en caso de que la versión remitida al IDEAM inicialmente presente alguna modificación. También deberá suministrar copia del método de ensayo y datos de soporte acerca de la validación del método. Dependiendo de la complejidad de la(s) metodología(s) analítica(s) evaluada(s), el IDEAM comunicará por escrito si es necesario realizar auditoría in situ o no, y se informarán los costos respectivos de evaluación, los cuales deberán ser cancelados en forma previa a ésta, ya sea in situ o documental.

Si hay pruebas de evaluación de desempeño disponibles para los nuevos parámetros a acreditar, el laboratorio deberá aplicarlas en las fechas programadas por el Instituto. Tanto los resultados de la auditoría como los de las pruebas de evaluación de desempeño, serán revisados por el Cuerpo Acreditador, y se recomendará si se extiende o no el alcance de la acreditación otorgada. La vigencia de la acreditación de los nuevos parámetros terminará en la misma fecha establecida para la vigencia de la acreditación otorgada inicialmente".

Que el literal h del artículo 1 de la Resolución N° 1754 del 15 de octubre de 2009 establece: "Modifíquese el artículo quinto de la Resolución 176 de 2003, el cual quedará así:...

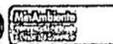
h) Una vez agotado el procedimiento descrito el IDEAM, a través de un acto administrativo, decidirá o no la renovación de la acreditación. La renovación se concederá por una vigencia tres (3) años y su alcance se limitará a los parámetros para las cuales haya conformidad con las acciones correctivas requeridas"

Que el párrafo 1 del artículo 1 ibidem establece: "Modifíquese el artículo quinto de la Resolución 176 de 2003, el cual quedará así:...

PARÁGRAFO PRIMERO: El laboratorio deberá contar con pruebas de evaluación de desempeño vigentes y con puntajes aceptables para los parámetros objeto de la renovación".

Que, con fundamento en lo anterior, el día 4 de octubre de 2013, según la información remitida a la Oficina Asesora Jurídica por parte del Subdirector de Estudios Ambientales, la sociedad CONSULTORIA Y SERVICIOS AMBIENTALES CIAN LTDA., cumplió con todas las etapas y requisitos establecidos en la

Página 3 de 6





Resolución precedentemente citada para la renovación y extensión del alcance la acreditación en las variables solicitadas, de acuerdo con la información dispuesta por el Grupo de Acreditación.

Que, los documentos de la solicitud y el desarrollo del proceso de acreditación la sociedad CONSULTORIA Y SERVICIOS AMBIENTALES CIAN LTDA., reposan en la dependencia del Grupo de Acreditación de la Subdirección de Estudios Ambientales del IDEAM.

Que, por lo anteriormente expuesto,

RESUELVE:

ARTÍCULO 1.- Renovar y extender el alcance de la acreditación para producir información cuantitativa, física, química y biológica, para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes, a la sociedad CONSULTORIA Y SERVICIOS AMBIENTALES CIAN LTDA., identificada con NIT. 830.502.614-8, con domicilio en la carrera 72 A No. 48 - 20 de la ciudad de Bogotá D.C., para las siguientes variables bajo los lineamientos de la norma NTC-ISO/IEC 17025 "Requisitos Generales de Competencia de Laboratorios de Ensayo y Calibración", versión 2005:

Matriz Agua:

1. pH: Electrométrico, SM 4500-H⁺ B
2. Conductividad Eléctrica: Electrométrico, SM 2510 B
3. Sólidos Disueltos: Electrométrico, SM 2510 B
4. Sulfatos: Turbidimétrico, SM 4500-SO₄²⁻ E
5. DBO₅: Incubación a 5 días y Electrodo de membrana, SM 5210 B, 4500-O G
6. DQO: Reflujo Cerrado y Volumétrico, SM 5220 C
7. Cloruros: Argentométrico, SM 4500-Cl B
8. Dureza Total: Volumétrico con EDTA, SM 2340 C
9. Dureza Cálcica: Volumétrico con EDTA, SM 3500-Ca B
10. Calcio Disuelto: Volumétrico con EDTA, SM 3500-Ca B
11. Dureza Magnésica: Cálculo, SM 3500-Mg B
12. Magnesio Disuelto: Cálculo, SM 3500-Mg B
13. Alcalinidad: Volumétrico, SM 2320 B
14. Sólidos Suspendidos Totales: Gravimétrico - Secado a 103 °C -105 °C, SM 2540 D
15. Sólidos Sedimentables: Volumétrico - Cono Imhoff, SM 2540 F
16. Grasas y Aceites: Extracción Líquido - Líquido, Partición Gravimétrica, SM 5520 B
17. Detergentes: Surfactantes Aniónicos como SAAM, SM 5540 C
18. Nitratos: Espectrofotométrico Ultravioleta, SM 4500-NO₃ B
19. Nitritos: Colorimétrico, SM 4500-NO₂ B
20. Nitrógeno Amoniacal: Destilación - Fenato, SM 4500-NH₃ B, F
21. Fósforo Reactivo Soluble (Equivalente a Fósforo Soluble, Fosfato Soluble, Ortofosfato Soluble, Ortofosfatos): Ácido Ascórbico, SM 4500-P E
22. Toma de muestra Puntual: Variables medidas en campo: pH (SM 4500-H⁺ B), Temperatura (SM 2550 B), Sólidos Sedimentables (SM 2540 F), Conductividad Eléctrica (SM 2510 B), Oxígeno Disuelto (SM 4500-O G), Caudal
23. Toma de muestra Compuesta: Variables medidas en campo: pH (SM 4500-H⁺ B), Temperatura (SM 2550 B), Sólidos Sedimentables (SM 2540 F), Conductividad Eléctrica (SM 2510 B), Oxígeno Disuelto (SM 4500-O G), Caudal

