

No. 167/OFHSEQ -2023.

Cartagena de Indias D.T. y C, 27 de noviembre 2023.

Señora  
ALICIA TERRIL FUENTES  
Directora Establecimiento Público Ambiental - EPA  
Manga Cuarta Avenida Calle 28 No. 27 – 05  
Ciudad. -

Asunto: Envío Informes Técnicos Monitoreo Calidad de Aire y Ruido 2023.

Con toda atención me permito enviar para su conocimiento y fines pertinentes los informes técnicos de monitoreo de calidad del aire y ruido de la Sede Mamonal y Bocagrande de la Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval Marítima y Fluvial COTECMAR, realizado por el Laboratorio de Soluciones Ambientales en Colombia – SOLAMCOL correspondiente al año 2023.

Lo anterior dando cumplimiento a la Resolución No. 0296 del 04 Julio 2018 “Plan de Manejo Ambiental Sede Bocagrande” y Resolución 0539 del 06 noviembre 2018 “Plan de Manejo Ambiental Sede Mamonal”.

Cordialmente,



**Eno Fitzgerald Olsen Vasquez**  
Jefe Oficina HSEQ.

*Anexo: Informe Técnico de monitoreo de Calidad del Aire Sede Mamonal - 52 Folios.  
Informe Técnico de monitoreo de Calidad del Aire Sede Bocagrande - 52 Folios.  
Informe Técnico de Ruido Ambiental Sede Mamonal – 42 Folios.  
Informe Técnico de Ruido Ambiental Sede Bocagrande – 42 Folios.*

# INFORME TÉCNICO DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE



*Fuente: SOLAMCOL S.A.S., 2023.*

## CARTAGENA, BOLÍVAR - AGOSTO 2023



INFORMACIÓN DEL DOCUMENTO				
INFORME N°	ELABORÓ	PARA	FECHA DE ELABORACIÓN	VERSIÓN
581_2023	SOLUCIONES AMBIENTALES EN COLOMBIA S.A.S	COTECMAR (BOCAGRANDE)	OCTUBRE 2023	1

## ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN .....	8
2. OBJETIVOS.....	9
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	9
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
3. MARCO LEGAL .....	10
3.1. CALIDAD DEL AIRE.....	10
4. DESCRIPCIÓN METEOROLÓGICA .....	12
4.1. CONDICIONES METEOROLÓGICAS .....	12
4.2. RESUMEN PARÁMETROS.....	13
4.2.1. Temperatura .....	14
4.2.2. Precipitación .....	15
4.2.3. Humedad relativa .....	16
4.2.4. Presión barométrica .....	17
4.2.5. Viento.....	18
5. PROCESO METODOLÓGICO.....	20
5.1. Características de los compuestos en estudio.....	20
5.2. Planificación del monitoreo .....	20
5.2.1. Etapa de preparación .....	20
5.2.2. Descripción general de la metodología.....	21
5.3. Etapa de campo .....	22
5.3.1. Descripción de las estaciones del monitoreo .....	22
5.3.2. Fuentes de emisión de partículas y gases en la zona .....	28
5.3.3. Receptores identificados en el área de estudio .....	28
5.3.4. Trabajo de campo .....	28
5.3.5. Etapa de laboratorio y etapa de análisis.....	29
5.3.6. Índice de calidad del aire (ICA) .....	33
6. RESULTADOS.....	36
6.1. Material particulado menor a 10 micrómetros (PM <sub>10</sub> ) .....	38
6.2. HCT – COV y BTEX .....	41
6.3. Índice De Calidad del Aire (ICA) .....	42
7. CONCLUSIONES .....	45
8. BIBLIOGRAFÍA.....	46

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Normatividad nacional aplicable para calidad de aire.....	10
Tabla 2. Estándares máximos permisibles de niveles de inmisión, expresados en µg/m <sup>3</sup> , según la Resolución 2254 de 2017.....	11
Tabla 3. Información estaciones meteorológicas empleadas para el presente estudio.....	12
Tabla 4. Lista de chequeo: Microlocalización de estación meteorológica.....	12
Tabla 5. Resumen información meteorológica .....	13
Tabla 6. Escala de Beaufort.....	19
Tabla 7. Características de los compuestos estudiados.....	20
Tabla 8. Métodos de monitoreo utilizados.....	21
Tabla 9. Componentes de los equipos de muestreo .....	21
Tabla 10. Preparación de insumos.....	22
Tabla 11. Resumen de los criterios de micro localización.....	23
Tabla 12. Ficha de la estación de monitoreo de calidad del aire No. 1.....	24
Tabla 13. Ficha de la estación de monitoreo de calidad del aire No. 2.....	25
Tabla 14. Localización general de los puntos de monitoreo dispuestos para el presente estudio.....	27
Tabla 15. Fuentes de emisión.....	28
Tabla 16. Manejo de equipos.....	29
Tabla 17. Procedimientos laboratorio y análisis .....	29
Tabla 18. Parámetros analizados y características asociadas a la etapa de análisis, en el laboratorio de Instituto de Higiene Ambiental S.A.S y MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S.....	30
Tabla 19. Validación de Datos .....	33
Tabla 20. Descripción general del Índice de Calidad del Aire.....	33
Tabla 21. Puntos de corte del ICA.....	34
Tabla 22. Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio, Resolución 2254 del 01 de noviembre de 2017 .....	36
Tabla 23. Resultados reportados en la Estación 1.....	37
Tabla 24. Resultados reportados en la Estación 2.....	37
Tabla 25. Concentraciones de PM <sub>10</sub> .....	39
Tabla 26. Estación 1 - VOC's - HTC.....	41
Tabla 27. Estación 2 - VOC's - HTC.....	42
Tabla 28. Índices de Calidad del Aire.....	43

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Valores diarios de temperatura.....	15
Gráfica 2. Valores diarios de precipitación.....	16
Gráfica 3. Valores diarios de humedad relativa.....	17

Gráfica 4. Valores diarios de presión barométrica y velocidad del viento. ....18

Gráfica 5. Rosa de vientos y distribución de frecuencias en Cartagena, Bolívar durante el periodo de tiempo del 1 al 18 de agosto de 2023.....19

Gráfica 6. Concentraciones de PM<sub>10</sub>– Estación 1.....40

Gráfica 7. Concentraciones de PM<sub>10</sub>– Estación 2.....40

**ANEXOS**

- Anexo 1.** Soportes de campo
- Anexo 2.** Resoluciones de acreditación
- Anexo 3.** Reportes de laboratorio
- Anexo 4.** Certificados de calibración

## GLOSARIO

**Analizador:** Equipo instrumental necesario para realizar análisis del aire ambiente mediante el uso de las propiedades físicas y químicas y que da señales de salida cíclicas o puntuales.

**Calibración:** Conjunto de operaciones que establece, bajo condiciones específicas, la relación entre los valores indicados por un instrumento de medición, sistema de medición o valores representados por una unidad de medida y los valores conocidos correspondientes a una medición.

**Concentración de fondo:** Fracción de la calidad del aire observado que no se puede relacionar directamente con las fuentes que se estudian.

**Concentración de una sustancia en el aire:** Es la relación que existe entre el peso o el volumen de una sustancia y la unidad de volumen de aire en la cual está contenida.

**Condiciones de Referencia:** Son los valores de temperatura y presión con base en los cuales se fijan las normas de calidad del aire y de las emisiones, que respectivamente equivalen a 25°C y 760 mm Hg (1 atmósfera de presión).

**Contaminación Atmosférica:** Es el fenómeno de acumulación o de concentración de contaminantes en el aire.

**Contaminantes:** Fenómenos físicos o sustancias, o elementos en estado sólido, líquido o gaseoso, causantes de efectos adversos en el medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana que, solos o en combinación, o como productos de reacción, se emiten al aire como resultado de actividades humanas, de causas naturales, o de una combinación de estas.

**Diagrama de caja (Box-Plot):** Gráfica usada en análisis estadístico que permite tener una idea visual de la distribución de los datos, determinar si hay simetría, ver el grado de variabilidad existente y finalmente detectar datos atípicos.

**Emisión:** Descarga de una sustancia o elemento al aire, en estado sólido, líquido o gaseoso, o en alguna combinación de estos, provenientes de una fuente fija o móvil.

**Equipo para calibración:** Es el instrumento o conjunto de dispositivos que son patrón de referencia sobre el que se compara la operación de un equipo de medición.

**Estación Fija:** Que permanece un periodo de tiempo superior a un año en un punto fijo.

**Estación Indicativa:** Permanece en un punto en periodos de tiempo inferiores a un año.

**Excedencia:** Representación numérica para cada episodio que por contaminante supera el límite normativo correspondiente.

**Fuentes Naturales:** Emisiones provenientes de fuentes naturales como la re suspensión del polvo, las biogénicas y los volcanes en actividad.

**Inmisión:** Transferencia de contaminantes de la atmósfera a un “receptor”. Se entiende por inmisión a la acción opuesta a la emisión. Aire inmiscible es el aire respirable a nivel de la troposfera.

**Media Móvil:** Se calcula del mismo modo que el promedio aritmético para una cantidad n de datos y se va recalculando a medida que se agregan nuevos datos, partiendo del último dato agregado y manteniendo siempre el número de datos correspondiente a la cantidad definida.

**Método de Referencia:** Es el procedimiento de medición y análisis probado exhaustivamente, que debe utilizarse para determinar la concentración de una sustancia contaminante en el aire ambiente y deberán realizarse bajo los estrictos parámetros técnicos.

**Monitoreo:** En el sentido más amplio de la palabra, medición repetida para seguir la evolución de un parámetro durante un período de tiempo.

**Norma anual:** Establece la concentración máxima anual permisible de un contaminante, definida como el promedio aritmético de los valores de las muestras diarias cuando se trata de contaminantes en estado gaseoso, o el promedio geométrico de los valores de las muestras diarias cuando se refieran a partículas suspendidas totales.

**Norma diaria:** Establece la concentración máxima diaria permisible de un contaminante, definida como el promedio aritmético de los valores de las muestras horarias, que podrá excederse solo una vez en un año.

**Norma promedio horaria:** Establece la concentración máxima permisible de un contaminante, de las mediciones realizadas en un periodo de tiempo establecido (media hora, una hora, tres horas, 6 horas y 8 horas).

**Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión:** Es el nivel de concentración legalmente permisible de sustancias o fenómenos contaminantes presentes en el aire, establecido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, con el fin de preservar la buena calidad

del medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana.

### LISTADO DE ABREVIATURAS

<b>µm:</b>	Unidad de longitud, micrómetro
<b>T:</b>	Temperatura
<b>in H<sub>2</sub>O:</b>	Unidad de presión pulgadas de agua
<b>µg/m<sup>3</sup>:</b>	Microgramos por metro cúbico
<b>ppm:</b>	Partes por millón
<b>b:</b>	Intercepto
<b>ICA:</b>	Índice de Calidad del Aire
<b>Hi-vol:</b>	Muestreador de Alto Volumen
<b>L:</b>	Litros
<b>Low-Vol:</b>	Muestreador de Bajo Volumen
<b>m:</b>	Pendiente
<b>mL:</b>	mililitro
<b>MAVDT:</b>	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
<b>MADS:</b>	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
<b>Pb:</b>	Presión Barométrica
<b>Qa:</b>	Caudal Real o Actual
<b>Qstd:</b>	Caudal estándar
<b>r:</b>	Coeficiente de correlación
<b>SEVCA:</b>	Sistema Especial de Vigilancia de la Calidad del Aire: Cualquier población con problemáticas específicas de calidad del aire (minería, alto nivel de industrialización, etc.).
<b>SISAIRE:</b>	Sistema de Información sobre Calidad del Aire
<b>SVCA:</b>	Sistema de Vigilancia de la calidad del aire. SVCAI: Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire Industrial: Aplicado a actividades a las que la autoridad ambiental establezca la obligación de implementar un SVCA. Podrá contar con estaciones indicativas o fijas.
<b>USEPA:</b>	Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (Environmental Protection Agency).

