



## CAMPAÑAS DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE EN LAS POBLACIONES DE SOLEDAD, MALAMBO Y SABANALARGA BAJO LA JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO – CRA, DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO

PRESENTADO POR:



CONTRATISTA:



BARRANQUILLA, ATLÁNTICO  
JUNIO 2012

## TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN .....	1
2.	INFORMACIÓN GENERAL DEL MONITOREO .....	2
2.1	CAMPAÑA DE MONITOREO .....	2
2.2	FECHA Y HORA DE MONITOREO .....	2
2.3	RESPONSABLE DEL INFORME.....	4
2.4	RESOLUCIONES DE ACREDITACIÓN .....	5
3.	OBJETIVOS .....	6
3.1	OBJETIVO GENERAL .....	6
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	6
4.	LOCALIZACIÓN DE LA ESTACIÓN .....	7
4.1	DESCRIPCIÓN DE LAS POBLACIONES .....	7
4.1.1	Soledad .....	8
4.1.1.1	Demografía .....	8
4.1.1.2	Geografía .....	8
4.1.1.3	Economía .....	8
4.1.2	Malambo.....	9
4.1.2.1	Demografía .....	9
4.1.2.2	Geografía .....	9
4.1.2.3	Economía .....	10
4.1.3	Sabanalarga.....	11
4.1.3.1	Demografía .....	11
4.1.3.2	Geografía .....	11
4.1.3.3	Economía .....	11
4.2	MACROLOCALIZACIÓN.....	12
4.3	MICROLOCALIZACIÓN .....	15
4.3.1	Ubicación de las estaciones para PM <sub>10</sub> , NO <sub>2</sub> y SO <sub>2</sub> .....	15
4.3.2	Ubicación de los muestreadores pasivos para O <sub>3</sub> .....	17
4.3.3	Inventario de fuentes y su entorno .....	17
4.4	INSTRUMENTACIÓN Y EQUIPOS DE MEDICIÓN UTILIZADOS .....	18



4.5	OTROS ASPECTOS DEL MONITOREO.....	19
4.5.1	Selección del sitio de monitoreo .....	19
5.	NORMATIVIDAD Y LEGISLACIÓN VIGENTE.....	20
5.1	NORMA SEGÚN RESOLUCIÓN 610 DE 2010 DEL MADS .....	20
6.	METEOROLOGÍA.....	21
6.1	MUNICIPIOS DE SOLEDAD Y MALAMBO.....	21
7.	RESULTADOS DEL MONITOREO .....	23
7.1	MUNICIPIO DE SOLEDAD Y MALAMBO.....	23
7.1.1	Resultados PM <sub>10</sub> y comparación con la norma .....	23
7.1.2	Resultados de SO <sub>2</sub> y comparación con la norma .....	26
7.1.3	Resultados de NO <sub>2</sub> y comparación con la norma .....	26
7.1.4	Resultados O <sub>3</sub> y comparación con la norma .....	28
7.2	MUNICIPIO DE SABANALARGA .....	30
7.2.1	Resultados O <sub>3</sub> y comparación con la norma .....	30
8.	OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES.....	32
8.1	GENERALIDADES .....	32
8.2	METEOROLOGÍA .....	32
8.3	MUNICIPIO DE SOLEDAD .....	32
8.3.1	Material Particulado (PM <sub>10</sub> ) .....	32
8.3.2	Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> ) .....	33
8.3.3	Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> ).....	33
8.4	MUNICIPIO DE MALAMBO.....	34
8.4.1	Material Particulado (PM <sub>10</sub> ) .....	34
8.4.2	Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> ) .....	34
8.4.3	Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> ).....	35
8.5	RESULTADOS DE OZONO .....	35
9.	REFERENCIAS.....	37

## LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1. Ubicación de las poblaciones.....	7
Figura 4.2. Establecimientos según actividad económica en Soledad .....	9
Figura 4.3. Establecimientos según actividad económica en Malambo.....	10
Figura 4.4. Establecimientos según actividad económica en Sabanalarga .....	12
Figura 4.5. Ubicación de las estaciones de calidad del aire.....	12
Figura 4.6. Ubicación de los muestreadores pasivos de ozono en Soledad.....	13
Figura 4.7. Ubicación de los muestreadores pasivos de ozono en Malambo .....	14
Figura 4.8. Ubicación de los muestreadores pasivos de ozono en Sabanalarga .....	14
Figura 6.1. Estación meteorológica en Soledad - Malambo .....	21
Figura 6.2. Rosa de vientos en Soledad - Malambo .....	22
Figura 7.1. Resultados de PM <sub>10</sub> promedio – Soledad y Malambo .....	24
Figura 7.2. Resultados de PM <sub>10</sub> vs norma diaria – Soledad y Malambo .....	25
Figura 7.3. Consolidado Resultados de NO <sub>2</sub> – Soledad y Malambo .....	27
Figura 7.4. Resultados de O <sub>3</sub> - Soledad .....	29
Figura 7.5. Resultados de O <sub>3</sub> - Malambo .....	30
Figura 7.6. Resultados de O <sub>3</sub> - Sabanalarga .....	31

## LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1. Información básica de las estaciones de calidad del aire .....	2
Tabla 2.2. Información básica de los muestreadores pasivos de Ozono en Soledad .....	3
Tabla 2.3. Información básica de los muestreadores pasivos de Ozono en Malambo .....	3
Tabla 2.4. Información básica de los muestreadores pasivos de Ozono en Sabanalarga .....	4
Tabla 4.1. Número de habitantes en Soledad .....	8
Tabla 4.2. Número de habitantes en Malambo .....	9
Tabla 4.3. Número de habitantes en Sabanalarga .....	11
Tabla 4.4. Nomenclatura para las estaciones de calidad del aire .....	13
Tabla 4.5. Nomenclatura para los puntos de toma de muestra de ozono .....	15
Tabla 4.6. Equipos de monitoreo registro fotográfico de la ubicación de las estaciones en SOLEDAD .....	16
Tabla 4.7. Equipos de monitoreo registro fotográfico de la ubicación de las estaciones en MALAMBO .....	16
Tabla 4.8. Coordenadas de ubicación para los puntos de toma de muestra de ozono .....	17
Tabla 4.9. Descripción del entorno y las fuentes de emisión .....	18
Tabla 4.10. Instrumentos utilizados para realizar las calibraciones en campo .....	18
Tabla 4.11. Equipos utilizados para realizar las mediciones en campo .....	18
Tabla 5.1. Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio .....	20
Tabla 6.1. Consolidado de la información meteorológica en Soledad - Malambo .....	21
Tabla 7.1. Resultados diarios de PM <sub>10</sub> – Soledad y Malambo .....	23
Tabla 7.2. Resultados diarios de SO <sub>2</sub> – Soledad y Malambo .....	26
Tabla 7.3. Resultados diarios de NO <sub>2</sub> - Soledad y Malambo .....	28
Tabla 7.4. Resultados semanales de ozono – Soledad .....	28
Tabla 7.5. Resultados semanales de ozono – Malambo .....	29
Tabla 7.6. Resultados semanales de ozono – Sabanalarga .....	31
Tabla 8.1. Condiciones meteorológicas consolidadas .....	32



## ANEXOS

ANEXO 1. INFORMACIÓN GENERAL

ANEXO 2. FORMATO DE CÁLCULOS DE CONCENTRACIÓN

ANEXO 2.A. MATERIAL PARTICULADO (PM10)

ANEXO 2.B. DIÓXIDO DE AZUFRE (SO<sub>2</sub>) Y DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO<sub>2</sub>)

ANEXO 3. FORMATOS DE CAMPO

ANEXO 3.A. MATERIAL PARTICULADO (PM10)

ANEXO 3.B. DIÓXIDO DE AZUFRE (SO<sub>2</sub>) Y DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO<sub>2</sub>)

ANEXO 3.C. OZONO (O<sub>3</sub>)

ANEXO 4. CALIBRACIÓN DE EQUIPOS

ANEXO 5. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN

ANEXO 6. REGISTRO FOTOGRÁFICO

ANEXO 7. REPORTES DE LABORATORIO

ANEXO 8. ACREDITACIÓN DEL IDEAM

ANEXO 9. FICHA TÉCNICA DE MUESTREADORES PASIVOS DE OZONO

ANEXO 10. FIRMA CONSULTORA

v

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente informe contiene el estudio de las campañas de monitoreo de calidad del aire en poblaciones de interés bajo la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Atlántico – CRA en el departamento del Atlántico, desarrollado por la firma consultora K2 Ingeniería S.A.S. entre los meses de mayo y junio de 2012.

Mediante el estudio se busca determinar las condiciones actuales de calidad del aire en las poblaciones de los municipios de Soledad, Malambo y Sabanalarga. Considerando los contaminantes criterio establecidos en la legislación colombiana, las mediciones de calidad del aire se realizaron del 11 de mayo al 5 de junio de 2012 para determinar los valores actuales de: partículas suspendidas totales de diámetro inferior a 10 micras (PM10), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), y ozono (O<sub>3</sub>).

En las determinaciones se utilizaron los métodos de muestreo y de cálculo recomendados por la Agencia de Protección Ambiental (U.S. EPA) de los Estados Unidos de América y avalados en la normatividad colombiana, así como los términos de referencia dados por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MADS (actualmente Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible - MADS) mediante el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire.

El documento incluye el objeto del estudio, la metodología seguida en la ejecución de los muestreos y el reporte de cálculos junto con el respectivo análisis de resultados. Se presenta la comparación de los resultados de las mediciones con la norma vigente para calidad del aire, la Resolución 601 del 4 de abril de 2006 y la Resolución 610 del 24 de marzo de 2010 del MADS, junto con las conclusiones respectivas.

## 2. INFORMACIÓN GENERAL DEL MONITOREO

### 2.1 CAMPAÑA DE MONITOREO

En la presente campaña de monitoreos se realizaron mediciones para determinar la calidad del aire en poblaciones de interés: Soledad, Malambo y Sabanalarga, bajo la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Atlántico – CRA, departamento del Atlántico. Los contaminantes monitoreados fueron partículas suspendidas totales de diámetro inferior a 10 micras (PM10), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), y ozono (O<sub>3</sub>). A continuación son resumidas las mediciones realizadas en cada población:

POBLACIÓN	TECNOLOGÍA DE MEDICIÓN	CONTAMINANTE	Número de estaciones o puntos de toma de muestras
SOLEDAD	HI-VOL VFC, activo.	PM10	2
	RAC 3 gases, activo.	NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>	2
	Tubos pasivos.	O <sub>3</sub>	15*
MALAMBO	HI-VOL VFC, activo.	PM10	2
	RAC 3 gases, activo.	NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>	2
	Tubos pasivos.	O <sub>3</sub>	7*
SABANALARGA	Tubos pasivos.	O <sub>3</sub>	5*

\* Muestreo realizado por duplicado

PÁG. 2

En el Capítulo 4 de este documento se detalla información relevante de las estaciones de monitoreo y los equipos de medición empleados.

### 2.2 FECHA Y HORA DE MONITOREO

Para las mediciones de calidad del aire de PM10, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>, la identificación de las estaciones de monitoreo y las fechas de medición son presentadas a continuación:

**Tabla 2.1. Información básica de las estaciones de calidad del aire**

POBLACIÓN	ESTACIÓN	FECHA INICIO	FECHA FIN	No. MUESTRAS VÁLIDAS	CONTAMINANTES
SOLEDAD	1 - Parqueadero	18/05/2012	05/06/2012	54	PM10, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>
	2 - El Jardín	18/05/2012	05/06/2012	50	PM10, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>
MALAMBO	3 - Pick up	18/05/2012	05/06/2012	54	PM10, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>
	4 - De La Rosa	18/05/2012	05/06/2012	48	PM10, NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>

Las mediciones para los contaminantes PM10, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> realizadas con tecnología manual HI-VOL VFC en cada una de las estaciones tuvieron una duración de 18 días continuos. Para las mediciones de Ozono (O<sub>3</sub>), se emplearon muestreadores pasivos por duplicado durante 7 días continuos cada uno; en la Tabla



2.2, Tabla 2.3 y Tabla 2.4 se resume la información básica de los puntos de toma de muestra para las poblaciones de Soledad, Malambo y Sabanalarga, respectivamente.

**Tabla 2.2. Información básica de los muestreadores pasivos de Ozono en Soledad**

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO PASSAM	INICIO		FIN	
		FECHA	HORA	FECHA	HORA
POSTE N° 2	KKI 128	11/05/2012	12:05	18/05/2012	12:15
	KKI 173	11/05/2012		18/05/2012	
POSTE PETROMIL	KKI 186	11/05/2012	12:16	18/05/2012	12:27
	KKI 101	11/05/2012		18/05/2012	
DROGUERÍA 18	KKI 125	11/05/2012	12:28	18/05/2012	12:37
	KKI 135	11/05/2012		18/05/2012	
NOTARÍA SEGUNDA	KKI 113	11/05/2012	12:45	18/05/2012	12:52
	KKI 141	11/05/2012		18/05/2012	
FERRETERÍA LA Y	KKI 169	11/05/2012	12:55	18/05/2012	01:00
	KKI 175	11/05/2012		18/05/2012	
BUTIFARRAS 15	KKI 152	11/05/2012	02:25	18/05/2012	01:23
	KKI 118	11/05/2012		18/05/2012	
DESPUÉS DEL PUENTE	KKI 025	11/05/2012	02:45	18/05/2012	01:40
	KKI 144	11/05/2012		18/05/2012	
LA 30 CON 11	KKI 174	11/05/2012	03:07	18/05/2012	02:03
	KKI 182	11/05/2012		18/05/2012	
LA 30 CON 17	KKI 171	11/05/2012	03:18	18/05/2012	02:12
	KKI 142	11/05/2012		18/05/2012	
LA 30 CON 19	KKI 107	11/05/2012	03:25	18/05/2012	02:20
	KKI 116	11/05/2012		18/05/2012	
LA 30 DIAGONAL	KKI 127	11/05/2012	03:40	18/05/2012	02:40
	KKI 160	11/05/2012		18/05/2012	
LA 30 KOMATSU	KKI 119	11/05/2012	03:50	18/05/2012	02:45
	KKI 133	11/05/2012		18/05/2012	
LA 30 COL FATI	KKI 106	11/05/2012	04:02	18/05/2012	02:57
	KKI 164	11/05/2012		18/05/2012	
PUENTE LA 30	KKI 168	11/05/2012	04:14	18/05/2012	03:07
	KKI 191	11/05/2012		18/05/2012	
BOULEVAR SIMÓN	KKI 135	11/05/2012	04:22	18/05/2012	03:17
	KKI 153	11/05/2012		18/05/2012	

PÁG. 3

**Tabla 2.3. Información básica de los muestreadores pasivos de Ozono en Malambo**

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO PASSAM	INICIO		FIN	
		FECHA	HORA	FECHA	HORA
BATALLÓN ANT.	KKI 124	12/05/2012	11:30	19/05/2012	10:30

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO PASSAM	INICIO		FIN	
		FECHA	HORA	FECHA	HORA
<b>N.</b>	KKI 189	12/05/2012		19/05/2012	
<b>CASA AMARILLA</b>	KKI 112	12/05/2012	11:50	19/05/2012	10:45
	KKI 114	12/05/2012		19/05/2012	
<b>LLUVIA DE POSTES</b>	KKI 123	12/05/2012	12:08	19/05/2012	11:05
	KKI 126	12/05/2012		19/05/2012	
<b>HOTEL EN CONSTRUCCIÓN</b>	KKI 103	12/05/2012	12:15	19/05/2012	11:15
	KKI 148	12/05/2012		19/05/2012	
<b>CRA. 13 DIAG. 15</b>	KKI 146	12/05/2012	12:30	19/05/2012	11:25
	KKI 176	12/05/2012		19/05/2012	
<b>LOTES BALDÍOS</b>	KKI 136	12/05/2012	01:10	19/05/2012	11:50
	KKI 179	12/05/2012		19/05/2012	
<b>INVASIÓN MALAMBO</b>	KKI 117	12/05/2012	01:35	19/05/2012	12:10
	KKI 187	11/05/2012		18/05/2012	

**Tabla 2.4. Información básica de los muestreadores pasivos de Ozono en Sabanalarga**

LUGAR DE MUESTREO	CÓDIGO PASSAM	INICIO		FIN	
		FECHA	HORA	FECHA	HORA
<b>E.D.S. ECOS</b>	KKI 110	12/05/2012	03:30	19/05/2012	03:03
	KKI 154	12/05/2012		19/05/2012	
<b>EST BOMBEROS</b>	KKI 180	12/05/2012	03:40	19/05/2012	03:13
	KKI 145	12/05/2012		19/05/2012	
<b>PLAZA CATEDRAL</b>	KKI 177	12/05/2012	04:07	19/05/2012	03:37
	KKI 121	12/05/2012		19/05/2012	
<b>ANTENA 30</b>	KKI 158	12/05/2012	04:25	19/05/2012	03:50
	KKI 192	12/05/2012		19/05/2012	
<b>SEDE CAMPESTRE</b>	KKI 120	12/05/2012	04:41	19/05/2012	04:10
	KKI 149	12/05/2012		19/05/2012	

En el Capítulo 4 de este documento se detalla información relevante de las estaciones de monitoreo y los equipos de medición empleados. En el Anexo 3, se reportan los formatos de campo donde se especifica la fecha de inicio y fecha final así como la hora inicial y final de cada una de las mediciones diarias; los formatos FOM415V:02, FOM404V:03 y FOM482V:02 muestran las mediciones de PM10, gases NO<sub>2</sub>-SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> realizadas en campo, respectivamente.