Matriz Aire - Emisiones de Fuentes Fijas:

1. Análisis de Laboratorio para la Determinación de Material Particulado: US-EPA e-CFR Título 40, Parte 60, Apéndice A-3: Método 5
2. Análisis de Laboratorio para la Determinación de Dióxido de Azufre - SO₂: US-EPA e-CFR Título 40, Parte 60, Apéndice A-4: Método 6
3. Análisis de Laboratorio para la Determinación de Óxidos de Nitrógeno - NOx: US-EPA e-CFR Título 40, Parte 60, Apéndice A-4: Método 7
4. Análisis de Laboratorio para la Determinación de SO₂ y H₂SO₄ (incluyendo SO₃ y neblina de H₂SO₄): USEPA e-CFR Título 40, Parte 60, Apéndice A-4: Método 8



Matriz Aire – Calidad de Aire:

1. **Análisis de Laboratorio para la Determinación de Partículas Suspendidas Totales:** US-EPA e-CFR Título 40, Parte 50, Apéndice B: Alto Volumen
2. **Análisis de Laboratorio para la Determinación de Material Particulado como PM10 en la Atmósfera:** US-EPA e-CFR Título 40, Parte 50, Apéndice J: PM10
3. **Análisis de Laboratorio para la Determinación de Dióxido de Azufre, SO₂:** US-EPA e-CFR Título 40, Parte 50, Apéndice A-2: Pararosanilina
4. **Análisis de Laboratorio para Determinación de NO_x:** Método de Ensayo para el Análisis de Dióxido de Nitrógeno en la atmósfera (Promedio 24 horas), Método 408. Methods of Air Sampling and Analysis, APHA, 2nd edition, 1977
5. **Análisis de Laboratorio para Determinación de Ozono:** Método Colorimétrico con Yoduro de Potasio Alcalino, Método P&CAM 154 (Apha 820). Apha Intersociety Committee Methods for Air Sampling and Analysis, 2th Ed, 1977.

Matriz Suelo:

1. **pH con agua 1:1:** Determinación de pH en suelos. Métodos Analíticos de Laboratorio de Suelos. IGAC, 6ª Edición, 2006
2. **Humedad:** Pretratamiento, Métodos Analíticos de Laboratorio de Suelos, IGAC, 6ª Edición, 2006 - Ensayo para la Determinación del Contenido de Humedad en Suelos y Rocas con Base en la Masa, NTC 1495:2001-11-28
3. **Grasas y Aceites:** Material Extractable con n-Hexano para Muestras Sólidas, Lodos y Sedimentos, EPA 9071 B, Rev. 2, Abril de 1998
4. **Conductividad Eléctrica:** Método por Extracto de Saturación, Métodos Analíticos de Laboratorio de Suelos, IGAC, 6ª Edición, 2006
5. **Capacidad de Intercambio Catiónico:** Acetato de Amonio 1N pH 7, Métodos Analíticos de Laboratorio de Suelos, IGAC, 6ª Edición, 2006
6. **Textura:** Hidrómetro de Bouyoucos – Densimétrico, Métodos Analíticos de Laboratorio de Suelos. IGAC, 6ª Edición, 2006
7. **Hidrocarburos Totales:** Material Extractable con n-Hexano para Muestras Sólidas, Lodos y Sedimentos, EPA 9071 B Modificado, Rev. 2, abril de 1998 / Hidrocarburos, SM 5520 F Modificado
8. **Muestreo:** Calidad del Suelo. Muestreo. Guía sobre técnicas de muestreo equivalente a la Norma ISO/DIS 10381-2. NTC 4113-2:1997-07-23

Matriz Sedimento:

1. **Grasas y Aceites:** Material Extractable con n-Hexano para Muestras Sólidas, Lodos y Sedimentos, EPA 9071 B, Rev. 2, Abril de 1998
2. **Hidrocarburos Totales:** Material Extractable con n-Hexano para Muestras Sólidas, Lodos y Sedimentos, EPA 9071 B Modificado, Rev. 2, abril de 1998 / Hidrocarburos, SM 5520 F Modificado

Matriz Biota (Hidrobiología):