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente documento técnico contiene el análisis del monitoreo de calidad del aire realizado en Cartagena, Bolívar con el que busca generar una caracterización de la calidad del aire en el proyecto Bocagrande. Es por eso por lo que la empresa COTECMAR contrató los servicios de monitoreo ambiental con SOLAMCOL S.A.S en alianza con el **MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S**, quienes, en conformidad con la normatividad ambiental vigente, cuenta con la acreditación para este tipo de monitoreos y análisis de los mismos (Material Particulado menor a 10 micrómetros (PM10), mediante la Resolución de Acreditación N° 1849 del 26 de agosto de 2021 emitidas por el IDEAM y el **Instituto de Higiene Ambiental S.A.S** con quienes se analizan el parámetro de Hidrocarburos Totales - Compuestos Orgánicos Volátiles (HCT-COV) bajo la Resolución de Acreditación RESOLUCIÓN N.º 1065 del 09 de agosto de 2023 emitida por el IDEAM (Ver Anexo 2).

Siendo así, el presente informe técnico tiene por objeto exponer, analizar y comparar los resultados obtenidos de la campaña efectuada entre el 24 de agosto al 10 de septiembre de 2023, determinando los niveles de Material Particulado menor a 10 micrómetros (PM10), e Hidrocarburos Totales-Compuestos Orgánicos Volátiles (HCT-COV) con mediciones de una hora diaria. Las mediciones se realizaron de manera continua, dando cumplimiento a lo establecido en la tabla 20 del Numeral 5.7.4 del Manual de diseño del Protocolo para el seguimiento y monitoreo de la calidad del aire.

El documento incluye los objetivos del estudio, marco legal y metodología utilizada para las mediciones de calidad de aire, seguido de los resultados obtenidos y su respectiva comparación con las normas vigentes, conclusiones y bibliografía y, por último, se presentan los anexos dentro de los cuales se incluyen: Acreditación ante el IDEAM (**Anexo 2. Resoluciones de acreditación**), los formatos de campo diligenciados a lo largo del monitoreo (**Anexo 1. Soportes de campo**) y reportes de Laboratorio (**Anexo 3. Resultados de Laboratorio**).

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar la calidad del aire en el área de influencia para la medición de la calidad del aire ubicado en la ciudad de Cartagena, Bolívar y comparar la concentración de los contaminantes evaluados con la normatividad vigente aplicable, mediante el desarrollo de un monitoreo de calidad de aire en un periodo de 18 días, conforme a los procedimientos técnicos y el protocolo de calidad de aire, en cumplimiento de los objetivos de la empresa **COTECMAR**.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

-  Describir las condiciones meteorológicas en la zona de influencia del proyecto durante los días monitoreados, principalmente; dirección y velocidad del viento, temperatura y presión barométrica.
-  Determinar las concentraciones de PM<sub>10</sub> y VOC's en dos (2) puntos de interés. Con ayuda de muestreadores de alto volumen (Hi-Vol) para el caso de PM<sub>10</sub> y bomba de alto y bajo flujo para VOC's.
-  Establecer cumplimiento normativo de las concentraciones obtenidas de contaminantes criterio bajo la normatividad Resolución No. 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para PM10 y HCT-COV.
-  Presentar los efectos sobre la salud de la población y acciones preventivas con base en el cálculo del índice de calidad del aire para la campaña de monitoreo.

### 3. MARCO LEGAL

#### 3.1. CALIDAD DEL AIRE

**Tabla 1. Normatividad nacional aplicable para calidad de aire.**

Entidad	Norma	Numeral	Descripción
Presidencia de la República	Decreto 2811 del 18 de diciembre de 1974	Artículo 75, Parte II, Capítulo II, Título VII	Expresa la necesidad de implementar medidas de prevención, control y mitigación de la calidad del aire
Ministerio de Salud	Decreto 02 del 11 de enero de 1982	-	Busca solucionar los problemas de salud pública por contaminación atmosférica
-	Constitución Nacional de 1991	Artículos 79 y 80 del Capítulo III	"Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo" "Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados"
Congreso de Colombia	Ley 99 de 1993	-	Se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, encargando a las autoridades ambientales de ejercer la evaluación, control, y seguimiento ambiental de los usos del agua, suelo, aire y demás recursos renovables, entre otras disposiciones
Presidente de la República	Decreto 948 de 1995 modificado por el Decreto 979 de 2006	-	Norma marco para el componente aire, en él se dan las bases normativas para la calidad del aire
MAVDT	Resolución 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.
MAVDT	Resolución 650 del 29 de marzo de 2010, modificada por la Resolución 2154 del 2 de noviembre de 2010	-	Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad de aire. Establece las directrices, metodologías y procedimientos necesarios para llevar a cabo las actividades de monitoreo y seguimiento de la calidad del aire en el territorio nacional
MAVDT	Resolución 610 del 4 de abril de 2010	-	Por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006.
MADS	Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015	Título 5, Aire, Capítulo 1	Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible
MADS	Resolución 2254 del 1 de noviembre de 2017	Artículo 2º	Reglamenta los límites máximos de inmisión para todo el territorio nacional a partir del 1 de enero de 2021.

*Fuente: Recopilación de normatividad nacional.*

A continuación, se presentan los límites establecidos para calidad de aire con los cuales se comparan los resultados obtenidos en el monitoreo:

**Tabla 2. Estándares máximos permisibles de niveles de inmisión, expresados en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , según la Resolución 2254 de 2017.**

Parámetro	Unidad	Resolución 2254 de 2017*
<b>Material Particulado menor a 10 micras (PM<sub>10</sub>)</b>		
Promedio Diario (24 Horas) Res. 2254 de 2017	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	75

\* Condiciones de Referencia. (25°C y 760 mmHg).

**Fuente:** Resolución 2254 de 2017 Emitida por MADS.

## 4. DESCRIPCIÓN METEOROLÓGICA

### 4.1. CONDICIONES METEOROLÓGICAS

En la **Tabla 3** se presenta la información de las estaciones utilizadas para el análisis del comportamiento meteorológico en la zona de estudio durante la realización del monitoreo.

**Tabla 3. Información estaciones meteorológicas empleadas para el presente estudio.**

Modelo	PCE-FWS 20N		
Sensor	RANGO	PRECISIÓN	RESOLUCIÓN
Sensor Temperatura	40°C -60°C	± 1 °C	0,1 °C
Sensor Precipitación	0 - 9999mm	± 16%	0,3mm (si < 1000mm) 1mm (si > 1000mm)
Sensor Velocidad Dirección Viento	0 - 50m/s	± 1m/s (vel. <5m/s) ±10% (vel. >5m/s)	0.1 0.1
Sensor de Humedad Relativa	10% - 99%	± 4%	1%
Sensor de Presión Barométrica	2.225 – 825 mmHg	±3hpa por debajo de 700-1100hPa	0,1hPa (0,01inHg)

*Fuente: Manual de Operación estación PCE INSTRUMENTS, 2023.*

En la **Tabla 4** se presentan los criterios de ubicación de los sensores de las estaciones meteorológicas.

**Tabla 4. Lista de chequeo: Microlocalización de estación meteorológica.**

Sensor Evaluado	Altura del instrumento sobre el suelo		Distancia al obstáculo más cercano		Ubicación del instrumento	
Sensor de Velocidad y de Dirección Viento	C	4,5 m sobre el terreno de llano abierto	C	10 veces superior a la altura del obstáculo	-	-
Sensor de temperatura	C	4,5 m del nivel del suelo	C	Más de 4 veces la altura del obstáculo más cercano. Presenta exposición directa al sol y al viento y libre de Sombra	C	Más de 10 m de áreas pavimentadas, se ubica sobre un suelo cubierto por una capa natural de gravilla y lejos de aguas estancadas
Sensor de Humedad Relativa	C	Más de 2 m sobre el nivel medio del terreno	C	Más de 4 veces la altura del obstáculo más cercano	C	El sensor está protegido de la lluvia y el viento, no se
Sensor de Precipitación	C	Altura superior de 1 m medido sobre el nivel medio del terreno	C	Más de 2 veces la altura del obstáculo más cercano	C	Sitio sin laderas o techos de edificaciones
Sensor de Presión Barométrica	C	Sitio alejado de vibraciones y choques Mecánicos	C	Alejado de fuentes de luz intensa	-	-

*-C: Cumple*

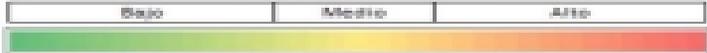
*Fuente: SOLAMCOL S.A.S., 2023.*

## 4.2. RESUMEN PARÁMETROS

En la **Tabla 5**, se presentan los datos temporales registrados durante el monitoreo ejecutado dentro del periodo de tiempo del 24 de agosto al 10 de septiembre de 2023 para temperatura ambiente, humedad relativa, velocidad del viento, precipitación y presión barométrica, evidenciando que los valores de precipitación y temperatura presentan un comportamiento opuesto, como, por ejemplo, el día 05 de septiembre, donde se presenta una temperatura alta de 31 °C, caso contrario el día 29 de agosto donde se presenta una temperatura promedio de 27.4 °C, en cuanto a la precipitación se presentaron días sin lluvias en la mayoría de los días, mientras que el día de mayor precipitación fueron los días 2 y 7 de septiembre con un valor de precipitación de 2 mm.

Por otra parte, los valores registrados para humedad relativa varían entre 44.4% y 57.5%, por lo que se observa que entre el 24 de agosto al 10 de septiembre donde la precipitación presenta valores entre 0.0 mm y 2 mm se obtienen los valores más bajos de % de humedad relativa, mientras que cuando aumenta las precipitaciones, como el día 07 de septiembre donde presenta un porcentaje de humedad de 54.3%, se obtiene precipitación diaria de 2 mm, demostrando que existe relación entre la humedad y precipitación. A su vez, la presión barométrica presenta ligeras variaciones diarias, manteniéndose en un valor similar durante los días del monitoreo, comportamiento esperado para este parámetro.