### 2.3 RESPONSABLE DEL INFORME

Los monitoreos y el presente informe fueron realizados por K2 Ingeniería (N.I.T. 804.007.055-3), empresa colombiana dedicada a áreas de consultoría ambiental, instalación y mantenimiento de equipos, y suministros, se encuentra certificada en las normas ISO-9001, ISO-14001 y OSHAS-18001 con

ICONTEC, además está acreditada ante el IDEAM para la realización de monitoreos de calidad del aire e isocinéticos. Durante estos 13 años la firma ha desarrollado proyectos para: MADS, FONADE, BANCO MUNDIAL, ECOPETROL, COALCORP, C.I. PRODECO, CERREJON, CMSA, BP, CDJ, CMU, entre otras 600 empresas de los sectores público y privado.

## 2.4 RESOLUCIONES DE ACREDITACIÓN

En el Anexo 8, se adjunta:

- La Resolución IDEAM 1841 del 23 de octubre de 2009 mediante la cual se acredita a K2 Ingeniería para producir información cuantitativa física y química para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes.
- La Resolución IDEAM 2611 de Noviembre de 2010 mediante la cual se acredita al laboratorio Integra Lab. S.A.S. el cual realizó los análisis de laboratorio para la determinación de material particulado (PM10) y gases (NO<sub>2</sub>-SO<sub>2</sub>) para calidad del aire. El Laboratorio se encuentra acreditado para producir información cuantitativa física y química para los estudios o análisis ambientales, requeridos por las autoridades ambientales competentes, e información de carácter oficial relacionada con el recurso aire.
- El certificado de la Comisión Federal de Acreditaciones de Suiza donde se acredita al laboratorio Passam Ltd., para realizar pruebas de laboratorio para análisis de aire vía muestreadores difusivos en ambiente, interiores y sitios de trabajo con ayuda de espectrofotometría y cromatografía de gas y iones.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GENERAL

Las mediciones tienen como objeto determinar la calidad del aire en poblaciones de interés bajo la jurisdicción de la CRA, realizando campañas de monitoreo en los municipios de Soledad, Malambo y Sabanalarga, del departamento de Atlántico; se determinaron los niveles de inmisión de los contaminantes criterio: material particulado (PM10) y gases (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub>), y así dar cumplimiento a su vez a lo establecido por la Resolución 610 de 2010 y los requerimientos del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

El estudio comprende los siguientes productos:

- Presentación de resultados de los monitoreos en un informe que cumpla con lo establecido en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire (Resolución 2154 de 2010).
- Análisis de concentraciones obtenidas en los monitoreos.
- Comparación de los resultados obtenidos con la norma vigente para Colombia de calidad del aire, la Resolución 601 de 2006 del MADS, teniendo en cuenta las modificaciones realizadas por la Resolución 610 de 2010 del MADS.
- Presentar un documento técnico final con resultados, análisis y conclusiones para el periodo de estudio analizado.

## 4. LOCALIZACIÓN DE LA ESTACIÓN

### 4.1 DESCRIPCIÓN DE LAS POBLACIONES

Como se ha mencionado anteriormente, se identificaron 3 poblaciones para complementar el estudio de calidad del aire (Malambo, Soledad y Sabanalarga) de interés en el departamento del Atlántico, bajo la jurisdicción de la CRA, teniendo en cuenta la actividad industrial, canteras y densidad poblacional presente en cada una de ellas.



**Figura 4.1. Ubicación de las poblaciones**

Fuente: Poblaciones de interés bajo la jurisdicción de la CRA

A continuación son descritas las principales características de cada población:

#### 4.1.1 Soledad<sup>1</sup>

##### 4.1.1.1 Demografía

En la siguiente tabla se especifica el número de habitantes en la cabecera municipal y en el área rural del municipio de Soledad, el total de habitantes censados en el año 2005 y la proyección de la población para el año 2010.

**Tabla 4.1. Número de habitantes en Soledad**

Viviendas, Hogares y Personas				
Área	Viviendas Censo	Hogares General	Personas 2005	Proyección Población 2010
Cabecera	92.774	102.169	455.029	534.735
Resto	202	198	767	682
Total	92.976	102.367	455.796	535.417

Fuente: DANE 2005

##### 4.1.1.2 Geografía

La localización del municipio de Soledad con relación a las coordenadas geográficas es la siguiente: 10°55' de Latitud Norte y 74°46' de Longitud Oeste. Como consecuencia de la situación geo-astronómica con respecto a la Latitud, el municipio se encuentra en el hemisferio Norte y en la zona intertropical o tórrida y, con respecto a la Longitud, está a 5 horas de diferencia del meridiano de Greenwich.

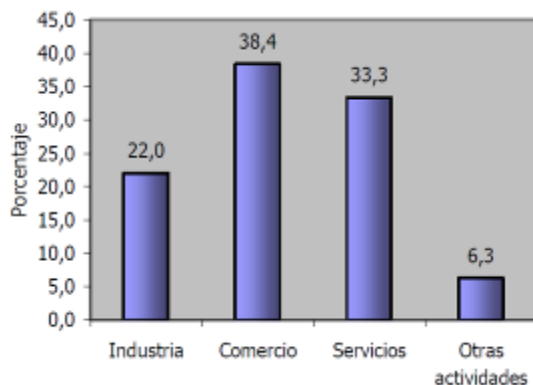
PÁG. 8

- Límites del municipio: Al Norte con el Distrito Industrial y Portuario de Barranquilla. Al Este con el Río Magdalena. Al Sur con el municipio de Malambo. Al Oeste con el municipio de Galapa.
- Extensión total: Respecto a su extensión, el Anuario Estadístico de la Gobernación del Atlántico, le atribuye 67 kilómetros cuadrados (km<sup>2</sup>), equivalente a 6700 hectáreas. Su extensión equivale, igualmente, al 1.97% de la extensión total del departamento del Atlántico.
- Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): 5
- Temperatura media: 27°C - 28°C

##### 4.1.1.3 Economía

El municipio de Soledad se caracteriza por el gran conglomerado de industrias que desarrollan fundamentalmente actividades como la farmacéutica y la de generación de energía termoeléctrica. Seguidamente, se presenta el porcentaje de establecimientos según la actividad económica que realizan:

<sup>1</sup> <http://www.soledad-atlantico.gov.co/index.shtml>



**Figura 4.2. Establecimientos según actividad económica en Soledad**

Fuente: DANE 2005

De acuerdo a lo representado por la gráfica anterior, el 22.0% de los establecimientos se dedica a la industria; el 38.4% a comercio; el 33.3% a servicios y el 6.3% a otra actividad. Por lo anterior, es claro que la actividad predominante en el municipio se relaciona a las actividades de comercio y servicios, sin embargo, el porcentaje para industria es mucho mayor al presentado en las anteriores poblaciones.

#### 4.1.2 Malambo<sup>2</sup>

##### 4.1.2.1 Demografía

En la siguiente tabla se especifica el número de habitantes en la cabecera municipal y en el área rural del municipio de Malambo, el total de habitantes censados en el año 2005 y la proyección de la población para el año 2010.

**Tabla 4.2. Número de habitantes en Malambo**

Viviendas, Hogares y Personas				
Área	Viviendas Censo	Hogares General	Personas 2005	Proyección Población 2010
Cabecera	18.453	20.301	93.133	104.758
Resto	1.246	1.371	5.925	6.499
<b>Total</b>	<b>19.699</b>	<b>21.672</b>	<b>99.058</b>	<b>111.257</b>

Fuente: DANE 2005

##### 4.1.2.2 Geografía

Malambo se localiza en la ribera oriental del Río Magdalena y es uno de los cinco que conforman el área metropolitana de Barranquilla. Se ubica en la latitud: 10°52' Norte y longitud 74°47' Oeste. El municipio dispone del corregimiento de Caracolí y la vereda El Tamarindo.

<sup>2</sup> <http://www.malambo-atlantico.gov.co/index.shtml>

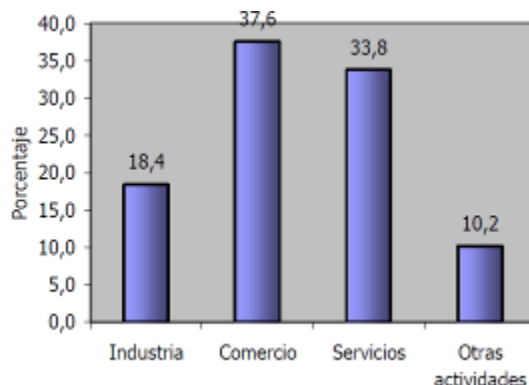


- Límites del municipio: al Norte con el municipio de Soledad, por el Este con el Río Magdalena, por el Oeste con los municipios de Galapa y Baranoa, por el Sur con los municipios de Sabanagrande y Polonuevo.
- Extensión total: La extensión del municipio de Malambo es de 108 km<sup>2</sup>, que representa con relación a la superficie del departamento el 2.92 %. De este total, 359 ha corresponden a cuerpos de agua.
- Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): 10
- Temperatura media: 27°C

#### 4.1.2.3 Economía

Desde el punto de vista territorial-funcional (económico, social, administrativo y tecnológico) dependen en gran medida del centro capital, Barranquilla, ante circunstancias propiciadas por la debilidad de las actividades socio-económicas locales. Frente a ese hecho se requiere potenciar recursos que asociados a las actividades turísticas y recreativas contribuyan a iniciar actividades productivas alternativas que contribuyan a la generación de una base económicas de mayor consistencia y sentido redistributivo hacia el conjunto de la población.

Seguidamente, se presenta el porcentaje de establecimientos según la actividad económica que realizan:



**Figura 4.3. Establecimientos según actividad económica en Malambo**

Fuente: DANE 2005

De acuerdo a lo representado por la gráfica anterior, el 18.4% de los establecimientos se dedica a la industria; el 37.6% a comercio; el 33.8% a servicios y el 10.2% a otra actividad. Por lo anterior, es claro que la actividad predominante en el municipio se relaciona a las actividades de comercio y servicios, sin embargo, el porcentaje para industria es cercano al de Soledad dado que son sitios donde se ubica el complejo industrial de Barranquilla.



### 4.1.3 Sabanalarga<sup>3</sup>

#### 4.1.3.1 Demografía

En la siguiente tabla se especifica el número de habitantes en la cabecera municipal y en el área rural del municipio de Sabanalarga, el total de habitantes censados en el año 2005 y la proyección de la población para el año 2010.

**Tabla 4.3. Número de habitantes en Sabanalarga**

Viviendas, Hogares y Personas				
Área	Viviendas Censo	Hogares General	Personas 2005	Proyección Población 2010
Cabecera	12.310	12.973	65.351	73.987
Resto	4.264	4.039	19.059	18.555
Total	16.574	17.012	84.410	92.542

Fuente: DANE 2005

#### 4.1.3.2 Geografía

Sabanalarga consta de terreno plano y cálido. El municipio de encuentra a una distancia de 41 km desde Barranquilla en dirección Sur. Se ubica en la latitud: 10°40' Norte y longitud 74°55' Oeste.

El municipio dispone de los corregimientos Aguada de Pablo, Cascajal, Colombia, Gallego, Isabel López, La Peña y Molineros; y de las veredas de Cumaco, Mirador y Patilla.

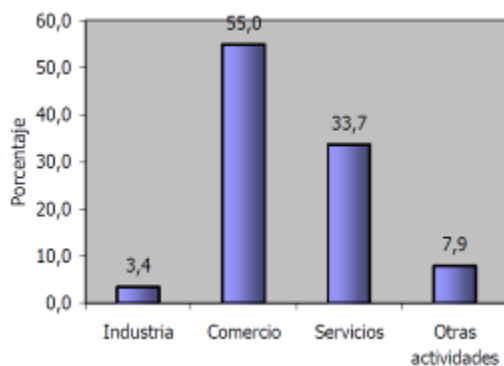
PÁG. 11

- Límites del municipio: Sus linderos son los municipios de Polonuevo, Baranoa y Usiacurí, por el Norte; Repelón, Manatí y Candelaria, por el Sur; Ponedera, por el Este, Luruaco, por el Oeste; y Piojó, por el Noroeste.
- Extensión total: La extensión del municipio de Sabanalarga es de 399 km<sup>2</sup>.
- Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): 99
- Temperatura media: 28°C

#### 4.1.3.3 Economía

La agricultura, la ganadería, el comercio y los servicios públicos son sus principales actividades económicas. En los últimos quince años ha tenido un crecimiento vertiginoso el cual se ve reflejado en desarrollo de la ciudad, en la infraestructura, en la malla vial y en el buen clima de negocio. Seguidamente, se presenta el porcentaje de establecimientos según la actividad económica que realizan:

<sup>3</sup> <http://www.sabanalarga-atlantico.gov.co/index.shtml>



**Figura 4.4. Establecimientos según actividad económica en Sabanalarga**

Fuente: DANE 2005

De acuerdo a lo representado por la gráfica anterior, el 3.4% de los establecimientos se dedica a la industria; el 55.0% a comercio; el 33.7% a servicios y el 7.9% a otra actividad. Por lo anterior, es claro que la actividad predominante en el municipio se relaciona a las actividades de comercio.