1. **Análisis de Laboratorio para la identificación de Macroinvertebrados Bentónicos:** Procesamiento y análisis de muestras, SM 10500 C Modificado
2. **Análisis de Laboratorio para la identificación de Perifiton:** Análisis de muestras, SM 10300 C Modificado - Karlson, B., Cusack, C. & Bresnan, E., Microscopic and Molecular Methods for Quantitative Phytoplankton Analysis, UNESCO (IOC Manuals and Guides, N° 55), Paris, 2010, pág. 110
3. **Análisis de Laboratorio para la identificación de Fitoplancton:** Técnica de Conteo, SM 10200 F Modificado y Protocolos de Muestreo y Análisis para Fitoplancton, Ministerio del Medio Ambiente Confederación Hidrográfica del Ebro, Octubre de 2005
4. **Análisis de Laboratorio para la identificación de Zooplancton:** Protocolos de Muestreo y Análisis para Fitoplancton, Ministerio del Medio Ambiente Confederación Hidrográfica del Ebro, Octubre de 2005
5. **Análisis de Laboratorio para la identificación de Macrófitas:** Análisis de Muestras, Bridson, D. & L. - Forman. The Herbarium Handbook. Revised Edition Royal Botanical Gardens, Great Britain, 1992.
6. **Muestreo cuantitativo de Macroinvertebrados Bentónicos y asociados a Macrófitas en cuerpo Lótico:** SM 10500 B Modificado
7. **Muestreo cuantitativo de Perifiton en cuerpo Lótico:** De la Lanza, E.G., Hernández P. y Carvajal, J.L. Organismos indicadores de la Calidad del Agua y de la Contaminación (Bioindicadores), México, D.F., 2000, pág. 43-108.
8. **Muestreo cuantitativo de Fitoplancton en cuerpo Lótico:** Protocolos de Muestreo y Análisis para Fitoplancton, Ministerio del Medio Ambiente Confederación Hidrográfica del Ebro, Octubre de 2005





DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE
MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL
DISTRITO DE CARTAGENA

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO
No. 0133-2015

Revisión: 1

Fecha: Diciembre 2015



IDEAM Instituto de Hidrología,
Meteorología y
Estudios Ambientales

2428

9. Muestreo cuantitativo de Zooplancton en cuerpo Lótico: SM 10200 B Modificado - Protocolos de Muestreo y Análisis para Fitoplancton, Ministerio del Medio Ambiente Confederación Hidrográfica del Ebro, Octubre de 2005
10. Muestreo cuantitativo de Macrófitas en cuerpo Lótico: SM 10400 B, C, D, E Modificado
11. Muestreo cuantitativo de Peces en cuerpo Lótico: SM 10600 B,C Modificado

Los métodos relacionados anteriormente tienen como referencia el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA – AWWA - WEF, 22nd edition 2012 y US-EPA (Environmental Protection Agency), salvo en los casos en que se especifique directamente otra referencia bibliográfica

ARTÍCULO 2.- La vigencia de la presente Resolución es de tres (3) años contados a partir de su notificación, sin embargo, la sociedad CONSULTORIA Y SERVICIOS AMBIENTALES CIAN LTDA, deberá cumplir y mantener las condiciones bajo las cuales obtuvo la renovación y extensión de la acreditación, para lo cual el IDEAM realizará un seguimiento según lo estipulado en la Resolución N° 0176 del 31 de octubre de 2003. Para la renovación de la acreditación, el laboratorio deberá notificar al IDEAM su intención de continuar como laboratorio acreditado con ocho (8) meses de anticipación al vencimiento del acto administrativo que le otorgó la acreditación.

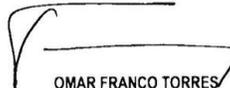
ARTÍCULO 3.- Notificar personalmente el contenido de la presente Resolución al Representante Legal o apoderado de la sociedad CONSULTORIA Y SERVICIOS AMBIENTALES CIAN LTDA, haciéndole saber que contra este acto administrativo procede el recurso de reposición, el cual se deberá interponer ante el Director General del IDEAM dentro de los diez (10) días siguientes a la notificación de conformidad con lo dispuesto en los artículos 76 y ss de la Ley 1437 de 2011.

ARTÍCULO 4.- La presente Resolución rige a partir de la fecha de su notificación.

NOTIFIQUESE Y CÚMPLASE

Dada en Bogotá, D.C., a los 2428

-9 OCT 2013


OMAR FRANCO TORRES

Director General

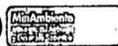
	Nombre	Cargo	Firma
Proyectó	Adriana Forero Hernández	Contratista	
Revisó	Dora Victoria Galvis Medina	Grupo Acreditación	
Revisó	Jose Alan Hoyos Hernández	Subdirección Estudios Ambientales	
Revisó	María Carolina Yáñez Chiriví	Abogada - Contratista	
Aprobó	Adriana Portillo Trujillo	Oficina Asesora Jurídica	

Los emba firmantes declaramos que hemos revisado el presente documento y lo encontramos ajustado a las normas y disposiciones legales y/o técnicas vigentes y por lo tanto bajo nuestra responsabilidad lo presentamos para la firma del Director General

Radicado: 2013600023291 de 2013-10-07

Página 6 de 6

Carrera 10 No. 20 - 30 Bogotá D.C. PBX (571) 3527160
Fax Server: 3527110 / 3527160 Ext: 2110 - 1911 - 1912 - 1913
Línea Nacional 018000110012 - Pronóstico y Alertas (571) 3421586
Sede Puente Aranda: Calle 12 No 42B - 44 Bogotá D.C. PBX: 2681070
www.ideam.gov.co



PROSPERIDAD
PARA TODOS



DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015

Revisión: 1

Fecha: Diciembre 2015



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

INSTITUTO DE HIDRAULICA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL



ALIANZA ESTRATÉGICA



CODEISA LTDA.



Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales



IDEAM

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

RESOLUCIÓN N° 0133 21 MAY 2015

"Por la cual se otorga la acreditación a la sociedad CODEISA LTDA., para producir información cuantitativa física y química, para los estudios o análisis ambientales requeridos por las Autoridades Ambientales competentes"

EL DIRECTOR GENERAL DEL INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM -

En uso de sus facultades legales y en especial las conferidas por el artículo 5 del Decreto 1600 de 1994, el numeral 8 del artículo 5 del Decreto 291 de 2004, la Resolución No. 268 de 2015, y,

CONSIDERANDO:

Que mediante escrito del 28 de mayo de 2013, con radicado N° 20132080067532, la sociedad CODEISA LTDA., solicitó al IDEAM la visita de evaluación para la acreditación inicial. (Folio 10).

Que mediante escrito del 06 de agosto de 2013, con radicado N° 20132080097362, la sociedad CODEISA LTDA., remitió al IDEAM el soporte de pago para la visita de evaluación para la acreditación inicial. (Folios 14 y 15).

Que el IDEAM, mediante oficio con radicado N° 2013600021531 del 26 de septiembre de 2013, envió a la sociedad CODEISA LTDA., la factura número 3131 correspondiente a la visita de evaluación para la acreditación inicial. (Folios 18 y 19).

Que el IDEAM, mediante oficio con radicado N° 2014600004631 del 03 de junio de 2014, envió a la sociedad CODEISA LTDA., los documentos plan y cronograma correspondientes a la visita de evaluación para la acreditación inicial. (Folio 31).

Que la visita de evaluación para la acreditación inicial de la sociedad CODEISA LTDA., se llevó a cabo entre el 09 y 13 de junio de 2014, tal y como se advierte en los registros que obran en el expediente N° 2012600010400128E. (Folios 32 a 68).

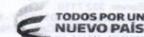
Que el 22 de junio de 2014 el IDEAM elaboró el informe de visita de evaluación la acreditación inicial de la sociedad CODEISA LTDA., enviándolo mediante oficio con radicado N° 20146000012261. (Folios 21 a 30).

Que mediante comunicación con radicado N° 2014600001019152 del 12 de diciembre de 2014, la sociedad CODEISA LTDA., entregó al IDEAM las evidencias de implementación de las acciones correctivas correspondientes a los hallazgos catalogados como no conformidades durante la visita de acreditación inicial. (Folios 74 a 81).

Que el 23 de diciembre de 2014 el IDEAM, elaboró el primer informe de seguimiento de acciones correctivas para dar tratamiento a los hallazgos de la visita de evaluación para la acreditación inicial de la sociedad CODEISA LTDA., enviándolo mediante oficio con radicado N° 20146000028071. (Folio 82).

Página 1 de 7

Calle 25D No. 96B - 70 Bogotá D.C. PBX (571) 3527160
 Fax Server: 3527110
 Línea Nacional 018000110012 - Pronóstico y Alertas (571) 3527180
 Sede Puente Aranda: Calle 12 No 42B - 44 Bogotá D.C. PBX. 2681070
 www.ideam.gov.co