**Tabla 5. Resumen información meteorológica**



FECHA	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	PRECIPITACION (mm)	PRESION BAROMETRICA/ATMOSFERICA (mmHg)
24/08/2023	29,5	56,3	1,4	0	757,56
25/08/2023	30,2	52,1	2,8	0	757,56
26/08/2023	30	53,2	2,8	0	757,56
27/08/2023	28,3	54,3	3,3	0	757,56
28/08/2023	28,4	50,1	3,6	1,5	757,56
29/08/2023	27,4	55,5	2,7	0	757,56
30/08/2023	28,3	52	2,6	0	757,56
31/08/2023	29,9	46,8	2,6	0	757,56
1/09/2023	30,1	48,3	2,8	0	757,56
2/09/2023	30,6	45,6	3,2	2	757,56
3/09/2023	29,4	49,3	4,2	0	757,56
4/09/2023	29,7	49,9	2,8	0	757,56
5/09/2023	31	44,4	2,5	0	757,56
6/09/2023	28,3	57,5	2,2	1,5	757,56

FECHA	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	PRECIPITACION (mm)	PRESION BAROMETRICA/ATMOSFERICA (mmHg)
7/09/2023	29,1	54,3	1,8	2	757,56
8/09/2023	29,9	51,9	1,8	0	757,56
9/09/2023	30,1	49,4	1,9	0	757,56
10/09/2023	29,3	48,3	1,8	0	757,56
<b>MAXIMO</b>	<b>31</b>	<b>57,5</b>	<b>4,2</b>	<b>2</b>	<b>757,56</b>
<b>MÍNIMO</b>	<b>27,4</b>	<b>44,4</b>	<b>1,4</b>	<b>0</b>	<b>757,56</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>29,42</b>	<b>51,07</b>	<b>2,60</b>	<b>0,39</b>	<b>757,56</b>

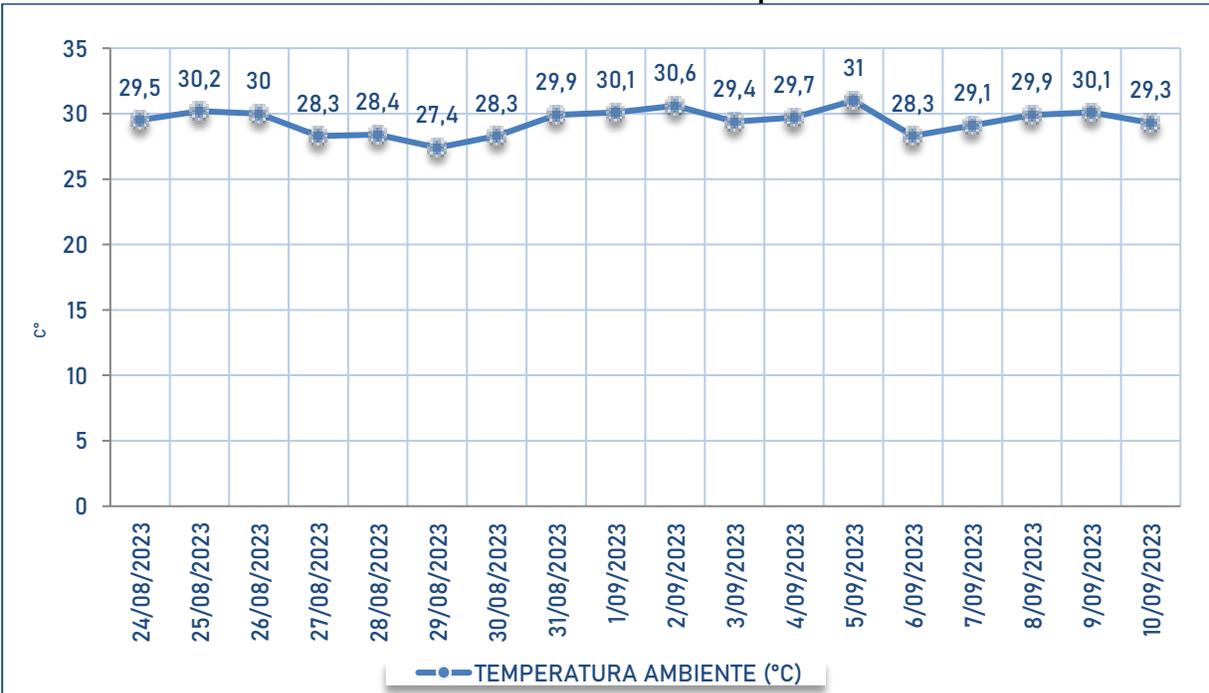
*Fuente: SOLAMCOL S.A.S., 2023.*

#### 4.2.1. Temperatura

La temperatura es un parámetro que representa el calor, o transferencia de energía térmica. Definiéndola también como una medida de la energía cinética relacionada con el movimiento aleatorio de las partículas que componen el sistema. Por otro lado, Cuando se tiene una diferencia de temperatura, la energía tiende a transferirse del sistema de mayor temperatura que al de menor temperatura hasta alcanzar el equilibrio térmico (Urrego, 2006). Es importante tener en cuenta que 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.

Así pues, en la **Gráfica 1** se evidencia el comportamiento de la temperatura ambiente a lo largo de los 18 días, la temperatura ambiental presentó valores que oscilan entre 27.4 °C y 31 °C, obteniéndose la mayor temperatura el día 05 de septiembre y la menor temperatura el día 29 de agosto. Se observa valores variables en los días monitoreados, con una temperatura promedio de 29.42 °C. En general, se presenta un comportamiento variable sin obtenerse valores atípicos, asimismo, se obtienen valores que fluctúan entre sí en alrededor de 1,2 °C a 1,3 °C.

Gráfica 1. Valores diarios de temperatura.



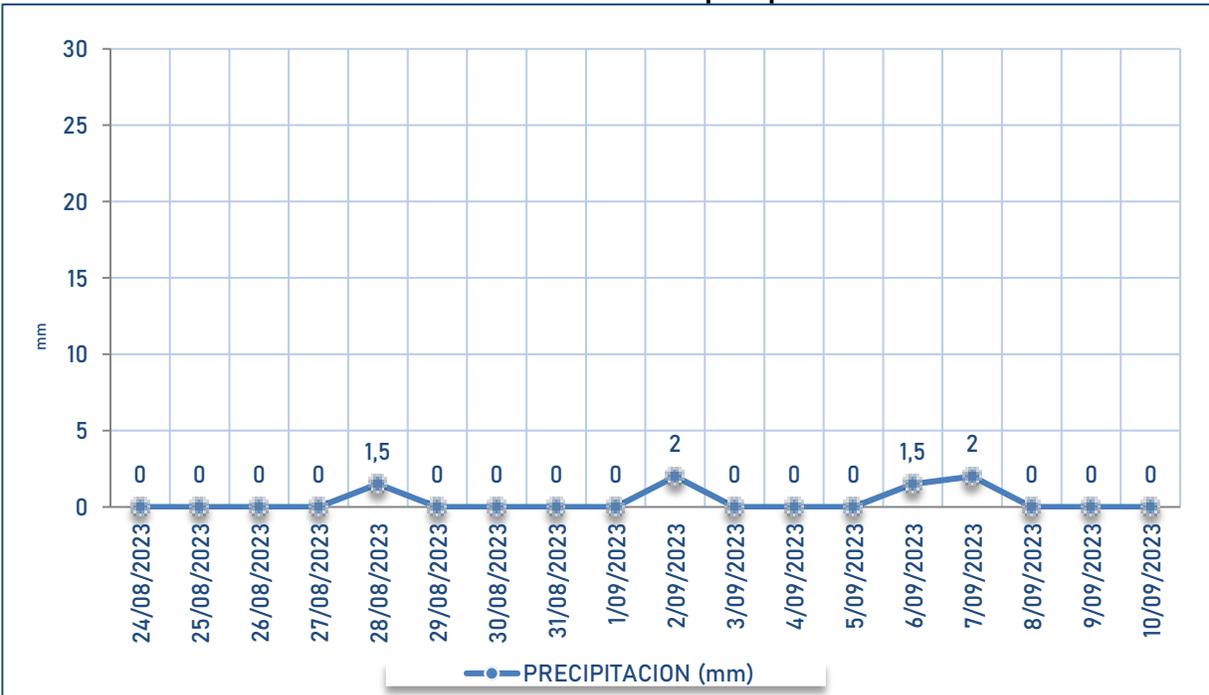
Fuente: SOLAMCOL S.A.S. 2023.

#### 4.2.2. Precipitación

En meteorología, la precipitación es cualquier forma de hidrometeoro que cae de la atmósfera y llega a la superficie terrestre. Este fenómeno abarca lluvia, llovizna, nieve, aguanieve y granizo. La cantidad de precipitación sobre un punto de la superficie terrestre es llamada pluviosidad, o monto pluviométrico (Perez, 2018). Además, la precipitación es uno de los factores climáticos que mayor incidencia tiene dentro de los procesos de dispersión de contaminantes, pues su presencia hace que las sustancias en suspensión en forma de aerosoles o gases sean arrastradas con ella.

Durante el monitoreo se presentaron precipitaciones que oscilan entre 0,0 mm y 2,0 mm, presentándose el valor máximo el día 07 de septiembre, el resto de los días de monitoreo presentaron eventos de precipitación de baja intensidad.

**Gráfica 2. Valores diarios de precipitación.**



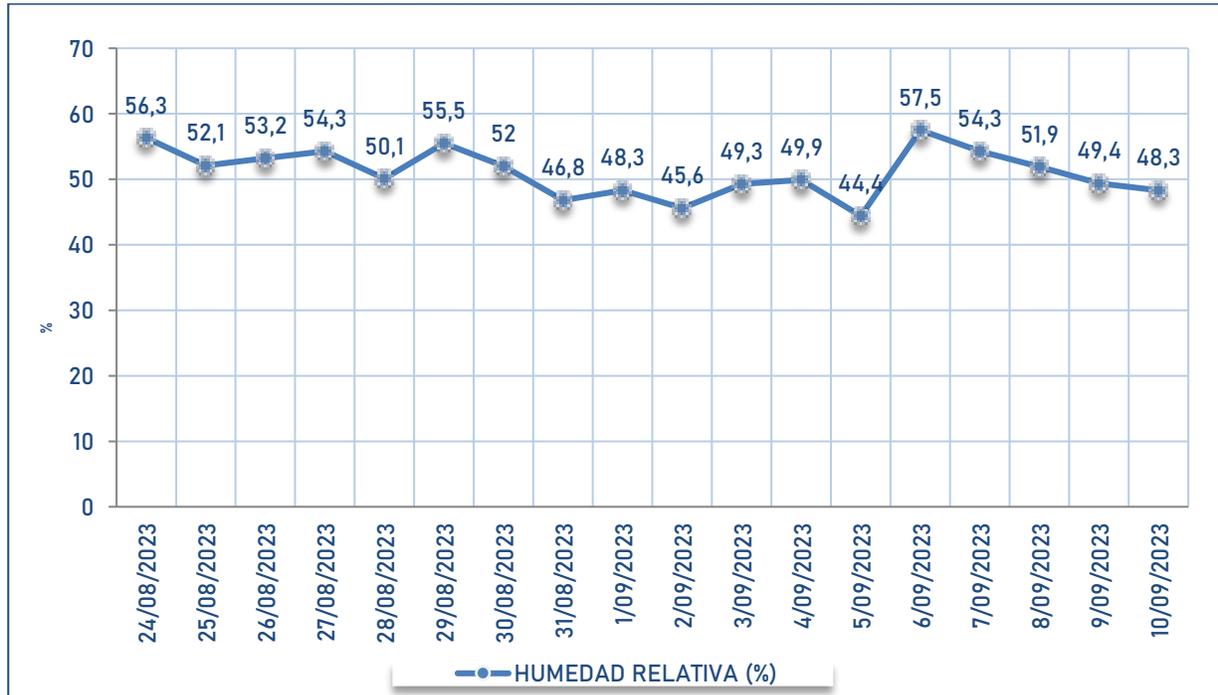
Fuente: SOLAMCOL S.A.S, 2023.