## 4.2 MACROLOCALIZACIÓN

En la Figura 4.5, es presentada la ubicación de las estaciones de calidad del aire ubicados en los municipios de Soledad y Malambo:



**Figura 4.5. Ubicación de las estaciones de calidad del aire**

Fuente: Google Earth

**Tabla 4.4. Nomenclatura para las estaciones de calidad del aire**

Nomenclatura	Estación	Municipio	Departamento
S1	1- Parquadero	Soledad	Atlántico
S2	2- Jardín	Soledad	Atlántico
M3	3- Pick up	Malambo	Atlántico
M4	4- De La Rosa	Malambo	Atlántico

En la Figura 4.6, Figura 4.7, y Figura 4.8, es presentada la localización de los puntos para toma de muestras de calidad del aire específicamente **para el contaminante ozono ( $O_3$ )**, ubicados en los municipios de Soledad, Malambo y Sabanalarga, respectivamente:

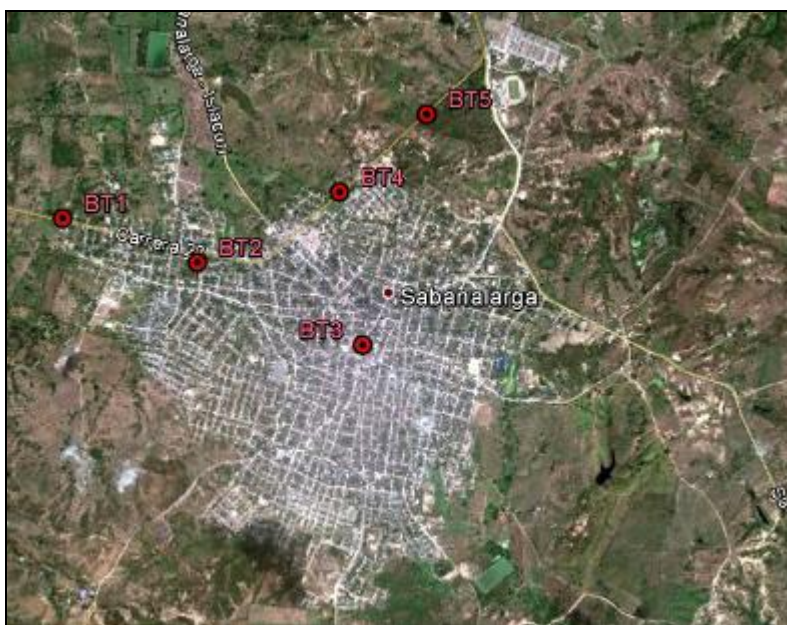


**Figura 4.6. Ubicación de los muestreadores pasivos de ozono en Soledad**  
Fuente: Google Earth





**Figura 4.7. Ubicación de los muestreadores pasivos de ozono en Malambo**  
Fuente: Google Earth



**Figura 4.8. Ubicación de los muestreadores pasivos de ozono en Sabanalarga**  
Fuente: Google Earth

**Tabla 4.5. Nomenclatura para los puntos de toma de muestra de ozono**

<b>Nomenclatura</b>	<b>Punto</b>	<b>Municipio</b>	<b>Departamento</b>
<b>ST1</b>	POSTE N° 2	Soledad	Atlántico
<b>ST2</b>	POSTE PETROMIL	Soledad	Atlántico
<b>ST3</b>	DROGUERÍA 18	Soledad	Atlántico
<b>ST4</b>	NOTARÍA SEGUNDA	Soledad	Atlántico
<b>ST5</b>	FERRETERÍA LA Y	Soledad	Atlántico
<b>ST6</b>	BUTIFARRAS 15	Soledad	Atlántico
<b>ST7</b>	DESPUÉS DEL PUENTE	Soledad	Atlántico
<b>ST8</b>	LA 30 CON 11	Soledad	Atlántico
<b>ST9</b>	LA 30 CON 17	Soledad	Atlántico
<b>ST10</b>	LA 30 CON 19	Soledad	Atlántico
<b>ST11</b>	LA 30 DIAGONAL	Soledad	Atlántico
<b>ST12</b>	LA 30 KOMATSU	Soledad	Atlántico
<b>ST13</b>	LA 30 COL FATI	Soledad	Atlántico
<b>ST14</b>	PUENTE LA 30	Soledad	Atlántico
<b>ST15</b>	BOULEVAR SIMÓN	Soledad	Atlántico
<b>MT1</b>	BATALLÓN ANT. N.	Malambo	Atlántico
<b>MT2</b>	CASA AMARILLA	Malambo	Atlántico
<b>MT3</b>	LLUVIA DE POSTES	Malambo	Atlántico
<b>MT4</b>	HOTEL EN CONSTRUCCIÓN	Malambo	Atlántico
<b>MT5</b>	CRA. 13 DIAG. 15	Malambo	Atlántico
<b>MT6</b>	LOTES BALDÍOS	Malambo	Atlántico
<b>MT7</b>	INVASIÓN MALAMBO	Malambo	Atlántico
<b>BT1</b>	E.D.S. ECOS	Sabanalarga	Atlántico
<b>BT2</b>	EST BOMBEROS	Sabanalarga	Atlántico
<b>BT3</b>	PLAZA CATEDRAL	Sabanalarga	Atlántico
<b>BT4</b>	ANTENA 30	Sabanalarga	Atlántico
<b>BT5</b>	SEDE CAMPESTRE	Sabanalarga	Atlántico

Para la localización de las estaciones de monitoreo se siguieron los lineamientos del Protocolo Nacional de Monitoreo y Vigilancia de la Calidad del Aire; para ello se tuvo en cuenta la ubicación y presencia de fuentes en el entorno tal como se describe a continuación. Cada punto de toma de muestra se ubicó de acuerdo a ello y las condiciones de viento en la zona de interés del proyecto, así como a la seguridad de los equipos.

### 4.3 MICROLOCALIZACIÓN

#### 4.3.1 Ubicación de las estaciones para PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>

En las tablas siguientes se presenta un resumen general de cada estación en las poblaciones de interés, las coordenadas de georreferenciación y una descripción general del sitio donde se ubicaron. Las coordenadas de los puntos fueron obtenidas con GPS en el sistema WGS84, por lo que se presentan la latitud y longitud en grados (°), minutos (') y segundos (")

**Tabla 4.6. Equipos de monitoreo registro fotográfico de la ubicación de las estaciones en SOLEDAD**

<b>1-Parqueadero</b>		<b>Coordenadas</b>	N 10°56'47.1" W 74°46'05.6"
	<b>Altitud</b>		15 msnm
	<b>Descripción de la ubicación</b>		Parqueadero de buses y vehículos, en zona industrial del municipio de Soledad.
	<b>Equipos</b>		PM10 (HI-VOL), NO <sub>2</sub> -SO <sub>2</sub> (RAC 3 Gases).
<b>2-Jardín</b>		<b>Coordenadas</b>	N 10°54'16.2" W 74°46'40.6"
	<b>Altitud</b>		18 msnm
	<b>Descripción de la ubicación</b>		Barrio Residencial Jardín en la cabecera municipal de Soledad.
	<b>Equipos</b>		PM10 (HI-VOL), NO <sub>2</sub> -SO <sub>2</sub> (RAC 3 Gases).

**Tabla 4.7. Equipos de monitoreo registro fotográfico de la ubicación de las estaciones en MALAMBO**

<b>3-Pick up</b>		<b>Coordenadas</b>	N 10°51'44.4" W 74°46'47.7"
	<b>Altitud</b>		19 msnm
	<b>Descripción de la ubicación</b>		Frente a planta Avícola, zona industrial-residencial, Malambo.
	<b>Equipos</b>		PM10 (HI-VOL), NO <sub>2</sub> -SO <sub>2</sub> (RAC 3 Gases).
<b>4-De La Rosa</b>		<b>Coordenadas</b>	N 10°50'58.8" W 74°46'18.9"
	<b>Altitud</b>		9 msnm
	<b>Descripción de la ubicación</b>		Barrio Residencial De La Rosa en la cabecera municipal de Malambo.
	<b>Equipos</b>		PM10 (HI-VOL), NO <sub>2</sub> -SO <sub>2</sub> (RAC 3 Gases).

### 4.3.2 Ubicación de los muestreadores pasivos para O<sub>3</sub>

En la Tabla 4.8 se presenta un resumen general de cada punto de toma de muestra en las poblaciones de interés, las coordenadas de georreferenciación y una descripción general del sitio donde se ubicaron. Las coordenadas de los puntos fueron obtenidas con GPS en el sistema WGS84, por lo que se presentan la latitud y longitud en grados (°), minutos (') y segundos (")

**Tabla 4.8. Coordenadas de ubicación para los puntos de toma de muestra de ozono**

Nomenclatura	Punto	NORTE	OESTE
ST1	POSTE N° 2	10°56'15.7"	74°46'3.0"
ST2	POSTE PETROMIL	10°55'58.2"	74°45'52.9"
ST3	DROGUERÍA 18	10°55'41.4"	74°45'51.6"
ST4	NOTARÍA SEGUNDA	10°55'22.1"	74°45'48.8"
ST5	FERRETERÍA LA Y	10°55'10.9"	74°45'50.9"
ST6	BUTIFARRAS 15	10°54'53.8"	74°45'57.8"
ST7	DESPUÉS DEL PUENTE	10°54'37.7"	74°46'3.2"
ST8	LA 30 CON 11	10°54'34.1"	74°46'16.8"
ST9	LA 30 CON 17	10°54'54.1"	74°46'25.2"
ST10	LA 30 CON 19	10°55'1.3"	74°46'28.1"
ST11	LA 30 DIAGONAL	10°55'13.1"	74°46'33.0"
ST12	LA 30 KOMATSU	10°55'23.4"	74°46'37.4"
ST13	LA 30 COL FATI	10°55'44.8"	74°46'45.8"
ST14	PUENTE LA 30	10°56'5.2"	74°46'48.8"
ST15	BOULEVAR SIMÓN	10°56'22.4"	74°46'43.1"
MT1	BATALLÓN ANT. N.	10°52'50.5"	74°46'10.5"
MT2	CASA AMARILLA	10°51'22.5"	74°46'17.7"
MT3	LLUVIA DE POSTES	10°50'43.3"	74°46'13.7"
MT4	HOTEL EN CONSTRUCCIÓN	10°49'59.8"	74°46'16.6"
MT5	CRA. 13 DIAG. 15	10°51'37.8"	74°46'26.1"
MT6	LOTES BALDÍOS	10°51'03.1"	74°47'20.9"
MT7	INVASIÓN MALAMBO	10°50'43.8"	74°47'07.0"
BT1	E.D.S. ECOS	10°38'23.0"	74°56'16.2"
BT2	EST BOMBEROS	10°38'13.8"	74°55'47.9"
BT3	PLAZA CATEDRAL	10°37'56.7"	74°55'13.2"
BT4	ANTENA 30	10°38'28.3"	74°55'18.0"
BT5	SEDE CAMPESTRE	10°38'44.3"	74°54'59.7"

### 4.3.3 Inventario de fuentes y su entorno

En cada estación se identificaron las fuentes predominantes y potenciales del sector. Las estaciones de medición de calidad del aire están ubicadas de tal manera que se mide la concentración de los contaminantes criterio en áreas de interés; en cada estación se identificaron las fuentes predominantes del sector. Los equipos de medición de calidad del aire recibieron suministro de energía de las viviendas en las cuales se encontraban. En la tabla siguiente se describen las fuentes identificadas de acuerdo a la ubicación del punto de toma de muestra:



**Tabla 4.9. Descripción del entorno y las fuentes de emisión**

MUNICIPIO	ESTACIÓN	FUENTES DE EMISIÓN IDENTIFICADAS
<b>SOLEDAD</b>	1-Parqueadero	1 Industrias, laboratorios y otros.
		2 Flujo vehicular.
		3 Vía destapada cerca a la estación.
		4 Industrias.
<b>MALAMBO</b>	2-Jardín	5 Bajo flujo vehicular.
		6 Vías en mal estado.
		7 Quema de grasas para saponificación en planta avícola frente a la estación.
		8 Flujo vehicular.
<b>MALAMBO</b>	3-Pick up	9 Vías en mal estado.
		10 Bajo flujo vehicular.
<b>MALAMBO</b>	4-De La Rosa	

En todas las estaciones de calidad del aire se monitorearon los contaminantes PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> para un periodo equivalente de 18 días continuos.

Para el contaminante O<sub>3</sub>, la medición por tecnología pasiva tuvo una duración de 1 días (1 semana). Las fuentes identificadas radican principalmente en el flujo vehicular presente en las cabeceras municipales y posiblemente algunos procesos industriales presentes en el sector.

#### 4.4 INSTRUMENTACIÓN Y EQUIPOS DE MEDICIÓN UTILIZADOS

A continuación se realiza una breve descripción de los instrumentos y equipos utilizados en las mediciones en campo:

PÁG. 18

**Tabla 4.10. Instrumentos utilizados para realizar las calibraciones en campo**

MUNICIPIO	INSTRUMENTO	SERIAL Est. 01	SERIAL Est. 02
<b>SOLEDAD</b>	Gilibrator	0904013-L	0904013-L
	Variflow	2159	2159
<b>MALAMBO</b>	Gilibrator	0904013-L	0904013-L
	Variflow	2159	2159

**Tabla 4.11. Equipos utilizados para realizar las mediciones en campo**

MUNICIPIO	EQUIPO DE MEDICIÓN	SERIAL Est. 01	SERIAL Est. 02
<b>SOLEDAD</b>	Equipo muestreador HIVOL PM <sub>10</sub>	028	006
	Cabezote HIVOL PM <sub>10</sub>	2153	2152
	Controlador de flujo volumétrico PM <sub>10</sub>	P7111	P8107
	Rac de 3 gases	007	006
<b>MALAMBO</b>	Equipo muestreador HIVOL	008	014



MUNICIPIO	EQUIPO DE MEDICIÓN	SERIAL Est. 01	SERIAL Est. 02
	PM10		
	Cabezote HIVOL PM10	2154	2151
	Controlador de flujo volumétrico PM10	P7148	P8098
	Rac de 3 gases	008	015

En la Tabla 2.2, Tabla 2.3 y Tabla 2.4 fueron presentados los códigos asignados a cada tubo muestreador de ozono (teniendo en cuenta que fue un muestreo por duplicado), y en la Tabla 4.5 se presenta el ID asignado a cada uno de los puntos de toma-muestra para este contaminante. La verificación de los equipos utilizados en campo y certificados de calibración de los instrumentos y equipos utilizados en la medición se muestra en el Anexo 4 y 5.

## 4.5 OTROS ASPECTOS DEL MONITOREO

### 4.5.1 Selección del sitio de monitoreo

Para la localización de las estaciones de monitoreo se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones dadas por estamentos nacionales e internacionales.

- La distancia entre el muestreador y obstáculos cercanos (tales como edificios) debe ser dos veces la altura del obstáculo.
- La distancia a los árboles debe ser mayor a 20 metros.
- No deben existir restricciones de flujo de aire en por lo menos 270° alrededor del muestreador.
- Los muestreadores deben estar colocados entre 2 y 15 metros a nivel del suelo.
- No debe existir cerca incineradores y hornos.

La distancia de separación entre muestreadores debe ser por lo menos de 2 metros.

## 5. NORMATIVIDAD Y LEGISLACIÓN VIGENTE

### 5.1 NORMA SEGÚN RESOLUCIÓN 610 DE 2010 DEL MADS

El MADS expidió la Resolución 610 del 24 de marzo de 2010, “por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006”. La resolución establece la norma de calidad del aire o nivel de inmisión para todo el territorio nacional en condiciones de referencia, en esta se desarrollan los niveles máximos permisibles de contaminantes en la atmósfera; los procedimientos para la medición de la calidad del aire, los programas de reducción de la contaminación del aire y los niveles de prevención, alerta y emergencia y las medidas generales para su mitigación, norma aplicable a todo el territorio nacional.

En el Artículo 2 de la Resolución 610 de 2010 se establecen los niveles máximos permisibles vigentes en condiciones de referencia para contaminantes criterio. En la tabla siguiente (Tabla 5.1) se pueden observar dichos niveles. Los niveles máximos se calcularán con el promedio geométrico para PST y aritmético para los demás contaminantes.

PÁG. 20

**Tabla 5.1. Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio**

Fuente: Tabla 1. Artículo 2. Resolución 610 de 2010 – MADS.

CONTAMINANTE	NIVEL MÁXIMO PERMISIBLE ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	TIEMPO DE EXPOSICIÓN
PST	100	Anual
	300	24 horas
PM <sub>10</sub>	50	Anual
	100	24 horas
PM <sub>2.5</sub>	25	Anual
	50	24 horas
SO <sub>2</sub>	80	Anual
	250	24 horas
	750	3 horas
NO <sub>2</sub>	100	Anual
	150	24 horas
	200	1 hora
O <sub>3</sub>	80	8 horas
	120	1 hora
CO	10000 (8.8 ppm)	8 horas
	40000 (35 ppm)	1 hora

Nota:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a las condiciones de 298.15 K y 101.325 kPa (25°C y 760 mmHg).