COPIA VALIDA ÚNICAMENTE PARA EL INFORME DE LA UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

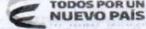


DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015

Revisión: 1

Fecha: Diciembre 2015

 UNIVERSIDAD DE CARTAGENA INSTITUTO DE HIDRÁULICA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL	ALIANZA ESTRATÉGICA   CODEISA LTDA.	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div data-bbox="435 562 526 625">  Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible INSTITUTO DE CARTAGENA </div> <div data-bbox="948 562 1187 625">  Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales </div> </div> <p style="text-align: center;">INSTITUTO DE HIDROLOGÍA METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM</p> <p style="text-align: center;">RESOLUCIÓN N°. 0789 DE 21 MAY 2015</p> <p>Que mediante comunicación con radicado N° 20159910017292 del 23 de febrero de 2015, la sociedad CODEISA LTDA., entregó nuevamente al IDEAM las evidencias de implementación de las acciones correctivas correspondientes a los hallazgos catalogados como no conformidades durante la visita de evaluación para la acreditación inicial. (Folio 88).</p> <p>Que el 16 de abril de 2015 el IDEAM, elaboró el segundo informe de seguimiento de acciones correctivas para dar tratamiento a los hallazgos de la visita de evaluación para la acreditación inicial de la sociedad CODEISA LTDA., enviándolo mediante oficio con radicado N° 20156010002531. (Folios 89 a 95).</p> <p>Que con fundamento en la información remitida a la Oficina Asesora Jurídica por parte del Subdirector de Estudios Ambientales, la sociedad CODEISA LTDA., cumplió con todas las etapas y requisitos establecidos en la Resolución 176 del 31 de octubre de 2003 referida por el IDEAM para la acreditación en las variables solicitadas, de acuerdo con la información dispuesta por el Grupo de Acreditación.</p> <p>Que los documentos de la solicitud y desarrollo del proceso de acreditación de la sociedad CODEISA LTDA., reposan en la dependencia del Grupo de Acreditación de la Subdirección de Estudios Ambientales del IDEAM.</p> <p style="text-align: center;">REGÍMEN DE TRANSICIÓN</p> <p>Cabe señalar que el trámite de acreditación de expansión de la sociedad CODEISA LTDA., inició en vigencia de la Resolución No. 176 de 2003.</p> <p>Posteriormente, el IDEAM mediante la Resolución 268 del 11 de marzo de 2015, modificó las Resoluciones 0176 de 2003 y 1754 de 2008, y se establecieron los requisitos y el procedimiento de acreditación de Organismos de Evaluación de la Conformidad en materia ambiental, bajo la norma NTC-ISO/EC 17025.</p> <p>Que la norma en cita, en su Artículo 50 señaló el Régimen de Transición en los siguientes términos:</p> <p><i>"Artículo 50.-Régimen de transición y vigencia. El presente reglamento comenzará a regir desde la fecha de su publicación en el Diario Oficial y sólo se aplicará a los trámites de acreditación inicial, seguimiento y renovación que se inicien con posterioridad a su entrada en vigencia. Esto último quiere decir que los laboratorios que tengan programadas visitas de auditoría de acreditación inicial, seguimiento o renovación con sus respectivos cierres de no conformidades y emisión de actos administrativos que ya se encuentran pendientes ante la entidad culminarán con la norma anterior, mientras que todo trámite que dé lugar a iniciar una nueva actuación administrativa, se regirá por la nueva norma..."</i></p> <p>Que en el caso que nos ocupa, antes de la entrada en vigencia de la Resolución No. 268 de 2015, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, recibió la solicitud del trámite de visita de evaluación para la acreditación inicial, por parte de la sociedad CODEISA LTDA., mediante radicado No. 20132080067532 del 28 de mayo de 2013, siendo esta parte integral "inicial" del procedimiento administrativo de acreditación.</p> <p>De acuerdo con la solicitud presentada por el mencionado laboratorio, le es aplicable el régimen de transición previsto en el Artículo 50 de la Resolución 268 de 2015, y en virtud de lo anterior, para continuar con el trámite de la solicitud de acreditación se estará a lo dispuesto en la Resolución 176 de 2003.</p> <p>Así las cosas, los fundamentos legales previstos para el presente trámite serán los señalados en la Resolución 176 de 2003.</p> <p style="text-align: right;">Página 2 de 7</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; font-size: small;"> <div data-bbox="418 1520 808 1570"> Calle 25D No. 96B - 70 Bogotá D.C. PBX: (571) 352 7160 Fax Server: 352 7110 Línea Nacional 018000110012 - Pronóstico y Alertas (571) 352 7160 Sede Puente Aranda: Calle 12 No 42B - 44 Bogotá D.C. PBX: 268 0770 </div> <div data-bbox="883 1541 1203 1570">   </div> </div>		
MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE PARA EL PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA, DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 4 Y EL 14 DE NOVIEMBRE DE 2015.	VERSIÓN: 01	INFORME FINAL P028-GP-OCA-15 Página 40 de 44



DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015

Revisión: 1

Fecha: Diciembre 2015



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

INSTITUTO DE HIDRÁULICA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL



ALIANZA ESTRATÉGICA



CODEISA LTDA.



Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

MADE



Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM

RESOLUCIÓN N°. 0789 DE 21 MAY 2015

FUNDAMENTOS LEGALES

Que de acuerdo con lo establecido en el artículo 1 de la Ley 99 del 22 de diciembre de 1993, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, es el establecimiento público encargado del levantamiento y manejo de la información científica y técnica sobre los ecosistemas que forman parte del patrimonio ambiental del país, así como de establecer las bases técnicas para clasificar y zonificar el uso del territorio nacional para los fines de planificación y ordenamiento del territorio. Corresponde a este Instituto efectuar el seguimiento de los recursos bióticos de la Nación, especialmente en lo referente a su contaminación y degradación, necesarios para la toma de decisiones de las autoridades ambientales.

Que con fundamento en el artículo 5 del Decreto 1600 del 27 de julio de 1994, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, es la institución competente para establecer los sistemas de referencia para el sistema de acreditación e intercalibración analítica de los laboratorios cuya actividad esté relacionada con la producción de datos fisicoquímicos, bióticos del medio ambiente en toda la República de Colombia.

Que conforme al párrafo 2 del artículo 5 ibidem, los laboratorios que produzcan información cuantitativa, física y biótica para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes, y los demás que produzcan información de carácter oficial relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, deberán poseer certificado de acreditación correspondiente otorgado por el IDEAM.

Que mediante la Resolución N° 0176 del 31 de octubre de 2003, se derogaron las Resoluciones N°s 0059 del 28 de abril de 2000 y N° 0079 del 6 de marzo de 2002 y se estableció el procedimiento de acreditación de laboratorios ambientales en Colombia así como los costos del proceso.

Que el artículo 1 de la Resolución 176 de 2003, conagra:

"Acreditación: Es el reconocimiento formal de la competencia técnica y la idoneidad de un laboratorio ambiental para que lleve a cabo funciones específicas de acuerdo con los criterios establecidos".