#### 4.2.3. Humedad relativa

La humedad relativa es la proporción de vapor de agua real en el aire comparada con la cantidad de vapor de agua necesaria para la saturación a la temperatura correspondiente. Indica qué tan cerca está el aire de la saturación. Se mide en porcentaje entre 0 y 100, donde el 0% significa aire completamente seco y 100% aire saturado.

Los valores de humedad relativa durante el monitoreo oscilaron entre 44.4% y 57.5%, presentándose el mayor valor el día 06 de septiembre y el menor el día 05 de septiembre. Se evidencia una relación inversamente proporcional entre la humedad y la temperatura, puesto que cuando incrementa la humedad, la temperatura disminuye (**Gráfica 3**).

**Gráfica 3. Valores diarios de humedad relativa.**



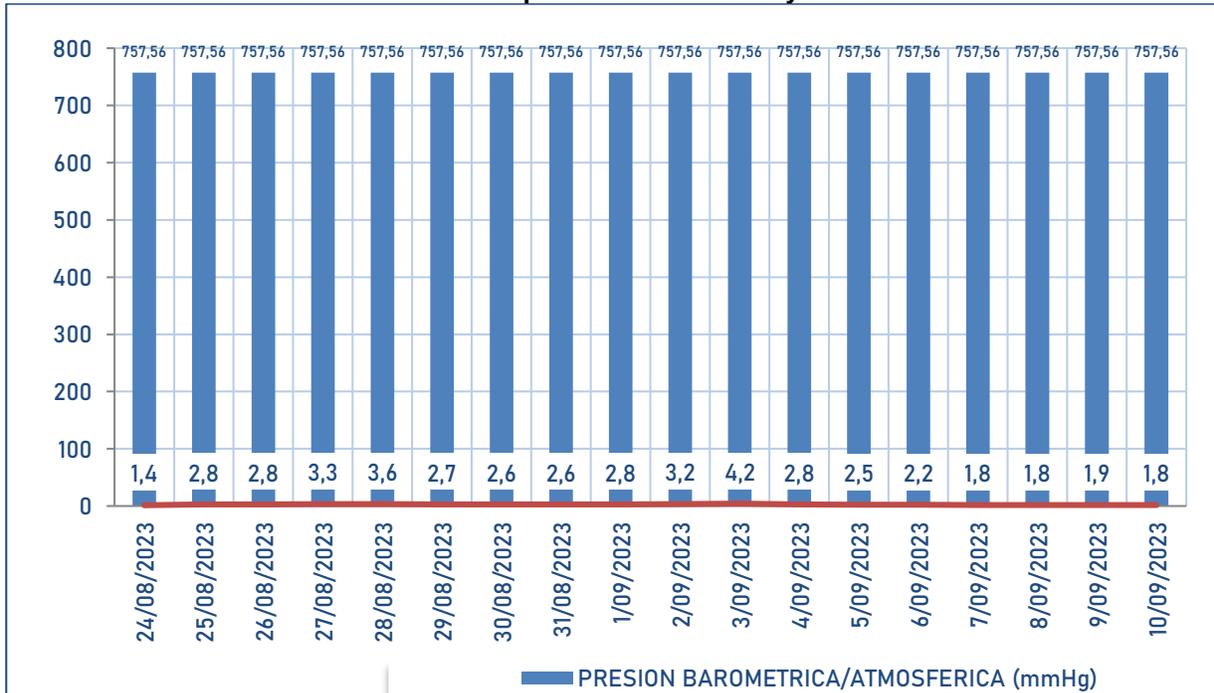
Fuente: SOLAMCOL S.A.S, 2023.

#### 4.2.4. Presión barométrica

Se analiza la presión atmosférica como otro parámetro que influye en las características climáticas y en la dispersión de los contaminantes. Dicho parámetro está relacionado con diferentes variables como lo son la temperatura, la humedad del aire y la elevación del lugar o área de estudio. En cuanto a la relación de la presión con la temperatura y la humedad, está dada debido a que el aire caliente pesa menos que el aire frío y el aire húmedo menos que el aire seco, condiciones que se relacionan con la variación de la presión atmosférica.

La **Gráfica 4** muestra gráficamente el comportamiento de la velocidad del viento y la presión atmosférica durante el monitoreo. Los valores de presión barométrica se mantuvieron constantes arrojando un valor promedio de 757.56 mmHg a lo largo del monitoreo.

**Gráfica 4. Valores diarios de presión barométrica y velocidad del viento.**



Fuente: SOLAMCOL S.A.S. 2023.

#### 4.2.5. Viento

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. Bajo ese contexto, la velocidad del viento afecta en gran medida la concentración de contaminantes en un área, mientras mayor sea la velocidad del viento mayor será la dilución y dispersión de contaminantes.

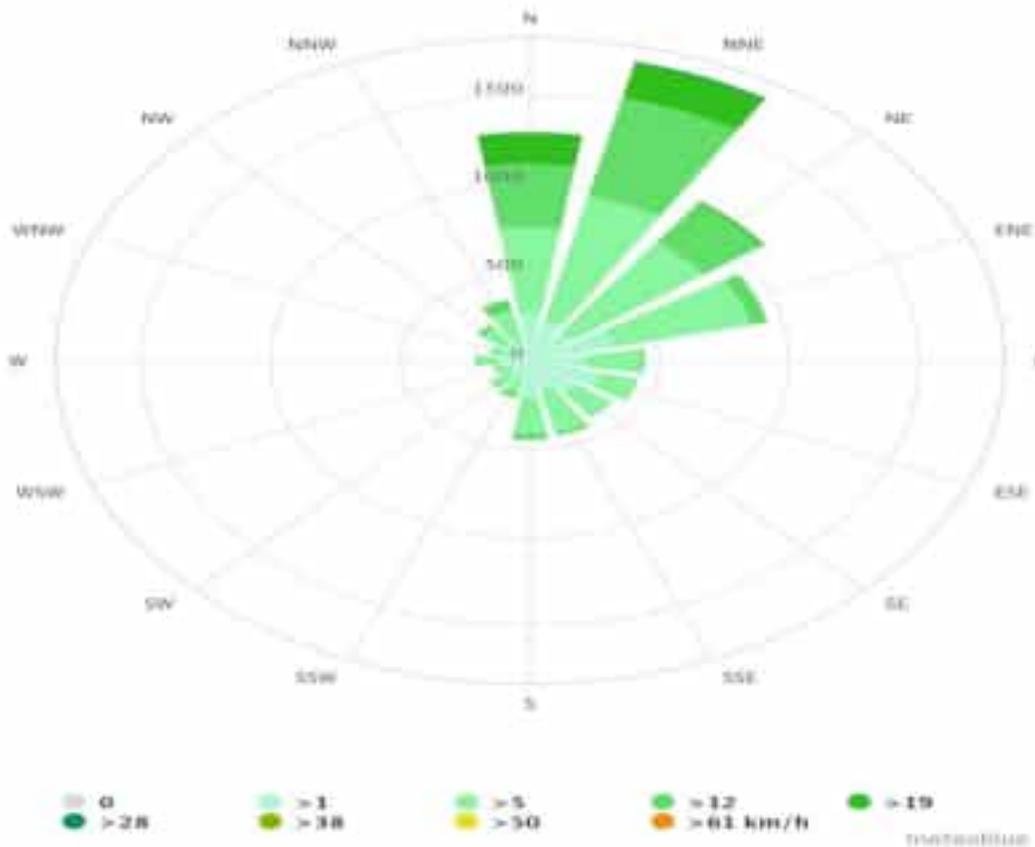
En la **Gráfica 5** se puede observar un comportamiento en el que predominan los vientos provenientes de la dirección Noreste (NE) hacia el Suroeste (SW) así como los valores obtenidos corresponden a velocidades entre 1,40 m/s a 4,2 m/s. El presente monitoreo reflejó un comportamiento variable en la velocidad del viento, registrándose el mayor valor promedio diario de 2,60 m/s. Este comportamiento es acorde con las condiciones de la zona, así como la ubicación de la estación meteorológica dentro del área de influencia del proyecto, la cual se considera como una zona despejada lo cual incrementa la intensidad de corrientes de aire. Asimismo, según la escala de Beaufort (**Tabla 6**) los vientos obtenidos se clasifican entre Ventolina (0.3 – 1.5 m/s), Flojito (Brisa muy débil; 1.6 – 3.3 m/s) y flojo (Brisa débil).

**Tabla 6. Escala de Beaufort**

DEFINICIÓN	m/s	CONDICIÓN EN TIERRA
F0- Calma	0 – 0,2	El humo sube verticalmente.
F1 – Ventolina	0,3 – 1,5	La dirección del viento se define por la del humo, pero no por las veletas y banderas.
F2 – Flojito (Brisa muy débil)	1,6 – 3,3	El viento se siente en la cara. Se mueven las hojas de los árboles, veletas y banderas.
F3 – Flojo (Brisa débil)	3,4 – 5,4	Las hojas de los árboles se agitan constantemente. Se despliegan las banderas.
F4 – Bonacible (Brisa moderada)	5,5 – 7,9	Se levanta polvo y papeles, se agitan las copas de los árboles.
F5 – Fresquito (Brisa fresca)	8,0 – 10,7	Pequeños movimientos de los árboles, superficies de los lagos ondulados.
F6 – Fresco (Brisa fuerte)	10,8 – 13,8	Se mueven las ramas de los árboles, dificultad para mantener abierto el paraguas.

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. IDEAM.

**Gráfica 5. Rosa de vientos y distribución de frecuencias en Cartagena, Bolívar durante el periodo de tiempo del 1 al 18 de agosto de 2023**



Fuente: Meteoblue, 2023.

## 5. PROCESO METODOLÓGICO

En este capítulo se muestra la definición y características de los contaminantes a analizar, los equipos empleados, sus especificaciones y forma de empleo en campo, así como los puntos de medición y las fuentes de emisión. Posteriormente se dan a conocer los cálculos y análisis pertinentes a realizar.

### 5.1. Características de los compuestos en estudio

**Tabla 7. Características de los compuestos estudiados.**

Contaminante	Descripción	Orígenes	Efectos
Partículas suspendidas con diámetro menor a 10 micrómetros (PM10) y 2.5 micrómetros (PM2.5).	Partículas de muy pequeño diámetro que ingresan con facilidad al sistema respiratorio.	Funcionamiento de motores con combustibles fósiles, industria (ladrillo, cobre, etc.), movimiento de tierras.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lesiones pulmonares</li> <li>- Contribuye a enfermedades de los pulmones o del corazón</li> <li>- Agravante de enfermedades como asma.</li> </ul>
HCT-COV	Varios compuestos gaseosos siendo principalmente hidrocarburos y solventes.	Industria petrolera, vehículos, industria química.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Irritación de los ojos, la piel y las vías respiratorias.</li> <li>- Mareos, dolor de cabeza y fatiga.</li> <li>- Daño sistema nervioso central.</li> <li>- Riesgo de desarrollo de cáncer.</li> <li>- Afectación sistema hematopoyético.</li> </ul>

*Fuente: Base de Datos SOLAMCOL S.A.S. 2023.*

### 5.2. Planificación del monitoreo

A continuación, se presenta el proceso metodológico empleado para el desarrollo del monitoreo de calidad del aire, mediante la determinación de Material Particulado menor a 10 e Hidrocarburos Totales - Compuestos Orgánicos Volátiles, el cual se encuentra fundamentado en la Resolución 2254 de 2017 emitidas por el MAVDT hoy MADS y avalados por la Environmental Protection Agency de los Estados Unidos (EPA).