## 6. METEOROLOGÍA

### 6.1 MUNICIPIOS DE SOLEDAD Y MALAMBO

Partiendo la cercanía que hay entre ambos municipios y dadas sus condiciones similares, se instaló una estación meteorológica de manera que la información fuese representativa para toda el área monitoreada.



Figura 6.1. Estación meteorológica en Soledad - Malambo

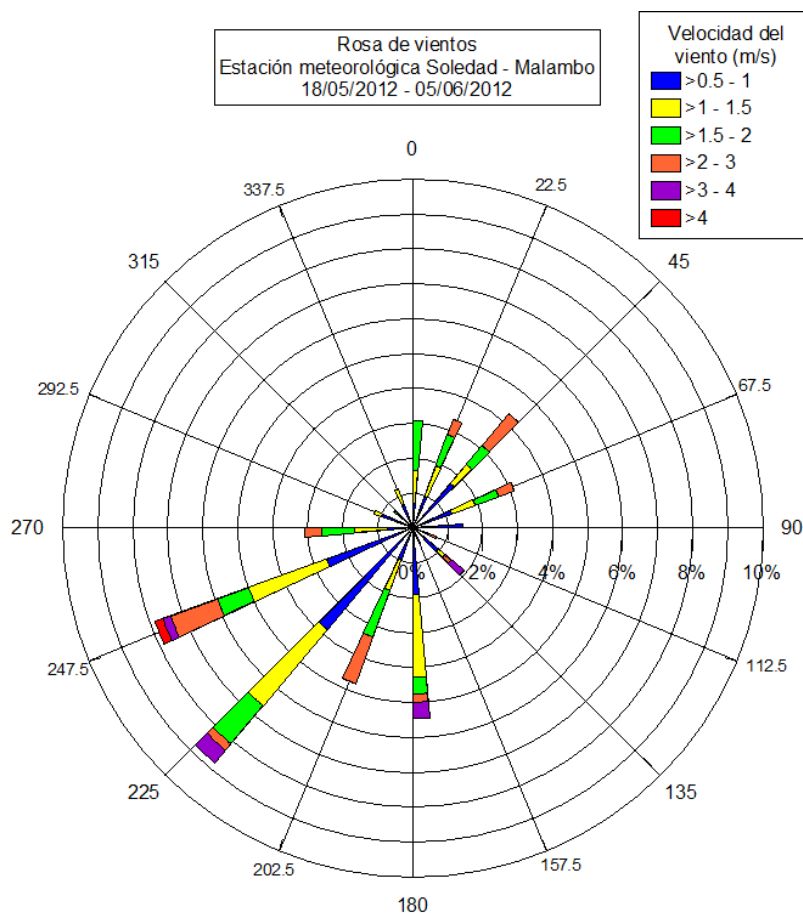
Los promedios presentados a continuación corresponden a los registros diarios representativos de todas las mediciones:

Tabla 6.1. Consolidado de la información meteorológica en Soledad - Malambo

Fecha de monitoreo	Temperatura, °C	Presión barométrica, mmHg	Precipitación, mm de H <sub>2</sub> O	Velocidad del viento, m/s	Humedad relativa, %
18/05/2012	29.01	755.96	0.00	0.60	78.94
19/05/2012	25.10	755.92	3.60	0.91	88.88
20/05/2012	27.50	756.89	0.00	0.27	83.50
21/05/2012	26.90	756.03	0.00	1.17	85.04
22/05/2012	27.34	756.10	0.00	0.79	81.00
23/05/2012	29.45	755.11	0.00	0.60	75.50
24/05/2012	26.12	755.38	0.20	1.05	88.08
25/05/2012	28.38	754.82	0.20	0.68	77.71
26/05/2012	28.99	755.45	0.00	0.92	76.83
27/05/2012	30.58	755.51	0.00	0.93	75.29
28/05/2012	30.16	756.67	0.00	0.71	80.04
29/05/2012	29.23	756.66	0.00	1.09	78.42
30/05/2012	26.82	757.03	18.40	1.48	86.78
31/05/2012	29.08	755.92	0.00	0.43	79.15

Fecha de monitoreo	Temperatura, °C	Presión barométrica, mmHg	Precipitación, mm de H <sub>2</sub> O	Velocidad del viento, m/s	Humedad relativa, %
01/06/2012	25.11	757.33	3.80	1.04	89.00
02/06/2012	27.58	756.71	0.00	0.24	83.25
03/06/2012	26.96	754.86	0.00	1.22	84.67
04/06/2012	27.40	754.74	0.00	0.71	80.58
05/06/2012	25.81	755.07	0.00	0.53	89.44

En la Figura 6.2, es presentada la rosa de vientos, la cual determina la dirección predominante del viento.



**Figura 6.2. Rosa de vientos en Soledad - Malambo**

De acuerdo a la información presentada por la rosa de vientos, puede observarse que se presentaron magnitudes de la velocidad del viento ligeramente por encima de los 4 m/s, siendo la mayor velocidad alcanzada de 4.5 m/s. La dirección proveniente del viento fue predominantemente del Oeste – Suroeste (WSW 247.5°) y Suroeste (SW 225°). El 30% de los registros correspondieron a periodos de calma donde la velocidad del viento fue igual a los 0 m/s.

## 7. RESULTADOS DEL MONITOREO

Una vez tomadas las muestras de campo, analizadas en el laboratorio y posteriormente aprobadas por el Supervisor de Calidad, se determinó que las muestras cumplían con todos los requerimientos para ser validadas y tenidas en cuenta en el tratamiento estadístico. Los resultados de material particulado PM10 y gases NO<sub>2</sub>-SO<sub>2</sub>-O<sub>3</sub> presentados en esta sección fueron obtenidos entre el 23 de abril al 5 de junio de 2012. En el Anexo 2 se pueden observar todas las variables obtenidas en el monitoreo para las estaciones y por medio de las cuales se calculan las concentraciones presentadas; todos los resultados de concentración presentados se encuentran a *CONDICIONES DE REFERENCIA DE 25°C Y 760 mmHg* de acuerdo a la normatividad ambiental. La descripción de los contaminantes monitoreados se detalló en el Anexo 1 del presente informe. En el Anexo 2 se pueden observar todas las variables obtenidas en el monitoreo para cada estación y por medio de las cuales se calculan las concentraciones presentadas para material particulado PM10 y gases NO<sub>2</sub>-SO<sub>2</sub>-O<sub>3</sub>.

### 7.1 MUNICIPIO DE SOLEDAD Y MALAMBO

#### 7.1.1 Resultados PM10 y comparación con la norma

En la Tabla 7.1 se presentan los valores diarios de concentración para material particulado PM10 obtenido en cada estación graficados en la Figura 7.2:

Tabla 7.1. Resultados diarios de PM10 – Soledad y Malambo

Fecha inicio de medición	Est. 1 (µg/m <sup>3</sup> )	Est. 2 (µg/m <sup>3</sup> )	Est. 3 (µg/m <sup>3</sup> )	Est. 4 (µg/m <sup>3</sup> )
18/05/2012	56.66	38.88	30.95	27.76
19/05/2012	23.35	-	17.83	15.88
20/05/2012	41.29	36.69	30.85	28.43
21/05/2012	37.62	30.56	35.09	26.20
22/05/2012	66.23	47.64	80.25	42.65
23/05/2012	102.53	58.76	72.12	30.29
24/05/2012	89.53	50.90	72.58	-
25/05/2012	82.27	26.74	67.59	48.01
26/05/2012	72.56	45.16	68.71	39.83
27/05/2012	94.34	65.43	78.58	54.29
28/05/2012	110.05	75.17	99.95	42.17
29/05/2012	141.90	72.23	93.13	34.94
30/05/2012	64.83	48.10	67.17	-
31/05/2012	58.66	41.52	67.32	23.93
01/06/2012	68.44	42.97	71.64	19.98
02/06/2012	91.57	59.42	105.53	13.92
03/06/2012	133.68	36.75	129.22	55.22
04/06/2012	93.23	-	94.55	28.99
PROMEDIO ARITMÉTICO	79.38	48.56	71.28	33.28

Los tiempos de medición válidos para PM10 oscilaron de 23.02 horas a 24.97 horas cumpliendo con el tiempo mínimo requerido para las mediciones.

Fueron invalidadas las muestras tomadas los días 19, 24 y 30 de mayo y 4 de junio de 2012 en las estaciones 2 - El Jardín, 3 - Pick up y 4 - De la Rosa debido principalmente a fallas en el suministro de energía eléctrica a los equipos que no permitió la duración válida de operación de los equipos de monitoreo. A continuación se grafican los promedios aritméticos para cada una de las estaciones:

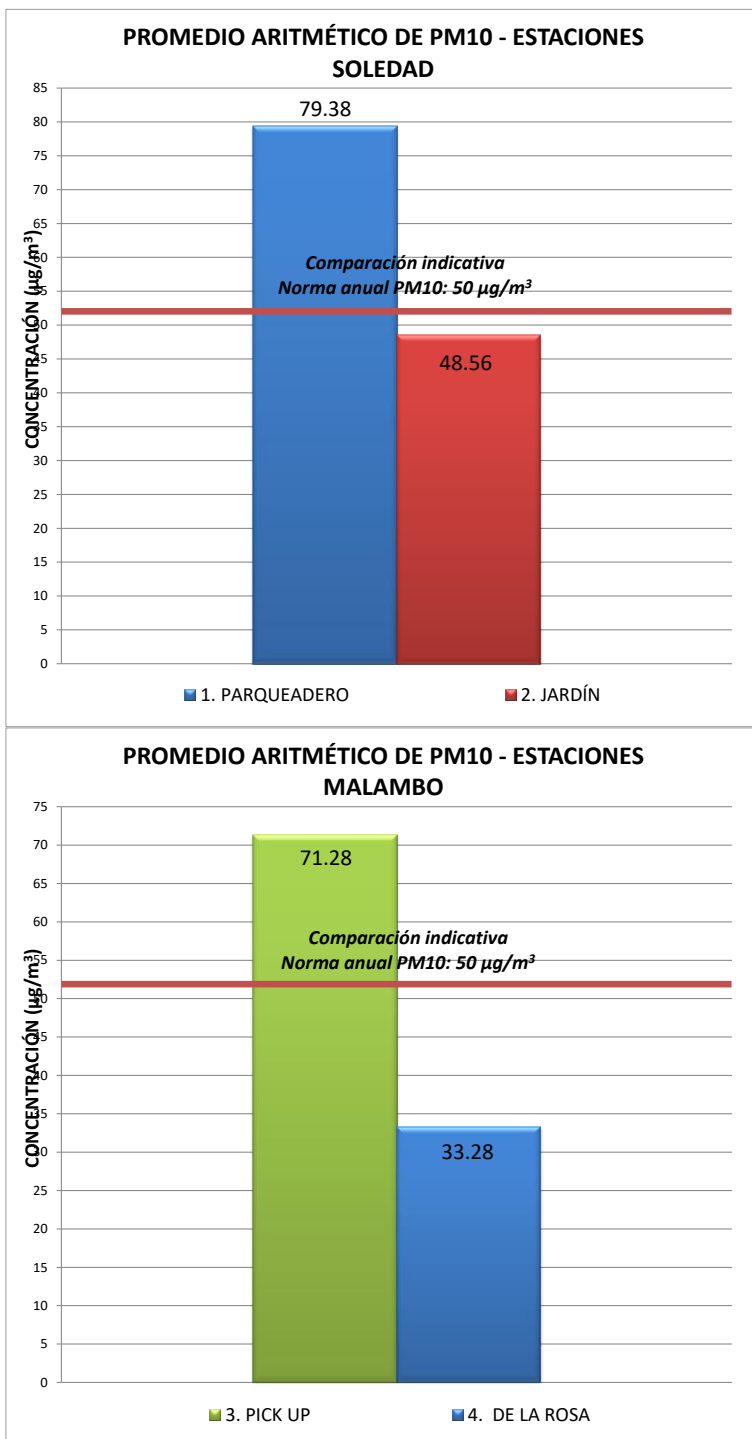


Figura 7.1. Resultados de PM10 promedio – Soledad y Malambo

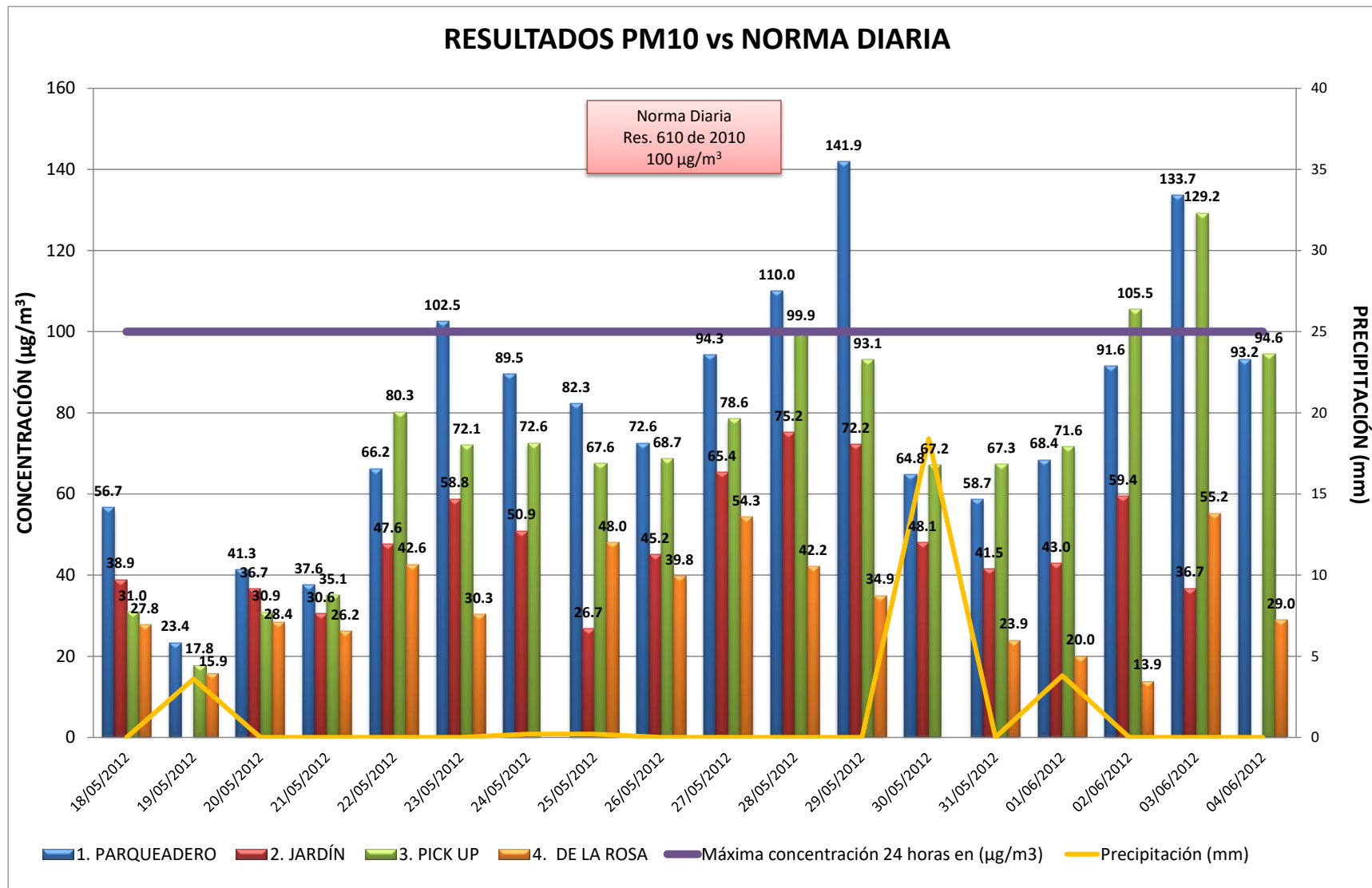


Figura 7.2. Resultados de PM10 vs norma diaria – Soledad y Malambo

### 7.1.2 Resultados de SO<sub>2</sub> y comparación con la norma

Los resultados de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) presentados en esta sección fueron obtenidos a partir de los equipos RAC 3 gases. En la Tabla 7.2 se presentan los valores diarios de concentración para dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) obtenido en cada estación. A excepción de la muestra tomada el 31 de mayo de 2012 en la estación 1 – Parqueadero y el 2 de junio de 3 – Pick up, los demás niveles de concentración obtenidos para SO<sub>2</sub> se encontraron por debajo del límite detectable por el método de análisis empleado<sup>4</sup> por lo que no son presentados de manera gráfica.