Que el artículo 3 ibidem señala:

"ARTICULO TERCERO. ACREDITACION. Todo laboratorio que desee acreditarse ante el IDEAM deberá cumplir con el siguiente procedimiento:

- Diligenciar el formulario de inscripción que se encuentra disponible en la página web del IDEAM (www.ideam.gov.co/temas/calidad/index4.htm). Una vez diligenciado, se deberá remitir al Coordinador del Sistema de acreditación del IDEAM, con el fin de identificar el alcance de la acreditación y obtener información general del laboratorio. La lista de parámetros que acredita el IDEAM aparece en el formulario de inscripción y en éste, el laboratorio deberá indicar qué parámetros desea acreditar. El formulario deberá ser diligenciado por el jefe de laboratorio o quien lo sustituya sus veces, pero en todo caso debe acreditar el título de Químico, Ingeniero Químico o Químico Farmacéutico, con matrícula profesional. Para el jefe de laboratorio se aceptan otros profesionales afines a la Química, siempre y cuando demuestren idoneidad a consideración del Cuerpo Acreditador.
- Remitir al Cuerpo Acreditador del IDEAM la versión de la última versión del Manual de Calidad del laboratorio, el cual deberá ser elaborado siguiendo los lineamientos de la Norma NTC-ISO/IEC 17025, "Requisitos generales de la competencia de laboratorios de ensayo y calibración". El Manual deberá ser enviado junto con la solicitud de la auditoría en una previa a la visita.
- De acuerdo con la información contenida tanto en el formulario de inscripción como en el Manual de Calidad, el IDEAM determinará el número de auditores, designará los integrantes del equipo auditor y

Página 3 de 7

Calle 25D No. 96B - 70 Bogotá D.C. PBX (571) 352 7160
Fax Server: 352 7110
Línea Nacional 018000110012 - Pronóstico y Alertas (571) 352 7180



MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE



TODOS POR UN

MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE PARA EL PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA, DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 4 Y EL 14 DE NOVIEMBRE DE 2015.

VERSIÓN: 01

INFORME FINAL
P028-GP-OCA-15
Página 41 de 44

COPIA AUTENTICANTE PARA EL MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE PARA EL PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA, DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 4 Y EL 14 DE NOVIEMBRE DE 2015.



DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015

Revisión: 1

Fecha: Diciembre 2015



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

INSTITUTO DE HIDRÁULICA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL



ALIANZA ESTRATÉGICA



CODEISA LTDA.



INSTITUTO DE HIDROLOGÍA METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM

RESOLUCIÓN N°. 0789 DE 21 MAY 2015

comunicará por escrito al laboratorio la fecha propuesta para la visita, los integrantes del equipo auditor y los costos correspondientes al proceso de auditoría.

El laboratorio deberá confirmar por escrito que acepta tanto las fechas como los integrantes del equipo auditor, o en caso de no aceptar, deberá manifestar sus reparos o inconvenientes, por ejemplo, si hay conflicto de interés con el equipo auditor. Los costos de acreditación respectivos, deberán ser cancelados con quince días de anticipación a la fecha de la auditoría o de lo contrario se aplazará la visita hasta que el laboratorio cumpla con esta disposición.

d) La revisión documental previa a la visita de auditoría al laboratorio estará a cargo del equipo auditor designado y se requerirá un día de trabajo para ello. Según la programación acordada entre el IDEAM y el laboratorio solicitante, el equipo de auditores del IDEAM efectuará la visita de auditoría durante la cual se verificará la información aportada por el laboratorio solicitante tanto en el formulario de inscripción como en la documentación del sistema de calidad.

Toda auditoría deberá realizarse con un grupo auditor de por lo menos dos personas, un auditor líder y un auditor asistente. El número de días de visita al laboratorio dependerá del número de parámetros a auditar. Posteriormente a la visita se requerirá un día de trabajo para la elaboración del informe de auditoría.

e) Al finalizar la auditoría, el IDEAM remitirá al laboratorio solicitante el informe de auditoría, en el cual se indicarán los resultados en términos de no conformidades identificadas y se establecerán los plazos para la verificación por parte del IDEAM o de ser necesario se recomendará una nueva auditoría al laboratorio.

Todas las acciones correctivas requeridas deberán producirse dentro de los seis (6) meses siguientes a la auditoría, y la evidencia de su implementación debe suministrarse al IDEAM, la cual podrá estar sujeta o no a verificación in situ. Si no se da cumplimiento a las acciones correctivas solicitadas dentro del plazo establecido, se dará por entendido que el laboratorio ha desistido del trámite, a menos que justifique debidamente este incumplimiento.

f) Una vez implementadas las acciones correctivas, el laboratorio deberá informar por escrito al IDEAM que éstas ya pueden ser verificadas y así mismo deberá enviar los documentos que evidencien su implementación. Teniendo en cuenta la magnitud de las acciones correctivas el IDEAM comunicará por escrito al laboratorio si es necesario realizar una visita de verificación o no, e informará el costo de la verificación, ya sea in situ o documental, el cual deberá ser cancelado como requisito para iniciar la evaluación respectiva.

g) Todo laboratorio que desee acreditarse o está acreditado por el IDEAM deberá aprobar las pruebas de evaluación de desempeño que programe el Instituto para los parámetros considerados en el alcance de la acreditación y su costo será asumido por el laboratorio solicitante.

h) Una vez verificadas las acciones correctivas implementadas por el laboratorio, el IDEAM las aprobará o reprobará, y decidirá otorgar o no la acreditación al laboratorio. El alcance de la acreditación otorgada incluirá solamente los parámetros para los cuales haya conformidad con las acciones correctivas requeridas y se obtengan puntajes aceptables en las pruebas de evaluación de desempeño.

i) El Cuerpo Acreditador del IDEAM notificará formalmente al laboratorio la decisión de concederle o no la acreditación. En caso de concederla, se expedirá la resolución de acreditación para los parámetros solicitados y se entregará el certificado correspondiente. La lista de laboratorios acreditados se publicará periódicamente en la página web del IDEAM.