#### 5.2.1. Etapa de preparación

Esta etapa involucró las siguientes actividades:

-  Selección del número de puntos a muestrear.
-  Preparación del material: Equipos e insumos (pesado de filtros de PM<sub>10</sub>), requeridos para el monitoreo.
-  Disposición de transporte adecuado para los equipos (Muestreadores de Hi-vol y PM10 y bomba con filtros para recolección de HCT-COV).
-  Calibración de los equipos para los análisis in-situ.
-  Rotulación y empaque.

## 5.2.2. Descripción general de la metodología

**Tabla 8. Métodos de monitoreo utilizados.**

Compuesto	Metodología	Descripción
Material particulado (PM <sub>10</sub> ) Método gravimétrico por muestreador de alto volumen	EPA e- CFR 40, Capítulo 1, Subcapítulo C, Parte 50, Apéndice B-Alto volumen. EPA e- CFR 40, Capítulo 1, Subcapítulo C, Parte 50, Apéndice J-Alto volumen	Hacer pasar una muestra de aire succionada por un motor calibrador (que debe tener un caudal entre 1,02 y 1,24 m <sup>3</sup> /min a condiciones locales para PM <sub>10</sub> ), a través de un filtro secado y pesado previamente hasta peso constante, ubicado al interior de una caseta o coraza de protección, durante un período de muestreo de 24 horas.  Pesado de filtro en el laboratorio bajo condiciones de humedad y temperatura controladas, antes y después de su utilización para determinar la ganancia neta de peso. El volumen total del aire muestreado, corregido a condiciones de referencia, se determina a partir del flujo de aire ambiente medido y del tiempo de muestreo.
Hidrocarburos totales (HCT)/ Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)	EPA TO – 17 Procedimiento interno: I-PMO01-16	La muestra de aire ambiental del punto de interés se recolecta usando una Bomba MSA, la cual utiliza una cápsula de carbón activado. La metodología estandarizada aplicada para la determinación de estos compuestos en laboratorio es la EPA TO 17. El método usado para determinar la concentración de estos compuestos, es la técnica de cromatografía de gases, detector FID, de purga y trampa o inyección directa. El análisis en laboratorio se realiza inyectando una fracción de la muestra, al cromatógrafo de gases que mediante una columna cromatográfica y un programa de temperatura específico separa los compuestos orgánicos, que son determinados y cuantificados por un detector FID.

Fuente: Base de Datos SOLAMCOL S.A.S., 2023.

**Tabla 9. Componentes de los equipos de muestreo**

Compuesto	Fotografía	Descripción
PM <sub>10</sub>		<p><i>Muestreador de alto volumen</i></p> <p>Sus elementos vienen dentro de una estructura metálica de aluminio anodizado con una caperuzita escuslizable en forma de platillo para el PM<sub>10</sub> (esta caperuzita protege el filtro de posibles lluvias). La cubierta de dicho muestreador debe cumplir con las siguientes características:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mantener el filtro en posición horizontal por lo menos a 1,5 m por encima de la superficie de soporte del muestreador, para que la muestra de aire sea aspirada verticalmente hacia abajo, a través del filtro.</li> <li>2. Cubrir y proteger el filtro de la lluvia y otros efectos perturbadores del muestreo.</li> </ol> <p>Dichos muestreadores constan de un motor succionador (capaz de operar en forma continua durante 24 horas), un porta filtro soportado por una superficie de la caseta de aluminio, un dispositivo para la medición del flujo el cual puede estar o no incorporado al medidor (para el presente estudio se utilizó un registrador de flujo con la posibilidad de medir entre 0,57 y 1,7 m<sup>3</sup>/min), un dispositivo de control del tiempo y un controlador de flujo.</p> <p>Los certificados de calibración se encuentran en el <b>Anexo 4. Certificados de calibración</b>, además, es importante tener en cuenta que la calibración se realiza de forma anual, es decir, que el certificado de calibración tiene vigencia de 1 año.</p>

Compuesto	Fotografía	Descripción
COV / HCT		Bomba de muestreo personal con flujo volumétrico de 1-3000 cc/min <ul style="list-style-type: none"> <li>• Módulos adicionales para flujo bajo</li> <li>• Batería recargable de NiHM para mínimo 8 horas</li> <li>• Presión de vacío de hasta 20" de H2O</li> </ul>

*Fuente: Base de Datos SOLAMCOL S.A.S., 2023.*

**Tabla 10. Preparación de insumos.**

Compuesto	Material	Descripción
PM <sub>10</sub>	Filtro PM <sub>10</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Material: fibra de cuarzo u otro material inerte y no higroscópico.</li> <li>- Tamaño 20,3+0,2 x 25,4+0,2 cm (nominal 8x10 in).</li> <li>- Área nominal expuesta de 406,5 cm<sup>2</sup> (63 in<sup>2</sup>)</li> <li>- Integridad: +5 µg/m<sup>3</sup> (asumiendo el volumen nominal de una muestra de aire de 24 horas en el muestreador).</li> <li>- Eficiencia de recolección: mayor o igual a 99% como medida de la prueba de DOP (ASTM-2986) para partículas de 0,3 µm de diámetro, a la velocidad de operación del muestreador.</li> <li>- Alcalinidad: &lt;25 µeq/g después de 2 meses mínimos de almacenamiento libre de ambientes de gases ácidos a temperatura y humedad ambiente.</li> <li>- Perforaciones: ninguna.</li> <li>- Fragilidad: cuando se hace un doblez longitudinal no debe presentarse rajadura o separación del material.</li> </ul>
COV / HCT	-	Se realiza el alistamiento de los tubos de carbón activado y se verifica el dispositivo de medición.

*Fuente: Base de Datos SOLAMCOL S.A.S., 2023.*

### 5.3. Etapa de campo

La ubicación y posterior verificación de los equipos a emplear en el monitoreo, se realizó teniendo en cuenta los criterios técnicos de micro localización contemplados en el Numeral 6.4 del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire (Manual de Diseño de Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire) del MAVDT hoy MADS mencionados en la siguiente tabla.

#### 5.3.1. Descripción de las estaciones del monitoreo

El área del proyecto se encuentra ubicada en el municipio de Cartagena, Bolívar con el fin de dar cubrimiento al área de estudio se definió un punto de monitoreo dispuestos según los criterios mencionados en la **Tabla 11**. El criterio tenido en cuenta por estación, así como la localización

	ELABORADO POR: SOLAMCOL S.A.S	Página 22 de 52
	INF_581_2023	

general de los mismos se muestran de la **Tabla 12 y Tabla 13**.

**Tabla 11. Resumen de los criterios de micro localización.**

Criterio	Ítem	Observación
Técnico	Condiciones de Seguridad	Se debe velar por la seguridad de los equipos de monitoreo, para dar continuidad y garantía a la medición.
	Exposición de tomas-muestras los y Sensores	Los muestreadores y sensores se ubicarán teniendo en cuenta la dirección del viento y la ubicación de las fuentes estudiadas, debido a que el viento debe dirigir los contaminantes al muestreador dando representatividad a la medición.
Técnico	Condiciones de logísticas	Los puntos de monitoreo deben poseer fluido eléctrico regulado y suficiente además de poder acceder fácilmente a ellas, para asegurar el mantenimiento, limpieza y operación de los equipos.
Físicos	Cobertura	Se deberá abarcar la mayor área de estudio posible con el fin de realizar un muestreo representativo.
Sociales	Fuentes receptoras	Se localizarán las respectivas estaciones de monitoreo teniendo en cuenta la ubicación de caseríos, cascos urbanos y demás centros poblados

*Fuente: Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire. MAVDT. 2010.*

Tabla 12. Ficha de la estación de monitoreo de calidad del aire No. 1

INFORMACIÓN GENERAL										
Estación	E1	Nombre	COTECMAR	Departamento	BOLÍVAR	Municipio	CARTAGENA		Vereda	Casco Urbano
Altitud (m.s.n.m.)	9	COORD. ORIGEN NACIONAL	E	4721051.409	Entorno local	La estación se encuentra ubicada al lado de una vía				
Altura del suelo (m)	2		N	2709572.166						
TIPO DE ESTACIÓN										
Nivel I Área	Urbana		Nivel II Tiempo	Fija		Nivel III Emisiones Dominantes		Tráfico e industrial		
INFORMACIÓN ADICIONAL										
Tráfico	Distancia al borde (m)	4	Industrial	Tipo de industria	Astillaría		Indicativas	Tiempo de muestreo (días)	18	
	Ancho de la vía (m)	6		Distancia fuentes (m)	No se identifican fuentes cercanas o directas.			Hora inicio/ Hora fin (diaria)	00:00 /23:59 Ver <b>Anexo 1</b>	
	Vel. Promedio (Km/h)	20		Dirección	N/A			Seco/Húmedo	Seco	
	Estado de la vía	Pavimentada		Fecha inicio	2023/08/24			Fecha fin	2023/09/10	
Objetivo de la estación	Evaluar aporte de carga de contaminante que afecte la calidad de aire de la zona			Descripción fuentes de emisión	Las vías se encuentran pavimentadas, se evidencian actividades por parte del personal del punto Emisiones de fuente móviles (vehículos de carga y automóviles)					
CONFIGURACIÓN DE LA ESTACIÓN										
Parámetros	Equipos monitoreo				Código					
PM <sub>10</sub>	Muestreador de alto volumen				CA-103					
COV'S- BTEX	Bomba de bajo y alto caudal				AI-110					
CALIBRADOR	Defender 530 COV'S - BTEX				(Ver <b>Anexo 4</b> )					