**Tabla 7.2. Resultados diarios de SO<sub>2</sub> – Soledad y Malambo**

Fecha inicio de medición	Est. 1 (µg/m <sup>3</sup> )	Est. 2 (µg/m <sup>3</sup> )	Est. 3 (µg/m <sup>3</sup> )	Est. 4 (µg/m <sup>3</sup> )
18/05/2012	ND*	ND	ND	ND
19/05/2012	ND	-	ND	ND
20/05/2012	ND	ND	ND	ND
21/05/2012	ND	ND	ND	ND
22/05/2012	ND	ND	ND	ND
23/05/2012	ND	ND	ND	ND
24/05/2012	ND	ND	ND	-
25/05/2012	ND	ND	ND	ND
26/05/2012	ND	ND	ND	ND
27/05/2012	ND	ND	ND	ND
28/05/2012	ND	ND	ND	ND
29/05/2012	ND	ND	ND	ND
30/05/2012	ND	ND	ND	-
31/05/2012	12.54	ND	ND	ND
01/06/2012	ND	ND	ND	ND
02/06/2012	ND	ND	17.11	ND
03/06/2012	ND	ND	ND	ND
04/06/2012	ND	ND	ND	ND

\* ND: No Detectable

El equipo RAC de 3 gases donde se midió el SO<sub>2</sub> operó de manera simultánea junto a los equipos Hi-Vol de PM10 (en cada estación) por lo que los tiempos de monitoreo fueron los mismos; las muestras invalidadas se debieron a fallas en el suministro de energía a los equipos.

### 7.1.3 Resultados de NO<sub>2</sub> y comparación con la norma

En la Tabla 7.3 se presentan los valores diarios de concentración para dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) obtenido en cada estación graficados en la Figura 7.3.

<sup>4</sup> El límite de detección para SO<sub>2</sub> es de 0.77 µg/ (10 ml de solución) por el método de análisis *Pararrosanilina*.



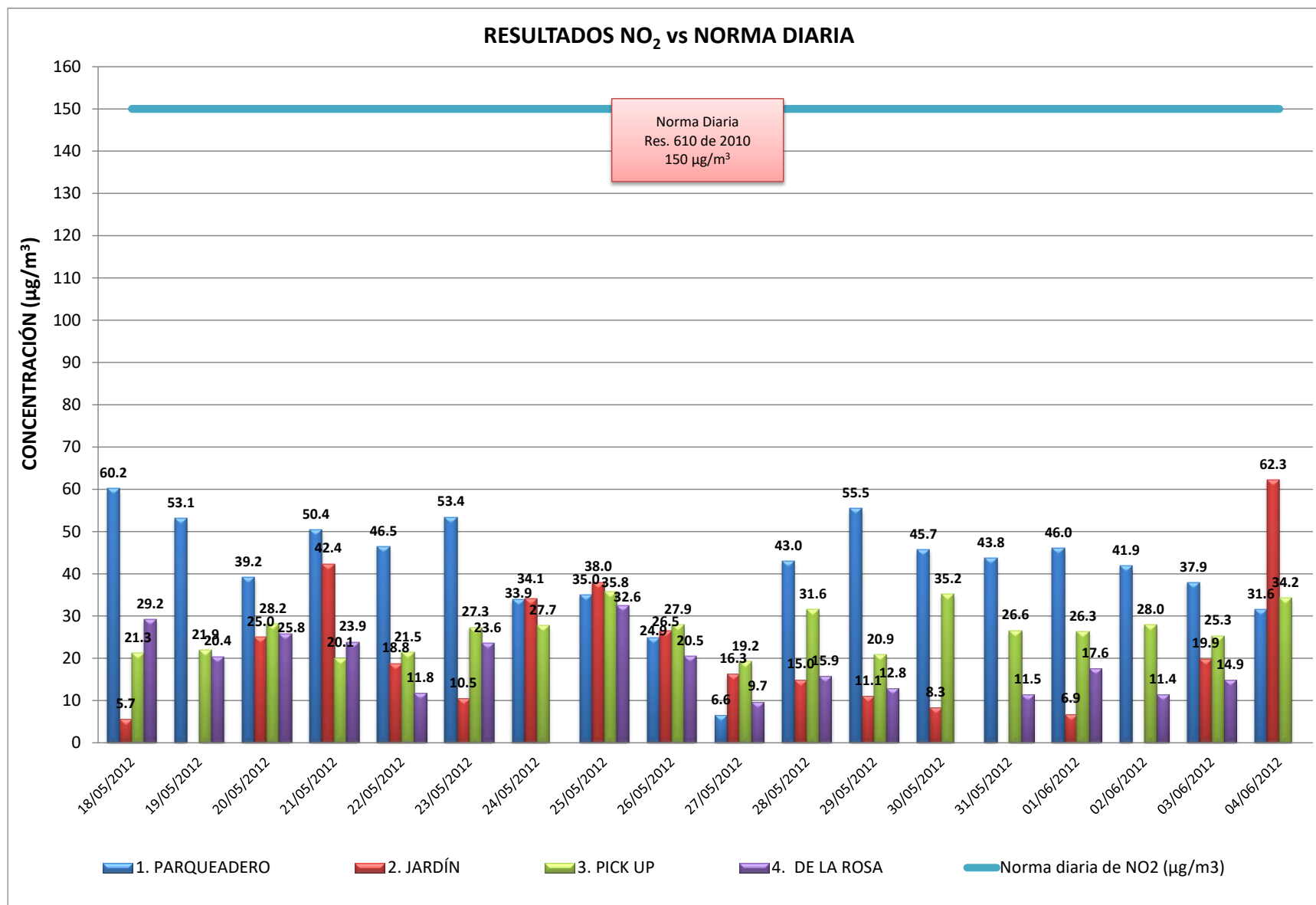


Figura 7.3. Consolidado Resultados de NO<sub>2</sub> – Soledad y Malambo

Los resultados de dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) presentados en esta sección fueron obtenidos a partir de los equipos RAC 3 gases. Los niveles de concentración obtenidos para NO<sub>2</sub> encontrados por debajo del límite detectable por el método de análisis empleado<sup>5</sup> no son presentados en la gráfica.

**Tabla 7.3. Resultados diarios de NO<sub>2</sub> - Soledad y Malambo**

Fecha inicio de medición	Est. 1 (µg/m <sup>3</sup> )	Est. 2 (µg/m <sup>3</sup> )	Est. 3 (µg/m <sup>3</sup> )	Est. 4 (µg/m <sup>3</sup> )
18/05/2012	60.15	5.66	21.29	29.25
19/05/2012	53.09	-	21.91	20.44
20/05/2012	39.17	25.00	28.18	25.81
21/05/2012	50.37	42.37	20.07	23.87
22/05/2012	46.50	18.77	21.47	11.81
23/05/2012	53.41	10.54	27.31	23.63
24/05/2012	33.88	34.13	27.74	-
25/05/2012	35.00	38.00	35.81	32.57
26/05/2012	24.95	26.52	27.88	20.53
27/05/2012	6.61	16.32	19.19	9.70
28/05/2012	43.04	14.98	31.60	15.85
29/05/2012	55.48	11.13	20.87	12.85
30/05/2012	45.70	8.34	35.19	-
31/05/2012	43.78	ND*	26.58	11.49
01/06/2012	46.03	6.86	26.35	17.61
02/06/2012	41.87	ND	27.96	11.43
03/06/2012	37.94	19.86	25.33	14.90
04/06/2012	31.56	62.25	34.21	ND
<b>PROMEDIO ARITMÉTICO</b>	<b>40.56</b>	<b>-**</b>	<b>25.67</b>	<b>-</b>

\* ND: No Detectable

\*\* Promedio no determinado dado que incluye valores no detectables

El equipo RAC de 3 gases donde se midió el NO<sub>2</sub> operó de manera simultánea junto al SO<sub>2</sub> en el equipo RAC 3 gases (en cada estación) por lo que los tiempos de monitoreo fueron los mismos, de esta manera se invalidó el mismo número de muestras por fallas en el suministro de fluido eléctrico.

#### 7.1.4 Resultados O<sub>3</sub> y comparación con la norma

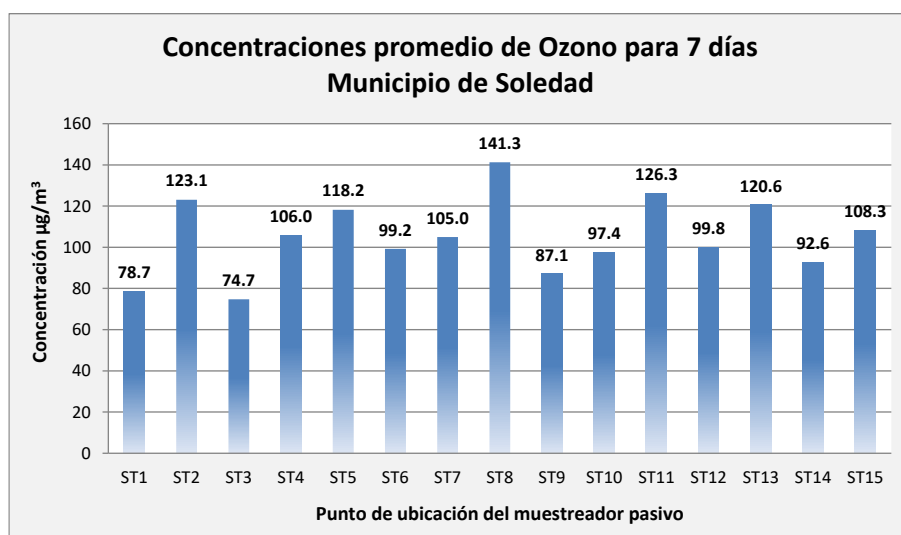
Los resultados de ozono (O<sub>3</sub>) presentados en esta sección fueron obtenidos a partir de muestreadores pasivos durante un periodo consecutivo de 7 días, por duplicado. En la Tabla 7.4 se presentan los promedios semanales de concentración para ozono (O<sub>3</sub>) obtenido en cada punto para el municipio de Soledad:

**Tabla 7.4. Resultados semanales de ozono – Soledad**

Nomenclatura	Punto	Concentración (µg/m <sup>3</sup> )
ST1	POSTE N° 2	78.68
ST2	POSTE PETROMIL	123.13

<sup>5</sup> El límite de detección para NO<sub>2</sub> es de 0.030 µg/ml por el método de análisis *Arsenito de Sodio*.

Nomenclatura	Punto	Concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
ST3	DROGUERÍA 18	74.74
ST4	NOTARÍA SEGUNDA	105.97
ST5	FERRETERÍA LA Y	118.21
ST6	BUTIFARRAS 15	99.23
ST7	DESPUÉS DEL PUENTE	104.99
ST8	LA 30 CON 11	141.28
ST9	LA 30 CON 17	87.14
ST10	LA 30 CON 19	97.36
ST11	LA 30 DIAGONAL	126.33
ST12	LA 30 KOMATSU	99.82
ST13	LA 30 COL FATI	120.62
ST14	PUENTE LA 30	92.59
ST15	BOULEVAR SIMÓN	108.28

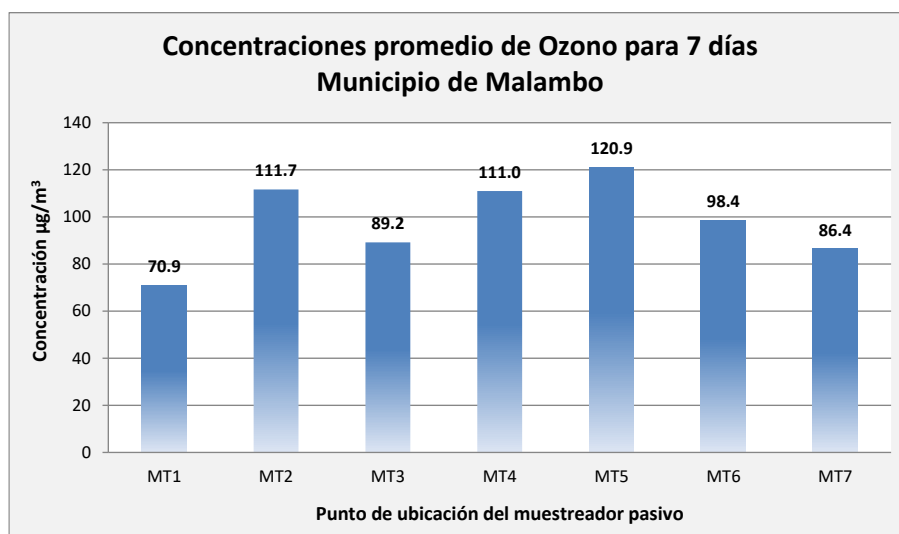


**Figura 7.4. Resultados de  $\text{O}_3$  - Soledad**

En la Tabla 7.5 se presentan los promedios semanales de concentración para ozono ( $\text{O}_3$ ) obtenido en cada punto para el municipio de Malambo:

**Tabla 7.5. Resultados semanales de ozono – Malambo**

Nomenclatura	Punto	Concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
MT1	BATALLÓN ANT. N.	70.91
MT2	CASA AMARILLA	111.67
MT3	LLUVIA DE POSTES	89.15
MT4	HOTEL EN CONSTRUCCIÓN	110.98
MT5	CRA. 13 DIAG. 15	120.92
MT6	LOTES BALDÍOS	98.45
MT7	INVASIÓN MALAMBO	86.40



**Figura 7.5. Resultados de  $\text{O}_3$  - Malambo**

El ozono es un indicador indirecto de contaminantes tales como óxidos de nitrógeno y COVs (Compuestos Orgánicos Volátiles) principalmente, por lo que áreas con poblaciones, flujo vehicular y actividades industriales o asociadas a la población favorecen la presencia de este tipo de contaminante. Si bien no hay normatividad colombiana directamente aplicable que determine si hay cumplimiento o no de los resultados a parte del límite permisible horario ( $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y octahorario ( $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) para ozono según la Resolución 610 de 2010, en el Protocolo de Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire – Manual de Diseño, se cita: “Según análisis realizados por Monn y Hangartner (1990) <sup>6</sup>, superar la norma horaria de ozono ( $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) es equivalente a obtener valores medios semanales de concentración de este contaminante iguales o superiores a  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , por esta razón, se establece este valor como parámetro de comparación con los valores que pueden llegar a obtenerse semanalmente con el muestreo con tubos pasivos en las campañas de monitoreo”.

De acuerdo a lo anterior, es posible determinar que los niveles obtenidos son relativamente altos, pero debe considerarse que se ubicaron en puntos críticos sobre las principales vías dentro la cabecera municipal. La principal fuente de generación de ozono está relacionada a los productos de combustión generados por los vehículos del parque automotor de cada municipio, pero no se descarta la influencia de algunos procesos por tratarse de un área industrial.