Que a su vez, el artículo décimo indica:

"ARTICULO DECIMO. BENEFICIOS DE LA ACREDITACION. Al acreditarse, el laboratorio ingresará a la Red de Laboratorios Ambientales -REDLAM-, lo que le dará la posibilidad de compartir e intercambiar información y datos sobre la calidad de los recursos naturales y ambientales del país.

La acreditación de laboratorios es reconocida nacional e internacionalmente como un indicador confiable de competencia técnica.

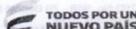
El Cuerpo de acreditación del IDEAM publicará un directorio de laboratorios acreditados que incluye el alcance de la acreditación otorgada y contacto e información del laboratorio."

Página 4 de 7

Calle 25D No. 96B - 70 Bogotá D.C. PBX (571) 352 7160
 Fax Server: 352 7110
 Línea Nacional 018000110012 - Pronóstico y Alertas (571) 352 7150
 Sede Puente Aranda: Calle 12 No 42B - 44 Bogotá D.C. PBX: 268 1100
 www.ideal.gov.co



MINAMBITENTE



COPIA VÁLIDA DEL INFORME FINAL DE LA UNIDAD DE CALIDAD DEL AIRE



DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015

Revisión: 1

Fecha: Diciembre 2015



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

INSTITUTO DE HIDRÁULICA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

ALIANZA ESTRATÉGICA



CODEISA LTDA.



Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible



Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM

RESOLUCIÓN N°. 0789 DE 21 MAY 2015

COMPETENCIA LEGAL

Que el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, cumple sus competencias de conformidad con los principios constitucionales de función administrativa de igualdad, moralidad, eficacia, economía, celeridad, imparcialidad y publicidad de conformidad con lo estipulado en el Artículo 209 de la Constitución Política de Colombia.

Que con fundamento en este mandato, y en su condición de Entidad Estatal, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, debe dar plena aplicación, en el desarrollo de sus funciones, al derecho fundamental del debido proceso.

Que de acuerdo con el Decreto 1600 del 27 de julio de 1994, el Artículo Quinto estableció que el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, es la Entidad competente para establecer los sistemas de referencia para la acreditación e intercalibración analítica de los laboratorios cuya actividad está relacionada con la producción de datos e información de carácter físico, químico y biótico de la calidad del medio ambiente de la República de Colombia.

Que de conformidad con el parágrafo 2 del Artículo Quinto del Decreto arriba mencionado, los laboratorios que produzcan información cuantitativa, física y biológica para los estudios o análisis ambientales requeridos por las Autoridades Ambientales competentes, y los laboratorios que produzcan información de carácter oficial relacionada con la calidad del medio ambiente o de los recursos naturales renovables, deberán poseer certificado de acreditación correspondiente otorgado mediante acto administrativo expedido por el IDEAM.

Que mediante la Resolución 176 del 31 de octubre de 2003, el Director General del IDEAM estableció el procedimiento de acreditación de laboratorios ambientales en Colombia.

Que de conformidad con el numeral 13 del Artículo Décimo Tercero del Decreto 291 del 29 de enero de 2004 2004, corresponde al IDEAM a través de la Subdirección de Estudios Ambientales, acreditar los laboratorios ambientales del sector público y privado que produzcan información física, química y biótica para los estudios o análisis ambientales, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.

En mérito de lo expuesto,

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- Otorgar la acreditación para producir información cuantitativa física y química, para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes a la sociedad **CODEISA LTDA** con NIT 800238053-5, con domicilio en la calle 23 No. 68 – 59 In 4 Of 102 Bogotá D.C., para las siguientes variables bajo los lineamientos de la norma NTC-ISO/IEC 17025 "Requisitos Generales de Competencia de Laboratorios de Ensayo y Calibración", Edición 2005:

Matriz Aire – Calidad del Aire:

1. **Toma de Muestras para la Determinación de Partículas Suspendidas Totales.** US-EPA CFR Título 40, Parte 50, Apéndice B, Alto Volumen.
2. **Toma de Muestras para la Determinación de Material Particulado como PM₁₀.** US-EPA CFR Título 40, Parte 50, Apéndice J, Alto Volumen.
3. **Toma de Muestras para la Determinación de Dióxido de Azufre SO₂.** US-EPA CFR Título 40, Parte 50, Apéndice A-2, Pararosanilina.
4. **Toma de Muestras para la Determinación de Dióxido de Nitrógeno NO₂.** US-EPA EQN-1277-026, Arsenito de Sodio.
5. **Toma de Muestras para la Determinación de Ozono O₃** P&CAM 154 (Apha 820). Apha Intersociety Committee, *Methods for Air Sampling and Analysis*, 2th Ed., 1975.