Tabla 13. Ficha de la estación de monitoreo de calidad del aire No. 2

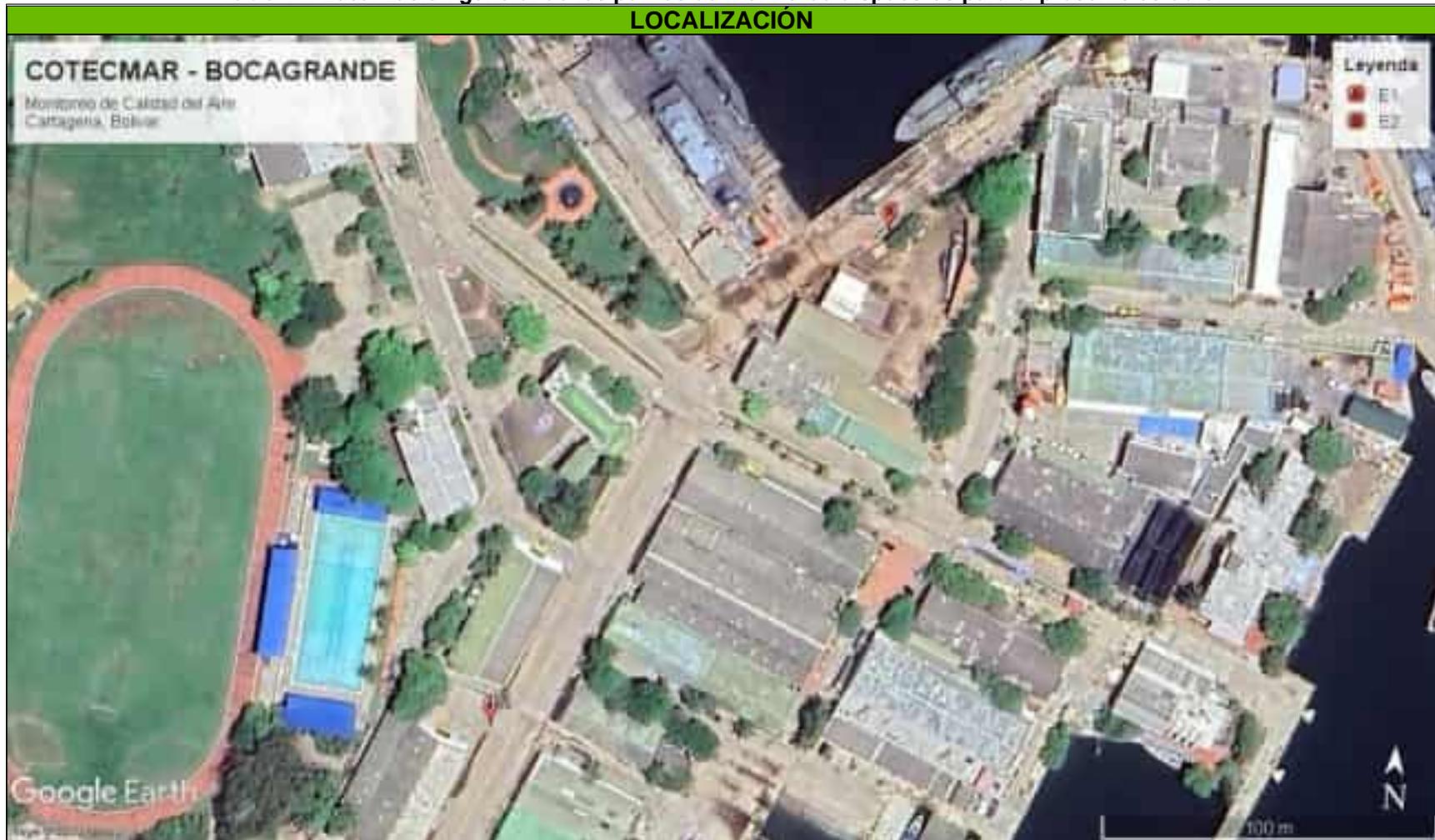
INFORMACIÓN GENERAL										
Estación	E2	Nombre	COTECMAR	Departamento	BOLÍVAR	Municipio	CARTAGENA		Vereda	Casco Urbano
Altitud (m.s.n.m.)	5	COORD. ORIGEN NACIONAL	E	4721162.480	Entorno local	La estación se encuentra ubicada al lado de una vía				
Altura del suelo (m)	2		N	2709727.141						
TIPO DE ESTACIÓN										
Nivel I Área	Urbana		Nivel II Tiempo	Fija		Nivel III Emisiones Dominantes		Tráfico e industrial		
INFORMACIÓN ADICIONAL										
Tráfico	Distancia al borde (m)	4	Industrial	Tipo de industria	Astillaría		Indicativas	Tiempo de muestreo (días)	18	
	Ancho de la vía (m)	6		Distancia fuentes (m)	No se identifican fuentes cercanas o directas.			Hora inicio/ Hora fin (diaria)	00:00 /23:59 Ver <b>Anexo 1</b>	
	Vel. Promedio (Km/h)	20		Dirección	N/A			Seco/Húmedo	Seco	
	Estado de la vía	Pavimentada		Fecha inicio	2023/08/24			Fecha fin	2023/09/10	
Objetivo de la estación	Evaluar aporte de carga de contaminante que afecte la calidad de aire de la zona			Descripción fuentes de emisión	Las vías se encuentran pavimentadas, se evidencian actividades por parte del personal del punto Emisiones de fuente móviles (vehículos de carga y automóviles)					
CONFIGURACIÓN DE LA ESTACIÓN										
Parámetros	Equipos monitoreo				Código					
PM <sub>10</sub>	Muestreador de alto volumen				CA101					
COV'S- BTEX	Bomba de bajo y alto caudal				AI-110					
CALIBRADOR	Defender 530 COV'S - BTEX				(Ver <b>Anexo 4</b> )					

**REGISTRO FOTOGRÁFICO**



*Fuente: SOLAMCOL S.A.S 2023.*

Tabla 14. Localización general de los puntos de monitoreo dispuestos para el presente estudio.



Fuente: Google Earth Pro, 2023

### 5.3.2. Fuentes de emisión de partículas y gases en la zona

A continuación, se describen los diferentes tipos de fuentes de emisión de partículas y gases a la atmósfera (según el Decreto No. 948 de 1998 expedido por el MADS, la Resolución 0610 de 2010, la Resolución 2254 de 2017 y el Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, octubre 2010 expedidos por el MAVDT hoy MADS) observadas en el área de estudio durante el presente monitoreo, referenciándose a continuación cada tipo de fuente:

**Tabla 15. Fuentes de emisión**

Tipo de Fuente	Descripción
Fuentes de emisiones fijas dispersas o difusas	Son aquellas que se encuentran siempre presentes en la misma ubicación, los focos de emisión de una fuente fija se dispersan en un área, por razón del desplazamiento de la acción causante de la emisión. En el presente monitoreo se llevó a cabo en terreno plano sin presencia de fuentes fijas visibles.
Fuentes móviles	Las fuentes móviles como su nombre lo indica, son todos aquellos instrumentos, equipos u organismos que generan algún tipo de emisión y que trasladan su posición de un lugar a otro. En la zona se observó flujo vehicular con alta presencia de automóviles, camionetas 4x4, camiones, microbuses, así como vehículos de carga (volquetas y tractomulas) y maquinaria pesada.

*Fuente: SOLAMCOL S.A.S., 2023.*

### 5.3.3. Receptores identificados en el área de estudio

Para efectos de calidad de aire se consideran receptores a los seres humanos que pueden verse afectados por las sustancias contaminantes que son emitidas a la atmósfera por una actividad. En el presente monitoreo se identificaron receptores aproximadamente a 50 m de la ubicación de las estaciones, correspondientes a habitantes de la zona.

### 5.3.4. Trabajo de campo

A continuación, se describe el proceso metodológico realizado durante la etapa de campo para la determinación de los compuestos a monitorear. El laboratorio MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., en conformidad con la normatividad vigente, se encuentra acreditada para este tipo de muestreos mediante la Resolución 1849 de 2022 de renovación y extensión emitida por el IDEAM (**Anexo 2. Resoluciones de acreditación**) y a su vez cuenta con la certificación ISO 9001:2008. Como compañía certificada y acreditada, MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., asegura que su sistema de calidad, personal, instalaciones, equipos, métodos de prueba, archivos y reportes se ejecutan de manera precisa y confiable.

**Tabla 16. Manejo de equipos**

Compuesto	Descripción
Material particulado (PM <sub>10</sub> )	<p>Se recolectaron 18 muestras por períodos de 24 horas.</p> <p>Se abre la caseta del medidor de alto volumen, levantando la tapa superior. Posteriormente, sobre el soporte se coloca un filtro de cuarzo (PM<sub>10</sub>) previamente pesado y numerado, con el lado rugoso hacia arriba. Sobre el filtro se ubica el dispositivo que lo asegura sobre el porta filtro y se ajusta girando las cuatro (4) mariposas, quedando éste completamente asegurado. Pasados cinco (5) minutos, se observa la lectura del registrador de flujo y se anota como lectura inicial; transcurridas las 24 horas se lee nuevamente y se anota como final, luego se desconecta el medidor de flujo (para evitar obstrucciones), se levanta la tapa superior y se retira el filtro tocando solamente el borde exterior; se dobla a lo largo, de manera que queden en contacto las caras del lado en que se han depositado las partículas, se guarda doblado en una bolsa hermética.</p> <p>En el momento del muestreo se toma nota de la hora, fecha y otros datos que puedan ser de interés para el análisis de los resultados y se registran en los formatos de campo (Anexo 1. Soportes de Campo).</p>
COV	<p>Durante los mismos días de monitoreo, se realizaron mediciones in situ en cada uno de los puntos donde se ubicaron los equipos de medición. En cada estación se tomaron muestras todos los días de monitoreo, donde cada una de ellas se encuentra integradas por el promedio de varias lecturas.</p>

*Fuente: Trabajo de campo SOLAMCOL S.A.S., 2023.*

### 5.3.5. Etapa de laboratorio y etapa de análisis

**Tabla 17. Procedimientos laboratorio y análisis**

COMPUESTO	LABORATORIO	ANÁLISIS
Material particulado (PM <sub>10</sub> )	<p>Se realiza en el laboratorio de Instituto de Higiene Ambiental S.A.S. Para el análisis gravimétrico se dejan los filtros usados en el desecador durante un período de 24 horas, después de su acondicionamiento se pesan en la balanza analítica (llevando la fracción al miligramo más cercano). Por último, se registra el peso neto del filtro junto con el número de éste.</p>	<p>Para determinar la concentración diaria de material particulado/partículas suspendidas totales se utiliza la siguiente expresión:</p> $C_p = \frac{(P_f - P_i) \cdot 10^6}{Q_{real} \cdot t}$ <p>Donde:</p> <p><b>C<sub>ps</sub></b>= Concentración de partículas en suspensión, en µg/m<sup>3</sup>.</p> <p><b>P<sub>f</sub></b>= Peso final del filtro en gramos.</p> <p><b>P<sub>i</sub></b>= Peso inicial del filtro en gramos.</p> <p><b>Q<sub>real</sub></b>= Caudal de aire a través del filtro (caudal promedio corregido leído en el rotámetro, en m<sup>3</sup>/min).</p> <p><b>t</b>= Tiempo de muestreo en minutos.</p> <p><b>10<sup>6</sup></b>= Factor de conversión de gramos a microgramos</p>

Compuesto	Laboratorio	Análisis
Hidrocarburos Totales (HCT) Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)	El análisis de HCT/COV se realiza a través de un cromatógrafo de gases que mediante una columna cromatográfica y un programa de temperatura específico separa los compuestos orgánicos, que son determinados y cuantificados por un detector FID.	El cartucho es desorbido y analizado por cromatografía, del cual se obtiene la cantidad de contaminante en $\mu\text{g}$ y esta se divide entre el volumen muestreado para obtener la concentración en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . $C \left[ \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} \right] = \frac{\mu\text{g de análisis}}{Qstd \times t}$ Donde: <b>C</b> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] = Concentración dada en peso de HCT/COV por unidad de volumen de aire en microgramos por metro cúbico. $\mu\text{g}$ = Cantidad de HCT/COV obtenidos del análisis cromatográfico. <b>Qstd</b> = Caudal estándar de muestreo (std $\text{m}^3/\text{min}$ ) <b>t</b> = tiempo de muestreo en min.

Fuente: Trabajo de campo SOLAMCOL S.A.S., 2023.