## 7.2 MUNICIPIO DE SABANALARGA

### 7.2.1 Resultados $\text{O}_3$ y comparación con la norma

Los resultados de ozono ( $\text{O}_3$ ) presentados en esta sección fueron obtenidos a partir de muestreadores pasivos durante un periodo consecutivo de 7 días, por duplicado. En la Figura 7.5 se presentan los promedios semanales de concentración para ozono ( $\text{O}_3$ ) obtenido en cada punto para el municipio de Sabanalarga:

<sup>6</sup> MONN, Ch. and HANGARTNER, M. Federal Institute of Technology. Passive Sampling for ozone. Journal Air and Waste Management Association, Vol. 40, No. 3. 1990.

Tabla 7.6. Resultados semanales de ozono – Sabanalarga

Nomenclatura	Punto	Concentración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
BT1	E.D.S. ECOS	82.66
BT2	EST BOMBEROS	112.21
BT3	PLAZA CATEDRAL	130.56
BT4	ANTENA 30	98.45
BT5	SEDE CAMPESTRE	87.58

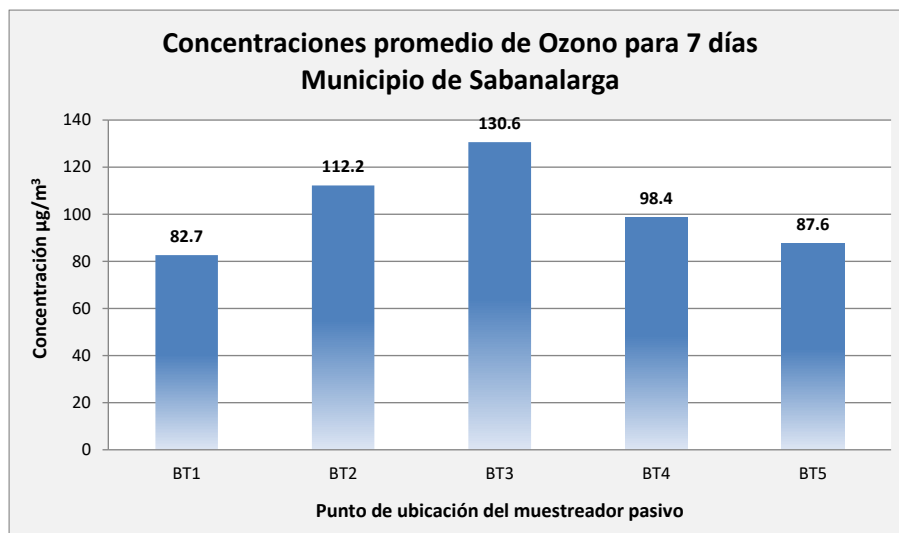


Figura 7.6. Resultados de  $\text{O}_3$  - Sabanalarga

Como se mencionó anteriormente, el Protocolo de Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire – Manual de Diseño, se cita: “Según análisis realizados por Monn y Hangartner (1990)<sup>7</sup>, superar la norma horaria de ozono ( $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) es equivalente a obtener valores medios semanales de concentración de este contaminante iguales o superiores a  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , por esta razón, se establece este valor como parámetro de comparación con los valores que pueden llegar a obtenerse semanalmente con el muestreo con tubos pasivos en las campañas de monitoreo”.

De acuerdo a lo anterior, es posible determinar que los niveles obtenidos son relativamente altos y presentan un orden similar al presentado en las poblaciones de Malambo y Soledad, pero debe considerarse que se ubicaron en puntos críticos sobre las principales vías dentro la cabecera municipal. La principal fuente de generación de ozono está relacionada a los productos de combustión generados por los vehículos del parque automotor de cada municipio.

<sup>7</sup> MONN, Ch. and HANGARTNER, M. Federal Institute of Technology. Passive Sampling for ozone. Journal Air and Waste Management Association, Vol. 40, No. 3. 1990.

## 8. OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

### 8.1 GENERALIDADES

Las estaciones de medición de calidad del aire se ubicaron de tal manera que los resultados indicaran las condiciones actuales en los sitios de medición, con fines de conocer los niveles de concentración de contaminantes atmosféricos en la poblaciones de interés (Soledad, Malambo y Sabanalarga) bajo la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Atlántico - CRA.

Durante las campañas de monitoreo, se presentaron fallas e interrupciones en el suministro de energía eléctrica a los equipos que no permitió la operación de los mismos durante el tiempo requerido según la U.S. E.P.A. y el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire.

### 8.2 METEOROLOGÍA

PÁG. 32

Durante el periodo de medición en cada uno de los municipios, se obtuvieron las siguientes condiciones meteorológicas consolidadas:

Tabla 8.1. Condiciones meteorológicas consolidadas

Municipio	Temperatura, °C	Presión barométrica, mmHg	Precipitación, mm de H <sub>2</sub> O	Velocidad del viento, m/s	Humedad relativa, %
Soledad - Malambo	27.76	755.90	26.20	0.81	82.22

Para los municipio de Soledad y Malambo, la dirección predominante del viento fue Suroeste (SW) con una velocidad máxima de 4.5 m/s.

### 8.3 MUNICIPIO DE SOLEDAD

#### 8.3.1 Material Particulado (PM10)

- Durante los días de monitoreo en las 2 estaciones de calidad del aire, se invalidaron 3 muestras por fallas en el suministro de energía y del equipo, en las demás mediciones los equipos alcanzaron el tiempo mínimo válido de medición (U.S. EPA, MADS). Durante los dieciocho días de monitoreos se registró un 12% de los valores de concentración de PM10 superiores al límite máximo de 100 µg/m<sup>3</sup> para 24 horas dado por la Resolución 610 de 2010 del MADS, presentados en la estación 1 - Parqueadero. En la estación 2 – Jardín no se presentaron excedencias diarias, y de manera indicativa el promedio de PM10 para el periodo monitoreado en esta estación no excedió el límite máximo de 50 µg/m<sup>3</sup> para 1 año dado por la misma resolución. Los valores diarios más altos para las estaciones

1-Parqueadero ( $141.90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y 2-Jardín ( $75.17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) representan un 142% y 75% del valor de la norma diaria, respectivamente.

- Como se muestra en la Figura 7.2, las fluctuaciones presentadas en las concentraciones obtenidas para PM<sub>10</sub> especialmente en la estación 1, reflejan la presencia de fuentes dispersas o que no generan contaminación de manera continua próximas al punto de medición. La fluctuación en los niveles de concentración pudieron deberse igualmente a la erosión eólica (arrastre de material particulado por acción del viento) y al efecto de remoción húmeda a causa de la precipitación como se presentó los días 19 y 30 de mayo de 2012.
- La diferencia principal entre los resultados de la estación 1 y 2, se basa principalmente en las condiciones del entorno, puesto que en el caso de la estación 1 se encuentra inmersa en el complejo industrial (zona crítica) y específicamente en un parqueadero con terreno destapado que es transitado por vehículos pesados, mientras que la estación 2 corresponde a condiciones urbanas donde el sector es mayormente residencial y las fuentes para este contaminante son menores. La velocidad del viento que se alcanza en esta zona al igual que en Malambo, es superior a las obtenidas en Luruaco y Puerto Colombia, por lo que el arrastre de PM<sub>10</sub> será mayor y por tanto habrá más influencia de fuentes como acopios de material, vías y terrenos destapados

### 8.3.2 Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>)

- Durante los días de monitoreo no se registraron valores de concentración de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) superiores al límite máximo de  $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para 24 horas establecido por la Resolución 610 de 2010 del MADS. De manera indicativa los promedios de SO<sub>2</sub> para el periodo monitoreado no excedieron el límite máximo de  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para 1 año dado por la misma resolución. Todas las muestras excepto una (31 de mayo de 2012, 1 – Parqueadero) reportaron niveles de concentración por debajo del límite de detección por el método de análisis empleado, por lo se considera que no hay fuentes significativas generadoras de este contaminante en los puntos monitoreados. Las muestras invalidadas de SO<sub>2</sub> correspondieron a las mismas fechas en las que se invalidaron las muestras de PM<sub>10</sub> por fallas eléctricas, teniendo en cuenta que los equipos midieron simultáneamente en cada una de las estaciones.
- La muestra detectada correspondió a la muestra No. 14 de la estación 1, con un nivel de inmisión de  $12.54 \mu\text{g}/\text{m}^3$  equivalente a sólo un 5% del estándar permisible diario.

### 8.3.3 Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)

- Durante los días de monitoreo no se registraron valores de concentración de dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) superiores al límite máximo de  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para 24 horas establecido por la Resolución 610 de 2010 del MADS. De manera indicativa los promedios de NO<sub>2</sub> para el periodo monitoreado no excedieron el límite máximo de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para 1 año dado por la misma resolución. El 6% del total de muestras reportaron niveles de concentración por debajo del límite de detección por el método de análisis empleado, especialmente en la estación 2-Jardín. Las muestras invalidadas de NO<sub>2</sub> correspondieron a las mismas fechas en las que se invalidaron las muestras de SO<sub>2</sub> teniendo en cuenta que son operados con el mismo equipo.

- Ninguna de las concentraciones detectadas supera el 40% de la norma diaria, y donde se presentaron los niveles de inmisión más altos como era de esperarse fue en la estación 1- Parquadero por su entorno que presenta mayor tránsito de vehículos y presencia de industrias.
- En general, de acuerdo al entorno que rodea las estaciones, los niveles de  $\text{NO}_2$  pueden ser generados principalmente por el proceso de combustión que se lleva a cabo en los vehículos y también con la formación/escape de emisiones de procesos industriales que impliquen compuestos nitrogenados.

## 8.4 MUNICIPIO DE MALAMBO

### 8.4.1 Material Particulado (PM10)

- Durante los días de monitoreo en las 2 estaciones de calidad del aire, se invalidaron 2 muestras por fallas en el suministro de energía a los equipos, en las demás mediciones los equipos alcanzaron el tiempo mínimo válido de medición (U.S. EPA, MADS). Durante los dieciocho días de monitoreos se registró un 6% de los valores de concentración de PM10 superiores al límite máximo de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para 24 horas dado por la Resolución 610 de 2010 del MADS, presentados en la estación 3 – Pick up. En la estación 4 – De La Rosa no se presentaron excedencias diarias, y de manera indicativa el promedio de PM10 para el periodo monitoreado en esta estación no excedió el límite máximo de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para 1 año dado por la misma resolución. Los valores diarios más altos para las estaciones 3 – Pick up ( $129.22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y 4 – De La Rosa ( $55.22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) representan un 129% y 55% del valor de la norma diaria, respectivamente.
- Como se muestra en la Figura 7.2, las fluctuaciones presentadas en las concentraciones obtenidas para PM10 especialmente en la estación 1, reflejan la presencia de fuentes dispersas o que no generan contaminación de manera continua próximas al punto de medición. La fluctuación en los niveles de concentración pudieron deberse igualmente a la erosión eólica (arrastre de material particulado por acción del viento) y al efecto de remoción húmeda a causa de la precipitación como se presentó los días 19 y 30 de mayo de 2012.
- La diferencia principal entre los resultados de la estación 1 y 2 al igual que en Soledad, se basa principalmente en las condiciones del entorno, puesto que en el caso de la estación 1 se encuentra inmersa en el complejo industrial (zona crítica) y rodeada de vías en mal estado, mientras que la estación 2 corresponde a condiciones urbanas donde el sector es mayormente residencial y las fuentes para este contaminante son menores. La velocidad del viento que se alcanza en esta zona al igual que en Soledad, es superior a las obtenidas en Luruaco y Puerto Colombia, por lo que el arrastre de PM10 será mayor y por tanto habrá más influencia de fuentes como acopios de material, vías y terrenos destapados.

### 8.4.2 Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ )



- Durante los días de monitoreo no se registraron valores de concentración de dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) superiores al límite máximo de  $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para 24 horas establecido por la Resolución 610 de 2010 del MADS. De manera indicativa los promedios de  $\text{SO}_2$  para el periodo monitoreado no excedieron el límite máximo de  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para 1 año dado por la misma resolución. Todas las muestras excepto una (2 de junio de 2012, 3 – Pick up) reportaron niveles de concentración por debajo del límite de detección por el método de análisis empleado, por lo se considera que no hay fuentes significativas generadoras de este contaminante en los puntos monitoreados. Las muestras invalidadas de  $\text{SO}_2$  correspondieron a las mismas fechas en las que se invalidaron las muestras de  $\text{PM}_{10}$  por fallas eléctricas, teniendo en cuenta que los equipos midieron simultáneamente en cada una de las estaciones.
- La muestra detectada correspondió a la muestra No. 16 de la estación 3, con un nivel de inmisión de  $17.11 \mu\text{g}/\text{m}^3$  equivalente a sólo un 7% del estándar permisible diario.

#### 8.4.3 Dióxido de Nitrógeno ( $\text{NO}_2$ )

- Durante los días de monitoreo no se registraron valores de concentración de dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) superiores al límite máximo de  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para 24 horas establecido por la Resolución 610 de 2010 del MADS. De manera indicativa los promedios de  $\text{NO}_2$  para el periodo monitoreado no excedieron el límite máximo de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para 1 año dado por la misma resolución. El 3% del total de muestras reportaron niveles de concentración por debajo del límite de detección por el método de análisis empleado, en la estación 4-De La Rosa. Las muestras invalidadas de  $\text{NO}_2$  correspondieron a las mismas fechas en las que se invalidaron las muestras de  $\text{SO}_2$  teniendo en cuenta que son operados con el mismo equipo.
- Ninguna de las concentraciones detectadas supera el 30% de la norma diaria, y donde se presentaron los niveles de inmisión más altos como era de esperarse fue en la estación 3-Pick up por su entorno que presenta mayor tránsito de vehículos y presencia de industrias.
- En general, de acuerdo al entorno que rodea las estaciones, los niveles de  $\text{NO}_2$  pueden ser generados principalmente por el proceso de combustión que se lleva a cabo en los vehículos y también con la formación/escape de emisiones de procesos industriales que impliquen compuestos nitrogenados.

#### 8.5 RESULTADOS DE OZONO

- Durante los días de monitoreo se registraron valores de concentración de Ozono ( $\text{O}_3$ ) superiores al límite semanal de  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  referenciado en el *Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire*. Las mayores concentraciones obtenidas fueron de  $141.28 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (La 30 con 11),  $130.56 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Plaza Catedral) y  $120.92 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Cra. 13 Diag. 15) en los municipios de Soledad, Sabanalarga y Malambo respectivamente.
- La generación de este contaminante está relacionado a la presencia de alto flujo de todo tipo de vehículos. Los resultados indican la presencia de precursores de Ozono, principalmente COVs y  $\text{NO}_x$ .

## CONCEPTO FINAL

- Se encontraron niveles de concentración de los contaminantes PM10 que cumplen parcialmente con los estándares permisibles diarios según la legislación vigente en las poblaciones de Soledad y Malambo ubicadas en zona industrial; los contaminantes NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> cumplen ampliamente con sus respectivos estándares permisibles diarios en todas las estaciones; para el O<sub>3</sub> se encontraron concentraciones superiores al límite referenciado por el Protocolo de Calidad del Aire.
- En general los resultados deben interpretarse teniendo en cuenta el uso del suelo monitoreado y las condiciones propias del entorno.