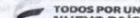
Página 5 de 7

Calle 25D No. 86B - 70 Bogotá D.C. PBX (571) 352 7180

Fax Server: 352 7110

Línea Nacional 018000110012 - Pronóstico y Alertas (571) 352 7180

Sede Puente Aranda: Calle 12 No 42B – 44 Bogotá D.C. PBX: 268 107



MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE PARA EL PROYECTO DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA, DURANTE EL PERIODO COMPRENDIDO ENTRE EL 4 Y EL 14 DE NOVIEMBRE DE 2015.

VERSIÓN: 01

INFORME FINAL P028-GP-OCA-15 Página 43 de 44

COPIA VALIDA ÚNICO MUESTRO DE LAS INFORMES DE LA UNIVERSIDAD DE CARTAGENA



DISEÑO DEL SISTEMA INTELIGENTE DE MONITOREO DE CALIDAD AMBIENTAL DEL DISTRITO DE CARTAGENA

CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 0133-2015

Revisión: 1

Fecha: Diciembre 2015



UNIVERSIDAD DE CARTAGENA

INSTITUTO DE HIDRÁULICA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL



ALIANZA ESTRATÉGICA

CODEISA LTDA.



Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible



Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM

RESOLUCIÓN N°. 0789 DE 21 MAY 2015

Matriz Aire – Fuentes Fijas:

1. Determinación de Puntos Transversos para Realizar Muestreo y Velocidad en Fuentes Estacionarias: US-EPA CFR, Título 40, Parte 60, Apéndice A-1. Método 1.
2. Determinación de Puntos Transversos para Realizar Muestreo y Velocidad en Fuentes Estacionarias con Ductos Pequeños US-EPA CFR, Título 40, Parte 60, Apéndice A-1. Método 1A.
3. Determinación de Velocidad de Gas en Fuentes Estacionarias y Tasa de Flujo Volumétrica empleando el Tubo Pitot Tipo S: US-EPA CFR, Título 40, Parte 60, Apéndice A-1. Método 2.
4. Determinación de la Velocidad de Gas y Tasa de Flujo Volumétrica en Chimeneas o Ductos Pequeños (Tubo Pitot Estándar): USEPA CFR, Título 40, Parte 60, Apéndice A-1: Método 2C.
5. Análisis de Gas para la Determinación de Gases Molecular Seco: US-EPA CFR, Título 40, Parte 60, Apéndice A-2. Método 3.
6. Análisis de Gas para la Determinación de Factores de Corrección de la Tasa de Emisión o Exceso de Aire: US-EPA CFR Título 40, Parte 60, Apéndice A-2: Método 3B.
7. Determinación del Contenido de Humedad en Gases de Chimenea: US-EPA CFR, Título 40, Parte 60, Apéndice A-3. Método 4.
8. Toma de Muestra para la Determinación de las Emisiones de Material Particulado desde Fuentes Estacionarias: US-EPA CFR, Título 40, Parte 60, Apéndice A-3. Método 5.
9. Toma de Muestra para la Determinación de las Emisiones de Óxidos de Nitrógeno desde Fuentes Estacionarias: US-EPA CFR, Título 40, Parte 60, Apéndice A-4. Método 7.
10. Toma de Muestra para la Determinación de las Emisiones de Dióxido de Azufre y Ácido Sulfúrico desde Fuentes Estacionarias. US-EPA CFR, Título 40, Parte 60, Apéndice A-4. Método 8.

Matriz Aire – Ruido:

1. Emisión de Ruido: Procedimiento de Medición para Emisiones de Ruido. Capítulo I, Anexo 3 de la Resolución 0627 del 7 de abril de 2006 emitido por el ahora Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
2. Ruido Ambiental: Procedimiento de Medición para Ruido Ambiental. Capítulo II, Anexo 3 de la Resolución 0627 del 7 de abril de 2006 emitido por el ahora Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

ARTÍCULO SEGUNDO. - La acreditación que se otorga a través del presente acto administrativo no ampara ningún tipo de actividad diferente a las descritas en el informe y en la presente Resolución, para lo cual la sociedad CODEISA LTDA., deberá cumplir y mantener las condiciones bajo las cuales obtuvo la acreditación.

ARTÍCULO TERCERO. - Para efectos de seguimiento de la acreditación el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, hará una visita de verificación in situ a los 18 meses de haber sido otorgada la presente acreditación, conforme lo establecido en la Resolución 176 del 31 de octubre de 2003 y la Resolución 1754 de 15 de octubre de 2009.

ARTÍCULO CUARTO. - La sociedad CODEISA LTDA. para mantener la acreditación otorgada mediante la presente Resolución, deberá participar y aprobar anualmente las pruebas de evaluación y desempeño que programe el Instituto para los parámetros considerados en el alcance de la acreditación, de acuerdo a lo establecido en el literal g) del Artículo Tercero de la Resolución 176 del 31 de octubre de 2003.

ARTÍCULO QUINTO. - En caso de que la sociedad CODEISA LTDA. incurriera en alguna de las causales señaladas en el artículo sexto de la Resolución 176 de 2003, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM podrá suspender o revocar la presente acreditación.

Página 6 de 7

Calle 25D No. 96B - 70 Bogotá D.C. PBX (571) 352 7160
 Fax Server: 352 7110
 Línea Nacional 018000110012 - Pronóstico y Alertas (571) 352 7180
 Sede Puente Aranda: Calle 12 No 42B - 44 Bogotá D.C. PBX: 261 0070
 www.ideam.gov.co