Como resumen de lo mostrado en el ítem de etapa de análisis se presenta la **Tabla 5. 13** y **Tabla 5. 14**.

**Tabla 18. Parámetros analizados y características asociadas a la etapa de análisis, en el laboratorio de Instituto de Higiene Ambiental S.A.S y MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S.**

Parámetro	Método de Referencia	Límites de Detección			Incertidumbre
		M	C	UN	
PM <sub>10</sub>	EPA e- CFR 40, Capítulo 1, Subcapítulo C, Parte 50, Apéndice J- Alto volumen.	1	1	mg	0,6
COV	EPA TO 17	MPA-5.4-51	0,008	-	$\mu\text{g}$

**M:** Método, **C:** Cuantificable, **UN:** Unidades.

Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S, 2023.

### 5.3.5.1. Cálculos estadísticos

Con el fin de determinar la consistencia de los datos a obtener, se realizan los cálculos y gráficos mencionados en el Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire de octubre de 2010 del MAVDT hoy MADS páginas 112 y 113.

### 5.3.5.2. Corrección de datos a condiciones de referencia

Con el fin de comparar los datos obtenidos en campo con los límites permisibles descritos en la Resolución 2254 de 2017 del MADS, los cuales representan condiciones de referencia para temperatura y presión, es decir, 25 °C y 760 mmHg respectivamente, se procede a utilizar la ecuación mencionada en la NTC 3704, de la siguiente manera:

$$DR = \frac{DL * 760 * (273 + TL^{\circ} C)}{PbL * 298K}$$

Donde:

<b>DL</b>	Datos obtenidos en campo a condiciones locales.
<b>DR</b>	Datos obtenidos en campo a condiciones de referencia.
<b>P.b.L</b>	Presión barométrica local.
<b>T L</b>	Temperatura promedio ambiente local.

### 5.3.5.3. Validación de los datos en SVCA manuales

#### Pasos preliminares a la validación

Para poder contar con datos válidos con una alta integridad temporal, se debe seguir estrictamente lo establecido en el numeral 4.2.6 “Mantenimiento de equipos y calibración” del Manual de Operación de SVCA del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, estas recomendaciones son el punto de partida para la obtención de datos confiables. Del mismo modo, se debe contar con puntos de control en las diferentes etapas que comprenden desde la preparación del equipo para la toma de la muestra, hasta la obtención del resultado de la medición; lo anterior permitirá obtener metadatos que sirvan de apoyo en el momento de realizar la validación de los datos.

Para cumplir con el requisito anterior, dentro de la implementación del programa de Aseguramiento de Calidad del SVCA manual, deben existir formatos para registrar las situaciones que se hayan presentado en los diferentes procesos que se mencionan a continuación, enmarcados dentro de lo establecido en los numerales 7.1.10.10 y 7.1.10.11 del Manual de Operación de SVCA del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire. Las actividades previas que se realizan antes de la validación final del dato en las cuales deben existir los puntos de control son:

#### a. Verificación y calibración del equipo a usar para la toma de muestra

Este es el proceso más importante en la medición porque la adecuada verificación del equipo de monitoreo es esencial para obtener datos precisos y reproducibles de calidad del aire y su importancia dentro del SVCA debe ser suficientemente enfatizada (MAVDT 2010). El programa de Aseguramiento de calidad debe verificar que los elementos utilizados para la calibración de los diferentes equipos, como balanzas, medidores de flujo, de presión, controladores de flujo másico, fotómetros, generadores de ozono, lentes de calibración, sistemas de permeación, cilindros de mezclas de gases, sensores de frecuencia, voltímetros y amperímetros, entre otros,

estén certificados contra estándares de referencia o de transferencia, trazables a estándares primarios reconocidos o autorizados (MAVDT 2010). Adicionalmente, se deben seguir las recomendaciones en el tema dadas por el fabricante.

#### b. Recolección de la muestra

Esta etapa, hace referencia a la manipulación de la muestra tomada, en la cual el programa de Aseguramiento de la Calidad establecido por el SVCA manual, debe contar con procedimientos detallados relacionados con la cadena de custodia de las muestras y con los respectivos registros de control de manipulación de estas, para garantizar la trazabilidad de los datos en esta etapa de la medición.

#### c. Transferencia de información

Proceso que comienza en el momento en que las muestras llegan al laboratorio (acreditado por el IDEAM) y se realiza la transferencia de la información recolectada en el paso anterior; las muestras son codificadas para su posterior tratamiento analítico, aplicando los procedimientos establecidos en el laboratorio.

#### d. Procesamiento de muestras

Una vez las muestras son procesadas en el laboratorio siguiendo los diferentes métodos de análisis que permiten determinar la concentración de los contaminantes (gravimetría, colorimetría, entre otros), y habiendo superado las etapas de control de calidad analítico implementadas en laboratorio, los resultados deben hacerse llegar al área de monitoreos, donde comenzará el respectivo proceso de validación.

#### e. Validación de Datos:

Los datos obtenidos de los pasos preliminares a la validación deberán ser acopiados en una base de datos, según la necesidad y capacidad de operación de SVCA, cada dato obtenido deberá ser marcado utilizando una bandera, de las que se presentan en la **Tabla 19**, de acuerdo con el análisis de los metadatos registrados entre los procesos de verificación y calibración del equipo a usar para toma de muestra y procesamiento de muestras. Cabe resaltar que el laboratorio **MCS Consultoría Y Monitoreo Ambiental** que cuenta con la acreditación Resolución 1849 del 26 de agosto de 2022 e **Instituto de Higiene Ambiental S.A.S.** cuenta con la acreditación mediante la RESOLUCIÓN N.º 1065 del 09 de agosto de 2023 emitida por el IDEAM (Ver **Anexo 2. Resoluciones de acreditación**).

**Tabla 19. Validación de Datos**

Bandera	Validez	Descripción de la Bandera
V	S	Dato válido
D	N	Dato erróneo por falla técnica
E	N	Falla eléctrica del equipo
L	N	Dato inválido por error en el laboratorio
F	N	Falla en fluido eléctrico
M	N	Dato erróneo por razón desconocida
P	N	Daño del filtro

Fuente: SOLAMCOL S.A.S., 2023.

### 5.3.6. Índice de calidad del aire (ICA)

El Índice de Calidad del Aire -ICA- (AQI – Air Quality Index) es un valor adimensional que oscila entre cero (0) y 500, el cual representa una de las herramientas más efectivas para la simple interpretación del estado en que se encuentra una atmósfera previamente monitoreada. El comportamiento de un ICA se caracteriza por su relación directa con los niveles de concentración del contaminante y los efectos en la salud. Este indicador fue desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) y en su última publicación de 2009 incluye seis contaminantes: monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), partículas menores de 10 micras (PM<sub>10</sub>).

Teniendo en cuenta que el ICA tiene una correlación directa con los efectos en la salud, los puntos de corte del ICA son los límites correspondientes a efectos entre la salud y la calidad del aire, además, es un indicador adimensional y posee una escala de 0 a 500 que depende del grado de contaminación. Siendo así, en la **Tabla 20** se presenta la descripción general del Índice de Calidad del Aire y en la **Tabla 21** se exponen los puntos de corte del Índice de Calidad del Aire con respecto a los contaminantes criterio.

**Tabla 20. Descripción general del Índice de Calidad del Aire.**

RANGO	COLOR	ESTADO	EFFECTOS
0-50	VERDE	BUENA	La contaminación atmosférica supone un riesgo bajo para la salud.
51-100	AMARILLO	ACEPTABLE	Posibles síntomas respiratorios en grupos poblacionales sensibles.
101-150	NARANJA	DAÑINA A LA SALUD DE GRUPOS SENSIBLES	Los grupos poblacionales sensibles pueden presentar efectos sobre la salud. 1) Ozono Troposférico: las personas con enfermedades pulmonares, niños, adultos mayores y las que constantemente realizan actividad física al aire libre, debe reducir su exposición a los contaminantes del aire. 2) Material particulado: Las personas con enfermedad cardiaca o pulmonar, los adultos mayores y los niños se consideran sensibles y por lo tanto en mayor riesgo.

RANGO	COLOR	ESTADO	EFFECTOS
151-200	ROJO	DAÑINA PARA LA SALUD	Todos los individuos pueden comenzar a experimentar efectos sobre la salud. Los grupos sensibles pueden experimentar efectos más graves para la salud.
201-300	PÚRPURA	MUY DAÑINA PARA LA SALUD	Estado de alerta que significa que todos pueden experimentar efectos más graves para la salud.
301-500	MARRÓN	PELIGROSA	Advertencia sanitaria. Toda la población puede presentar efectos adversos graves en la salud humana y están propensos a verse afectados por graves efectos sobre la salud.

Fuente: Resolución 2254 de 2017, Artículo 18 – Tabla No. 5

Tabla 21. Puntos de corte del ICA.

CATEGORIA	PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup> 24 horas	PM <sub>2,5</sub> µg/m <sup>3</sup> 24 horas	CO µg/m <sup>3</sup> 8 horas	SO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup> 1 hora	NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup> 1 hora	O <sub>3</sub> µg/m <sup>3</sup> 8 horas
BUENA	0-54	0-12	0-5094	0-93	0-100	0-106
ACEPTABLE	55-154	13-57	5095-10819	94-197	101-189	107-138
DAÑINA A LA SALUD DE GRUPOS SENSIBLES	155-254	38-55	10820-14254	198-486	190-677	139-167
DAÑINA PARA LA SALUD	255-354	16-50	14255-17688	487-797	678-1221	168-207
MUY DAÑINA PARA LA SALUD	355-424	151-250	17689-34862	17689-34862	1222-2349	208-393
PELIGROSA	425-604	251-500	34863-57703	34863-57703	2350-3853	394 *

(1) Para O<sub>3</sub> se calculará el índice usando promedios de 8 horas y de 1 hora.

(2) Para NO<sub>2</sub> se tendrán en cuenta valores únicamente por encima de 200 teniendo en cuenta que han sido tomado de valores y parámetros EPA.

(3) Valores de concentraciones de 8 horas de ozono no definen valores más altos de ICA (v301). Los valores de ICA de 301 o mayores serán calculados con concentraciones de 1 hora de ozono.

(4) Los números entre paréntesis se asocian valores de 1 hora que se utilizarán en esta categoría sólo si se superponen.

Fuente: Resolución 2254 de 2017 (MADS), Artículo 20 – Tabla No. 6

Protocolo Para El Monitoreo Y Seguimiento De La Calidad Del Aire. Manual De Diseño De Sistemas De Vigilancia De La Calidad Del Aire. MAVDT.