## 9. REFERENCIAS

1. Manual de Control de la Calidad del Aire. E. Roberts Alley Associates, Inc. Mc Graw Hill.
2. Resolución 601 de 2006. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. República de Colombia.
3. Resolución 610 de 2010. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. República de Colombia.
4. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. En: <http://www.epa.gov>
5. Código Federal de Regulaciones de la Oficina de Imprenta de los Estados Unidos. En: <http://edocket.access.gpo.gov/>
6. Manual de Diseño de Sistemas para la Vigilancia de la Calidad del Aire. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – K2 Ingeniería.
7. Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – K2 Ingeniería.
8. Manual para la Elaboración de Planes de Gestión de la Calidad del Aire. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – K2 Ingeniería.
9. Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire. Manual de operación de sistemas de vigilancia de la calidad del aire. Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, República de Colombia. Noviembre 2010.  
Disponible en:  
[http://www.minambiente.gov.co//documentos/normativa/ambiente/resolucion/res\\_2154\\_021110\\_manual\\_operacio.pdf](http://www.minambiente.gov.co//documentos/normativa/ambiente/resolucion/res_2154_021110_manual_operacio.pdf)



## ANEXOS

---

# ANEXOS



## ANEXOS

---

# ANEXO 1. INFORMACIÓN GENERAL

## A.1 MARCO TEÓRICO

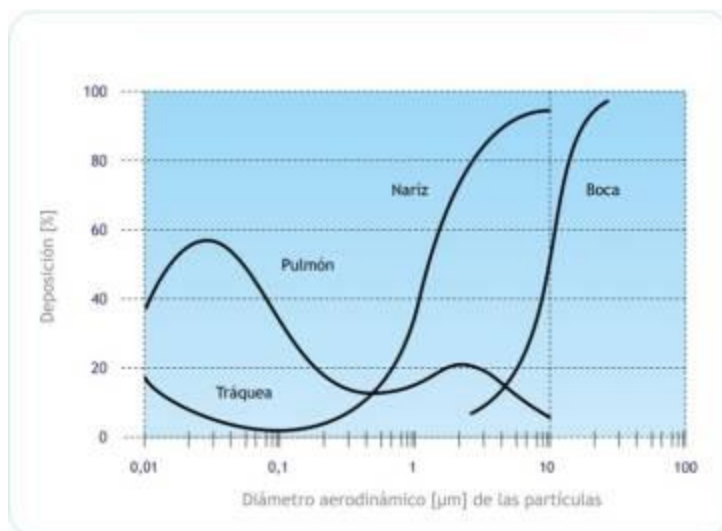
### A.1.1 Contaminantes evaluados

#### A.1.1.1 Material Particulado

El material particulado respirable consiste en toda la materia emitida como sólidos, líquidos y vapores pero que están suspendidas en el aire. Las partículas se pueden emitir directamente a la atmósfera (partículas primarias) o formadas en ésta última por reacciones químicas (partículas secundarias). El tamaño de partícula, expresado generalmente en términos de su diámetro aerodinámico, y la composición química son influenciados por su origen.

Además, los efectos sobre la salud humana dependen en gran parte del tamaño de la partícula debido principalmente al nivel de penetración en diferentes partes del sistema respiratorio, tal y como se representa en la siguiente figura.

## ANEXOS



**Figura A.1** Porcentaje de deposición de partículas en cada órgano del sistema respiratorio

A continuación se hace una breve referencia sobre el contaminante monitoreado por el muestreador de alto volumen:

**Tabla A.1** Características generales del Material Particulado

<b>Definición:</b>	Cualquier material sólido o líquido dividido finamente diferente al agua no combinada según medición por los métodos federales de referencia (40 CFR 53)
<b>Ejemplos:</b>	Polvo, humo, gotitas de petróleo, berilio, asbesto entre otros
<b>Fuentes:</b>	Hornos, trituradoras, molinos, afiladores, estufas, calcinadores, calderas, incineradores, bandas transportadora, acabados textiles, mezcladoras y tolvas, cubilotes, equipo procesador, cabinas de aspersión, digestores, incendios forestales entre otros.

<b>Efectos:</b>	Visibilidad disminuida, efecto del humo y el polvo sobre la salud humana, enfermedades crónicas del sistema respiratorio, asbestosis, envenenamiento con plomo, suciedad de la casa y la ropa, destrucción de la vida vegetal y la agricultura y efectos sobre el clima.
<b>Legislación:</b>	Resolución 610 del 24 de marzo de 2010 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
<b>Varios:</b>	Las partículas pequeñas son particularmente peligrosas para la salud humana porque su pequeño tamaño hace posible que pasen a través de los vellos de las fosas nasales y lleguen al interior de los pulmones.

Las partículas suspendidas totales (PST) incluyen todas las partículas de diámetro aerodinámico inferior o igual a 100 µm. Los efectos de la contaminación por PST incluyen la reducción de la visibilidad, su deposición sobre edificios, daños a los materiales por sus propiedades corrosivas o erosivas, la alteración del clima local y afectaciones al sistema respiratorio.

Las partículas respirables PM10, incluyen a todas las partículas de diámetro aerodinámico igual o inferior a 10 µm. El pequeño tamaño de las partículas de PM10 les permite entrar fácilmente a los alvéolos pulmonares donde se pueden depositar causando efectos adversos sobre la salud. Los efectos en salud vinculados a la exposición prolongada a este contaminante corresponden a un aumento en la frecuencia de cáncer pulmonar, muertes prematuras, síntomas respiratorios severos e irritación de ojos y nariz.

## ANEXOS

### A.1.1.2 Óxidos de azufre

El dióxido de azufre es uno de los principales causantes de la lluvia ácida ya que en la atmósfera es transformado en ácido sulfúrico.

Es liberado en muchos procesos de combustión ya que los combustibles como el carbón, el petróleo, el diesel o el gas natural contienen ciertas cantidades de compuestos azufrados. Por estas razones se intenta eliminar estos compuestos antes de su combustión por ejemplo mediante la hidrodesulfuración en los derivados del petróleo o con lavados del gas natural, para obtener combustibles más limpios. En la Tabla A.2 se hace una breve referencia sobre los óxidos de azufre.

**Tabla A.2 Características óxidos de azufre**

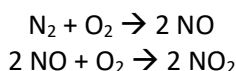
<b>Definición</b>	Acre, corrosivo, gases tóxicos cuando se quema combustible que contiene azufre.
<b>Fuentes:</b>	Artículos eléctricos, calderas industriales, fundiciones de cobre, refinerías de petróleo, fuentes de automóviles, calentadores residenciales y comerciales.
<b>Efectos:</b>	Dificultad para respirar cuando se disuelven en la nariz y en las vías superiores; tos crónica y secreción en las mucosas. Contribuye a la lluvia ácida y a fenómenos de visibilidad disminuida (de acuerdo a su concentración).
<b>Legislación</b>	Resolución 601 del 4 de abril de 2006 y Resolución 610 del 24 de marzo de 2010 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
<b>Varios:</b>	El SO <sub>2</sub> pertenece a la familia de los gases de óxidos de azufre (SO <sub>x</sub> ), que se producen principalmente de la combustión de compuestos que contienen azufre y durante ciertos procesos industriales y en la producción de acero. Es percibido por el olfato en concentraciones hasta de 3 ppm (0.003%) a 5 ppm (0.005%). Cuando se encuentra en niveles de 1 a 10 ppm induce al aumento de la frecuencia respiratoria y el pulso.

### A.1.1.3 Óxidos de nitrógeno

Los óxidos de nitrógeno son degradados rápidamente en la atmósfera al reaccionar con otras sustancias comúnmente presentes en el aire. La reacción del dióxido de nitrógeno con sustancias químicas producidas por la luz solar lleva a la formación de ácido nítrico, principal constituyente de la lluvia ácida. El dióxido de nitrógeno reacciona con la luz solar, lo cual lleva a la formación de ozono y smog.

La mayor parte de los óxidos de nitrógeno se forman por la oxidación del nitrógeno atmosférico durante los procesos de combustión a temperaturas elevadas. El oxígeno y el nitrógeno del aire reaccionan para formar NO, oxidándose este posteriormente a NO<sub>2</sub>.

Las principales reacciones de los óxidos de nitrógeno se presentan a continuación:



En la Tabla A.3 se hace una breve referencia sobre los óxidos de nitrógeno.

**Tabla A.3 Características óxidos de nitrógeno**

ANEXOS	<b>Definición</b>	Se identifican siete óxidos de nitrógeno: NO, NO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O, N <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> O <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . A Nivel de contaminación del aire se refiere a NO y NO <sub>2</sub> (Gases incoloros).
	<b>Fuentes:</b>	Producidos al quemar combustible a temperaturas muy altas a partir del nitrógeno del aire. También son producidos a partir de nitrógeno del carbón y los aceites pesados: grandes generadores de energía eléctrica, grandes calderas industriales, motores de combustión interna, plantas de ácido nítrico.
	<b>Efectos:</b>	Visibilidad reducida, irritación de la nariz y los ojos, edema pulmonar, bronquitis y neumonía; reaccionan con los COV bajo la influencia de la luz para formar ozono. Los óxidos de nitrógeno son importantes contribuyentes potenciales de fenómenos nocivos como la lluvia ácida y la eutrofización en las zonas costeras.
	<b>Legislación</b>	Resolución 601 del 4 de abril de 2006 y Resolución 610 del 24 de marzo de 2010 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
	<b>Varios:</b>	Concentraciones excesivas en el aire de NO y NO <sub>2</sub> ocasionan un color parduzco debido a la absorción de la luz en el área azul-verde del espectro.

### A.1.1.4 Ozono

El Ozono troposférico también denominado Ozono ambiental, se trata de un gas incoloro que se crea a través de reacciones fotoquímicas entre Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y compuestos orgánicos volátiles (COV) derivados de fuentes como la quema de combustible. Es el compuesto más destacado de los oxidantes fotoquímicos y forma parte del smog, contribuyente del calentamiento sobre la superficie de la tierra.

A temperatura y presión ambientales el Ozono es un gas de olor acre y generalmente incoloro, pero en grandes concentraciones puede volverse ligeramente azulado. Si se respira en grandes cantidades, es tóxico y puede provocar la muerte. En la Tabla A.4 se presentan las principales características de este contaminante:



Tabla A.4 Características Ozono

<b>Definición</b>	Gas incoloro, inodoro, reactivo, compuesto de tres átomos de oxígeno. El Ozono se encuentra de modo natural en la estratosfera terrestre, donde absorbe la radiación UV dañina para la vida en la tierra; también se encuentra cerca de la superficie terrestre, donde ciertos contaminantes reaccionan en presencia de luz solar para dar origen a este. Los principales contaminantes involucrados en estas reacciones son los Óxidos de Nitrógeno (NO <sub>x</sub> ) y los Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC's). El Monóxido de Carbono (CO) también participa en las reacciones para formar Ozono. Los días soleados con vientos de relativa calma favorecen la formación de Ozono.
<b>Fuentes:</b>	Efectos fisiológicos e inflamatorios en los pulmones de adultos, jóvenes sanos que hacen ejercicio expuestos durante periodos extensos; efectos en la salud de los niños. Los grupos más expuestos son los niños y adultos con actividad fuerte al aire libre, al igual que personas con asma u otras enfermedades de las vías respiratorias.
<b>Efectos:</b>	Resolución 601 del 4 de abril de 2006 y Resolución 610 del 24 de marzo de 2010 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
<b>Legislación</b>	Las medidas para controlar los niveles de Ozono troposférico se concentran en las emisiones de gases precursores, pero es probable que también controlen los niveles y los efectos de varios de esos otros contaminantes.
<b>Varios:</b>	

## A.2 PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN UTILIZADO

### ANEXOS

En los monitoreos se utilizaron los métodos de muestreo y de cálculo recomendados por la Agencia de Protección Ambiental (US EPA) de los Estados Unidos de América y avalados en la legislación colombiana, tanto las soluciones para el muestreo como las muestras en sí permanecen en una cadena de frío y estas últimas son transportadas bajo cadena de custodia que permiten mantener la trazabilidad y calidad de los resultados obtenidos. Los métodos utilizados en el monitoreo son los siguientes:

### A.2.1 Partículas Suspendidas PM10

Toma de muestras para la Determinación de Material Particulado como PM10 en la Atmósfera, Método EPA e-CFR Título 40, Parte 50, Apéndice J: PM10.

Análisis de laboratorio PM10: 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.

#### A.2.1.1 Muestreadores de alto volumen para material particulado

El muestreo de las partículas suspendidas se realizó mediante un equipo denominado muestreador de alto volumen (Hi-Vol), el cual consta básicamente de un motor de succión, un porta filtros, un registrador de flujo (o indicador de flujo) y un programador de tiempo de muestreo, todo esto se halla cubierto con una coraza de protección. El diseño físico del equipo se basa en principios aerodinámicos que permitan la recolección de determinado tamaño de partículas PST o PM10.

El diseño del equipo de PM10 permite que las partículas de diámetro menor o igual a 10 µm sigan las líneas de la corriente de flujo de aire dirigiéndose a los tubos inyectoros, mientras las partículas de mayor tamaño, con suficiente inercia, se salen de las líneas de flujo impactándose contra el plato. Para operar correctamente, este equipo debe hacer pasar aire ambiente por el filtro a una rata de flujo que oscila entre 1.02 a 1.24 m<sup>3</sup>/min (1.13 m<sup>3</sup>/min ± 10%). Al estar operando en éste rango de flujo, las muestras se colectaron por periodos de 24 horas. La concentración de la masa de las partículas

suspendidas se calculó por medio de la diferencia en pesos del filtro antes y después del muestreo y del total del flujo de aire muestreado.

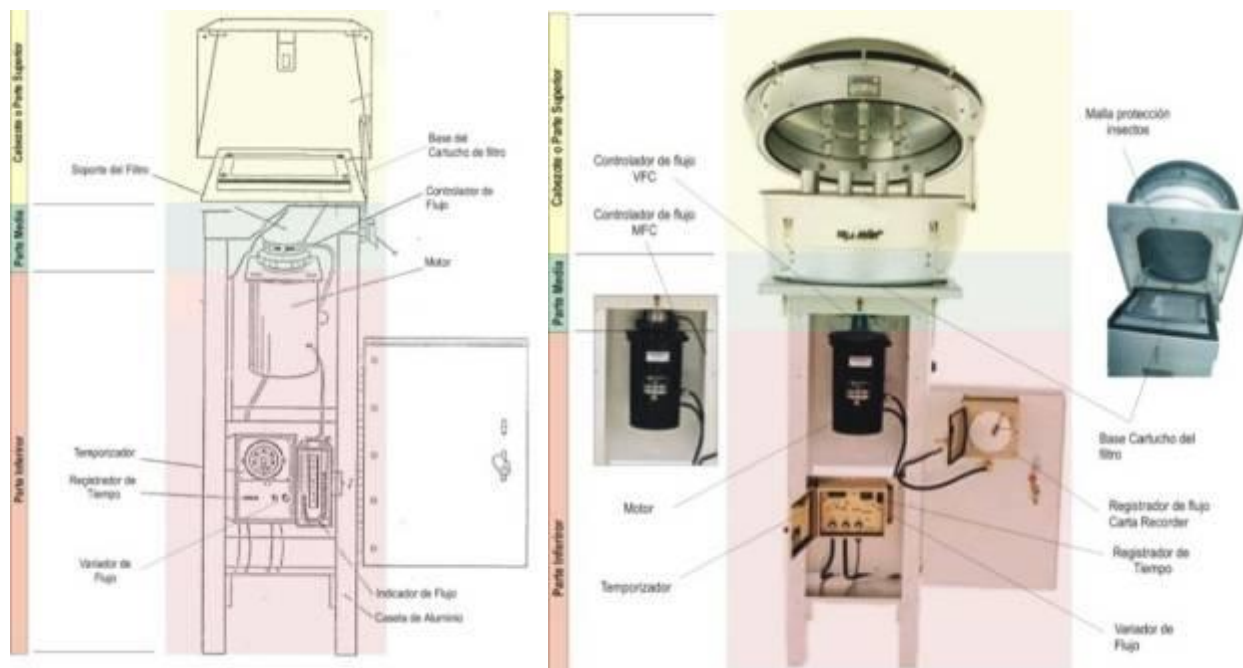


Figura A.2 Muestreadores Hi-Vol de PST y PM10

### A.2.1.2 Equipos de calibración

La calibración del equipo se realizó con un kit de calibración, este consta una resistencia de flujo variable, la cual es un tubo metálico con un par de discos que permiten obtener varias aberturas al girar uno de los discos; este kit de calibración posee la respectiva ecuación de calibración con su respectiva curva.



Figura A.3 Equipamiento que conforma el kit de calibración

### A.2.2 Gases de NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>

Monitoreo en campo: Toma de muestras para determinación de SO<sub>2</sub>, Método EPA e-CFR Título 40, Parte 50, Apéndice A: Pararrosalinina; y toma de muestras para determinación de NO<sub>x</sub>, Método N° EQN-1277-026: Arsenito de sodio.

Análisis de laboratorio: Análisis de laboratorio para la determinación de  $\text{SO}_2$ : US – EPA, e-CFR, Título 40, Parte 50 Apéndice A: Pararrosalinina; y análisis de laboratorio para la determinación de  $\text{NO}_2$ : US-EPA No. EQN – 1277-026: Arsenito de Sodio.

### A.2.1.3 Muestreador de gases para medición de $\text{NO}_2$ y $\text{SO}_2$

El equipo muestreador de gases tipo RAC, consta de una caja metálica con tapa móvil y dos compartimentos.

El primer compartimiento tiene una bomba de vacío cuyas características cumplen las especificaciones recomendadas por la U.S. EPA 40 CFR App A<sup>8</sup> (motor de 1700 rpm, 0.5 HP de fuerza, presión máxima de 20 psi, 110-115 voltios y 23 pulgadas de mercurio de capacidad de vacío a nivel del mar).

En el segundo compartimiento se encuentra el tren de muestreo, que va conectado a la bomba de vacío y consta de un tubo distribuidor conectado en serie a tres colectores de vidrio de borosilicato (burbujeadores) que contienen la solución absorbente para  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  y  $\text{O}_3$  que hace las veces de trampa (burbujeador trampa).

#### ANEXOS

El flujo de aire que pasa a través del sistema es controlado por orificios críticos, el cual es calibrado antes y después de la colección de la muestra (24 horas).

El sistema es protegido por un filtro de membrana de 8  $\mu\text{m}$  colocado entre la entrada de la muestra y el primer burbujeador y por una trampa de humedad (sílice gel) colocada entre el burbujeador trampa y la bomba de vacío.



Figura A.4 Muestreador de Gases tipo RAC

Adicionalmente, el colector de  $\text{SO}_2$  va empotrado en una pequeña nevera refrigerada con hielo seco o hielo y una salmuera para mantener el sistema a una baja temperatura. El ozono, dióxido de azufre y el dióxido de nitrógeno son monitoreados mediante este equipo muestreador, el cual es un instrumento que utiliza un sistema de absorción de gases con químicos húmedos.

<sup>8</sup> US EPA CFR 40 Appendix A to Part 50—Reference Method for the Determination of Sulfur Dioxide in the Atmosphere (Pararosaniline Method) [Federal Register: Vol. 47, page 54899, 12/06/82 and Vol. 48, 17355, 04/22/83]

#### A.2.1.4 Calibración RAC

La calibración se efectúa empleando una unidad tipo burbuja Gilibrator 2 o tubo cilíndrico graduado, siguiendo los pasos que se describe a continuación:

- Ensamblar el equipo como muestra la Figura A.5.
- Llenar los tubos de muestreo con 50 ml de agua destilada.
- Revisar las conexiones.
- Encender la bomba de vacío y verifique la presión manométrica.
- Verificar el funcionamiento de los burbujeadores en el tren de muestreo.
- Forme una burbuja, mida y registre el tiempo de viaje entre las marcas de volumen conocido en el calibrador de burbuja, repita esta operación como mínimo tres veces; hasta que los tiempos de recorrido no difieran entre sí en más del 5%. Registre la información en el formato para calibración de orificios críticos.
- Promediar el tiempo de viaje para 10 corridas.
- Corregir el volumen desplazado a condiciones de referencia (760 mmHg y 25 °C).
- Dividir el volumen corregido por el tiempo promedio para determinar la tasa de flujo.
- La tasa de flujo para cada orificio de flujo crítico debe localizarse entre 180 y 220 ml/min, si no se cumple esta condición debe desecharse el orificio.

#### ANEXOS

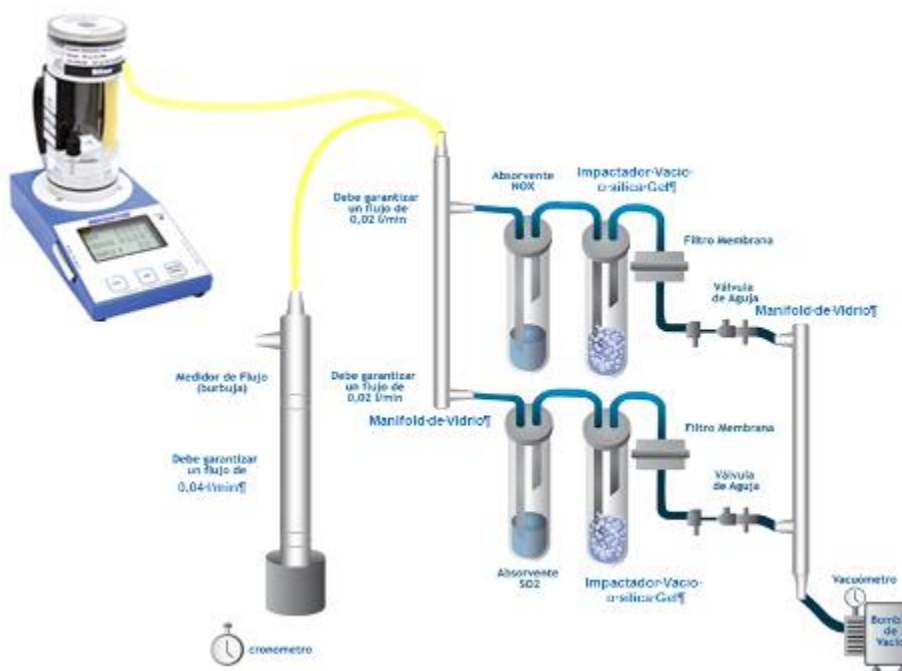


Figura A.5 Montaje del calibrador de burbuja Gilibrator 2

### A.2.1.5 Muestreadores pasivos para medición de $O_3$

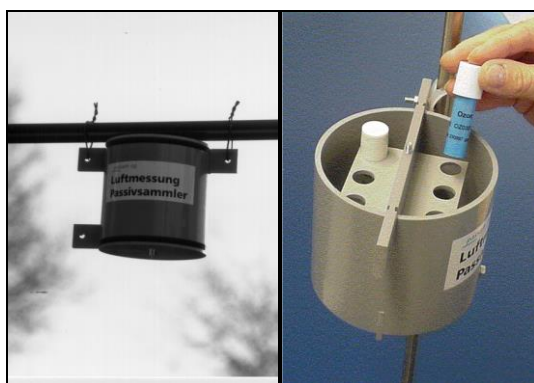
Los muestreadores o tubos pasivos permiten la difusión de un contaminante hacia el interior del tubo donde es adsorbido por una matriz para luego ser analizados en el laboratorio. Estos dispositivos son avalados por el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire<sup>9</sup> para la medición de gases contaminantes como  $O_3$ <sup>10</sup>, siendo recomendados para uso indicativo en lugares donde las condiciones de monitoreo no son seguras y donde es difícil la instalación de muestreadores activos. Los muestreadores o tubos pasivos permiten la difusión de un contaminante hacia el interior del tubo donde es adsorbido por una matriz para luego ser analizados en el laboratorio.

Los muestreadores pasivos basan su funcionamiento en la difusión de contaminantes desde el aire hacia un medio de adsorción, dentro de los contaminantes que pueden ser medidos con este tipo de tecnología, además de los COV's (BTX), se encuentran  $NO_2$ ,  $SO_2$ ,  $O_3$ ,  $NH_3$  y  $H_2S$ ; la fuerza impulsora es el gradiente de concentración entre el aire circundante y la superficie de adsorción donde la concentración se considera nula. Las moléculas gaseosas de contaminantes presentes en el aire ambiente se difunden hacia el interior del muestreador donde son recogidas cuantitativamente en un filtro impregnado o en un material adsorbente. De esta manera se alcanza una concentración promedio en el tiempo considerado sin requerimientos de electricidad, bombas u otro equipo de soporte.

#### ANEXOS

Para el monitoreo se suspenden los muestreadores pasivos en una caja protectora contra influencias atmosféricas; en estas cajas las muestras deben estar suspendidas a una altura de 2 a 4 metros y medio de los sitios de medición siendo el muestreo representativo sólo para el lugar de medición.

Para la realización del muestreo, se preparan los muestreadores pasivos al muestreo sacando los tapones; se sujetan entonces los muestreadores pasivos en la apertura posterior de las cajas de protección con pinzas de resorte, como se muestra a continuación:



**Figura A.6. Instalación del muestreador pasivo  $O_3$**

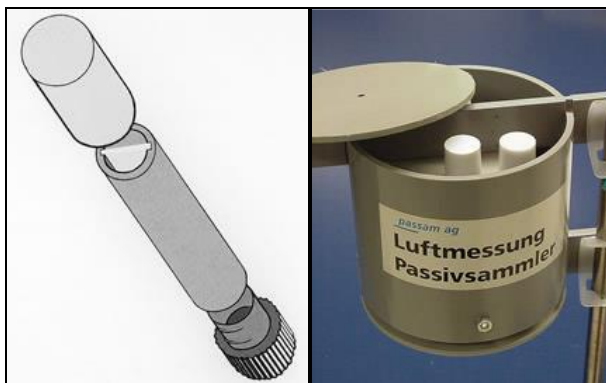
Fuente: passam ag, Laboratory for environmental analysis

La quimisorción de Ozono toma lugar por medio de la reacción con 1,2-di(4-pyridyl)-ethylene (DPE); el ozónido formado se descompone y forma un aldehído. La cantidad de aldehído es finalmente determinada mediante espectrofotometría a través del método MBTH a 442 nm.

<sup>9</sup> Sección 5.7.8 del Manual de Diseño del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire

<sup>10</sup> Ver Anexo 8. Ficha técnica muestreadores de pasivos.

El tubo pasivo de Ozono consiste de un tubo de polipropileno. En su extremo cerrado hay un filtro de fibra de vidrio sumergido en una solución de DPE en ácido acético.



**Figura A.7. Muestreador pasivo ORSA 5**

Fuente: passam ag, Laboratory for environmental analysis

### A.2.3 Estación meteorológica

#### ANEXOS

Para la obtención de la información meteorológica, se empleó una estación meteorológica Vantage Pro2, marca Davis Instruments; el equipo cuenta con sensores de dirección y velocidad del viento, registra datos de temperatura ambiente, presión barométrica, porcentaje de humedad relativa, precipitación, entre otras. Este tipo de equipos también presenta la predicción del estado del tiempo, es decir, si las próximas horas corresponderán a tiempos soleados, parcialmente cubiertos, cubiertos y con lluvias. La mayor aplicabilidad de este tipo de estaciones es su uso en el apoyo de las campañas de monitoreo de calidad del aire, ya que realizan la medición precisa de todas las variables mencionadas anteriormente y además, almacena la información en un datalogger, el cual puede ser posteriormente conectado a un computador y realizar la respectiva descarga de información para poder ser empleada en la elaboración de los informes. En la Figura A.8 puede observarse la consola y la estación meteorológica.



**Figura A.8 Estación meteorológica VantagePro2 – Davis Instruments**



## ANEXOS

---

# **ANEXO 2.**

## **FORMATO DE CÁLCULOS DE CONCENTRACIÓN**





## ANEXOS

---

# ANEXO 2.A. MATERIAL PARTICULADO (PM10)





## ANEXOS

---

### **ANEXO 2.B.**

# **DIÓXIDO DE AZUFRE (SO<sub>2</sub>) Y DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO<sub>2</sub>)**



## ANEXOS

---

### ANEXO 3.

## FORMATOS DE CAMPO



## ANEXOS

---

### **ANEXO 3.A.**

### **MATERIAL PARTICULADO (PM10)**



## ANEXOS

---

### **ANEXO 3.B.**

## **DIÓXIDO DE AZUFRE (SO<sub>2</sub>) Y DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO<sub>2</sub>)**



## ANEXOS

---

### ANEXO 3.C. OZONO (O<sub>3</sub>)



## ANEXOS

---

# ANEXO 4. CALIBRACIÓN DE EQUIPOS



## ANEXOS

---

# ANEXO 5. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN





## ANEXOS

---

# ANEXO 6. REGISTRO FOTOGRÁFICO

ANEXOS

MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE EN LAS POBLACIONES DE SOLEDAD, MALAMBO Y SABANALARGA	
1 – Parqueadero (Soledad)	
	
	
2 – El Jardín (Soledad)	
	



**MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE EN LAS POBLACIONES DE SOLEDAD, MALAMBO Y SABANALARGA**

**3 – Pick up (Malambo)**



**4 – De La Rosa (Malambo)**



ANEXOS



**MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE EN LAS POBLACIONES DE SOLEDAD, MALAMBO Y  
SABANALARGA**

**TUBOS PASIVOS**



ANEXOS





## ANEXOS

## MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE EN LAS POBLACIONES DE SOLEDAD, MALAMBO Y SABANALARGA

### TUBOS PASIVOS



ANEXOS

## MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE EN LAS POBLACIONES SOLEDAD, MALAMBO Y SABANALARGA

### TUBOS PASIVOS



ANEXOS





## ANEXOS

---

# ANEXO 7. REPORTES DE LABORATORIO



## ANEXOS

---

# ANEXO 8. ACREDITACIÓN DEL IDEAM



ANEXOS

---

## **ANEXO 9.**

# **FICHA TÉCNICA DE MUESTREADORES PASIVOS DE OZONO**



## ANEXOS

---

# ANEXO 10. FIRMA CONSULTORA

## K2 Ingeniería S.A.S.

*Consultoría ambiental, muestreos y suministros*

Empresa colombiana creada en Bucaramanga, Santander en enero de 1999, reuniendo la experiencia de profesionales en el área de las ingenierías ambiental, civil y mecánica. K2 Ingeniería cuenta con un grupo de profesionales altamente capacitados con principios éticos y comprometidos con el desarrollo de Colombia. La empresa posee varios focos de acción: Gerenciamiento ambiental, asesorías ambientales, investigación, capacitación y suministros.

### Principales Áreas de Trabajo

<i>Consultoría e Interventoría Ambiental</i>	<i>Instalación y Mantenimiento de Equipos</i>	<i>Suministros</i>
<b>Consultoría</b>	<b>Mantenimiento</b>	<b>Equipos</b>
Estudios Ambientales	Estaciones meteorológicas	Muestreadores
Interventoría Ambiental	Equipos analizadores	Analizadores
Calidad del aire	Equipos muestreadores	Isocinéticos
Residuos	Equipos de ruido	Cems
ISO 14000	Equipos laboratorio	Equipos de laboratorio
OHSAS 18000	Redes de ruido	Ruido
Modelación	Redes de calidad del aire	Redes de ruido, aire y/o agua
Seminarios especializados		
<b>Mediciones</b>	<b>Montaje de Plantas</b>	<b>Software</b>
Monitoreo de calidad del aire	Residuos ordinarios	Modelación
Muestreos en chimeneas	Residuos especiales	AQM
Monitoreo de ruido	Incineradores	Análisis riesgos
Salud ocupacional	Equipos térmicos	Representación gráfica
Monitoreo de aguas		

K2 Ingeniería, se encuentra certificada en las normas ISO-9001, ISO-14001 y OSHAS-18001 con ICONTEC, además está acreditada ante el IDEAM para la realización de monitoreos de calidad del aire e Isocinéticos. Durante estos 13 años hemos desarrollado proyectos para: MADS, FONADE, BANCO MUNDIAL, ECOPETROL, COALCORP, C.I. PRODECO, CERREJON, CMSA, BP, CDJ, CMU, entre otras 600 empresas, siempre brindado el mejor servicio a cada uno de nuestros clientes.