### 5.3.6.1. Cálculo del ICA

El ICA será calculado a partir de la siguiente ecuación, que corresponde a la metodología utilizada por la EPA para el cálculo del AQI y será reportado el mayor valor que se obtenga del cálculo de cada uno de los contaminantes medidos.

$$I_p = \frac{I_{Hi} - I_{Lo}}{BP_{Hi} - BP_{Lo}} (C_p - BP_{Lo}) + I_{Lo}$$

Donde:

<b>I<sub>p</sub></b> =	Índice para el contaminante p
<b>C<sub>p</sub></b> =	Concentración medida para el contaminante p
<b>BP<sub>Hi</sub></b> =	Punto de corte mayor o igual a CP
<b>BP<sub>Lo</sub></b> =	Punto de corte menor o igual a CP
<b>I<sub>Hi</sub></b> =	Valor del Índice de Calidad del Aire correspondiente al BP <sub>Hi</sub>
<b>I<sub>Lo</sub></b> =	Valor del Índice de Calidad del Aire correspondiente al BP <sub>Lo</sub>

## 6. RESULTADOS

Considerando que corresponde al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), determinar las normas ambientales mínimas y las regulaciones de carácter general aplicables a todas las actividades que puedan producir de manera directa o indirecta daños ambientales y dictar regulaciones de carácter general para controlar y reducir la contaminación atmosférica en el territorio nacional. Así mismo que, corresponde al Ministerio establecer la Norma nacional de calidad del aire o nivel de inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia y establecer la concentración y el tiempo de exposición de los contaminantes para cada uno de los niveles de prevención, alerta y emergencia.

A continuación, en la **Tabla 22**. Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio, Resolución 2254 del 01 de noviembre de 2017, se presentan las normas de calidad del aire, de acuerdo con la Resolución número 2254 del 01 de noviembre de 2017 (MADS), donde se establecen los niveles máximos permisibles a condiciones de referencia para contaminantes criterio, los cuales se calculan por promedio para los parámetros analizados. Para los parámetros los COV no tienen un valor de referencia con respecto a la normativa o normativas emitidas en el país.

**Tabla 22. Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio, Resolución 2254 del 01 de noviembre de 2017**

Contaminante	Nivel Máximo Permissible ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Tiempo de Exposición
PM10	50	Anual
	75*	24 horas

*Fuente: Resolución 2254 del 01 de noviembre de 2017, Emitida por el Ministerio de Ambiente y desarrollo Sostenible.*

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para PM<sub>10</sub> y COV - HCT en la estación de muestreo descrita en el inciso 5.3.1. Los resultados de las muestras obtenidas en el trabajo desarrollado se comparan con las normas de calidad de aire establecidas en la Resolución 2254 de 2017.

Para los parámetros PM<sub>10</sub> se procede a realizar su análisis diario, teniendo en cuenta que la normativa establece un valor permisible máximo diario, así como para el caso del parámetro de COV de 1 hora diaria.

**Tabla 23. Resultados reportados en la Estación 1.**

Estación 1			
Día	Fecha		Concentración $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Inicial	Final	PM <sub>10</sub>
Día 1	24/08/2023	25/08/2023	39,62
Día 2	25/08/2023	26/08/2023	16,87
Día 3	26/08/2023	27/08/2023	7,94
Día 4	27/08/2023	28/08/2023	17,18
Día 5	28/08/2023	29/08/2023	16,81
Día 6	29/08/2023	30/08/2023	27,18
Día 7	30/08/2023	31/08/2023	30,75
Día 8	31/08/2023	1/09/2023	44,18
Día 9	1/09/2023	2/09/2023	32,75
Día 10	2/09/2023	3/09/2023	30,18
Día 11	3/09/2023	4/09/2023	15,06
Día 12	4/09/2023	5/09/2023	23,37
Día 13	5/09/2023	6/09/2023	55,37
Día 14	6/09/2023	7/09/2023	14,31
Día 15	7/09/2023	8/09/2023	49,49
Día 16	8/09/2023	9/09/2023	7,81
Día 17	9/09/2023	10/09/2023	14,94
Día 18	10/09/2023	11/09/2023	72,43
<b>Días monitoreados</b>			18
<b>Muestras validas</b>			18
<b>% Datos validos</b>			100%
<b>Max</b>			72,43
<b>Min</b>			7,81
<b>Media</b>			28,68
<b>Varianza</b>			313,63
<b>Desviación estándar</b>			17,71
<b>Coefficiente de variación</b>			0,62

Fuente: SOLAMCOL S.A.S., 2023.

**Tabla 24. Resultados reportados en la Estación 2.**

Estación 2			
Día	Fecha		Concentración $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Inicial	Final	PM <sub>10</sub>
Día 1	24/08/2023	25/08/2023	4,69
Día 2	25/08/2023	26/08/2023	19,66
Día 3	26/08/2023	27/08/2023	16,96

Estación 2			
Día	Fecha		Concentración $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Inicial	Final	PM <sub>10</sub>
Día 4	27/08/2023	28/08/2023	24,65
Día 5	28/08/2023	29/08/2023	21,64
Día 6	29/08/2023	30/08/2023	37,79
Día 7	30/08/2023	31/08/2023	36,18
Día 8	31/08/2023	1/09/2023	50,49
Día 9	1/09/2023	2/09/2023	40,87
Día 10	2/09/2023	3/09/2023	19,03
Día 11	3/09/2023	4/09/2023	11,26
Día 12	4/09/2023	5/09/2023	3,86
Día 13	5/09/2023	6/09/2023	70,32
Día 14	6/09/2023	7/09/2023	52,31
Día 15	7/09/2023	8/09/2023	14,14
Día 16	8/09/2023	9/09/2023	7,44
Día 17	9/09/2023	10/09/2023	21,24
Día 18	10/09/2023	11/09/2023	4,57
<b>Días monitoreados</b>			18
<b>Muestras validas</b>			18
<b>% Datos validos</b>			100%
<b>Max</b>			70,32
<b>Min</b>			3,86
<b>Media</b>			25,39
<b>Varianza</b>			354,90
<b>Desviación estándar</b>			18,84
<b>Coefficiente de variación</b>			0,74

Fuente: SOLAMCOL S.A.S., 2023.

### 6.1. Material particulado menor a 10 micrómetros (PM<sub>10</sub>)

Las partículas de PM<sub>10</sub> son contaminantes constituidos por material líquido y sólido que se encuentran en el medio y tienen diversas fuentes tanto artificiales como naturales, asimismo, se obtienen de fuentes móviles o estacionarias; la importancia de su medición radica en los efectos adversos que puede ocasionar a la salud humana como el deterioro de la función pulmonar, irritación ocular, entre otros. En la **Tabla 23** y **Tabla 24** se presentan los resultados de material particulado menor a 10 micrómetros (PM<sub>10</sub>) en los puntos de interés del proyecto para la presente campaña, evidenciando que las concentraciones obtenidas en las dos estaciones cumplen a satisfacción con los límites máximos permisibles de la normatividad aplicable, en este caso, la Resolución 2254 de 2017 al reportar valores inferiores a 75  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (Valor límite diario permisible).

En la **Gráfica 6 y Gráfica 7** se presentan los datos individuales por día obtenidos en las estaciones de monitoreo en el periodo de tiempo, donde se presenta un comportamiento estable en los días muestreados en cada estación, asimismo, para la presente campaña de monitoreo se obtienen valores de PM<sub>10</sub> similares en ambas estaciones. en la estación 1 se reportó valores que oscilaron entre 7,81 µg/m<sup>3</sup> a 72.43 µg/m<sup>3</sup>, mientras que en la estación 2 se obtienen valores entre 3.86 µg/m<sup>3</sup> y 70.32 µg/m<sup>3</sup>, Cabe destacar que, la variabilidad de los factores meteorológicos puede ser favorable o no para ciertos contaminantes, como lo son la ausencia y/o presencia de lluvias durante un periodo determinado, motivo por el cual puede influir directamente en los resultados de material particulado. Asimismo, no se evidencia incumplimiento de la normatividad ambiental aplicable debido que las concentraciones reportadas por todas las estaciones se encuentran por debajo del valor de 75 µg/m<sup>3</sup> en todas las estaciones, limite que fija la norma como límite máximo permisible.

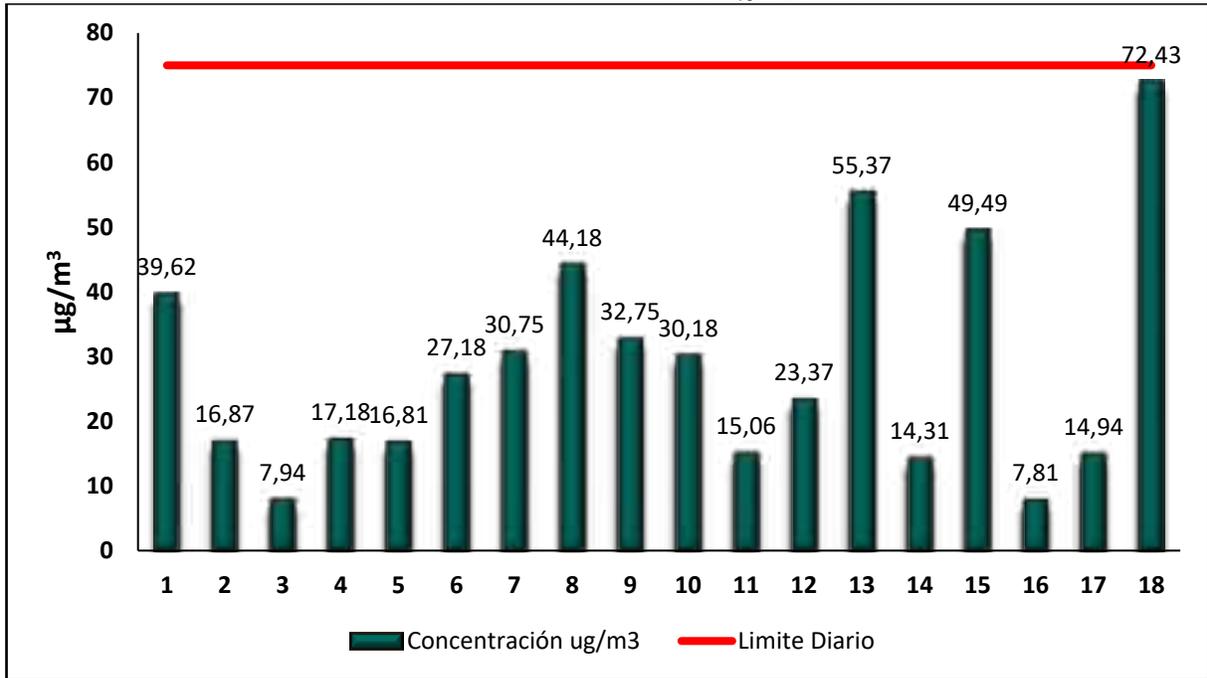
**Tabla 25. Concentraciones de PM<sub>10</sub>**

PM <sub>10</sub>				
Día	Estación 1 (µg/m <sup>3</sup> )	Estación 2 (µg/m <sup>3</sup> )	Máximo permisible diario*	Cumple
Día 1	39,62	4,69	75	Si
Día 2	16,87	19,66		Si
Día 3	7,94	16,96		Si
Día 4	17,18	24,65		Si
Día 5	16,81	21,64		Si
Día 6	27,18	37,79		Si
Día 7	30,75	36,18		Si
Día 8	44,18	50,49		Si
Día 9	32,75	40,87		Si
Día 10	30,18	19,03		Si
Día 11	15,06	11,26		Si
Día 12	23,37	3,86		Si
Día 13	55,37	70,32		Si
Día 14	14,31	52,31		Si
Día 15	49,49	14,14		Si
Día 16	7,81	7,44		Si
Día 17	14,94	21,24		Si
Día 18	72,43	4,57		Si

\* Valor máximo permisible establecido en Resolución No. 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

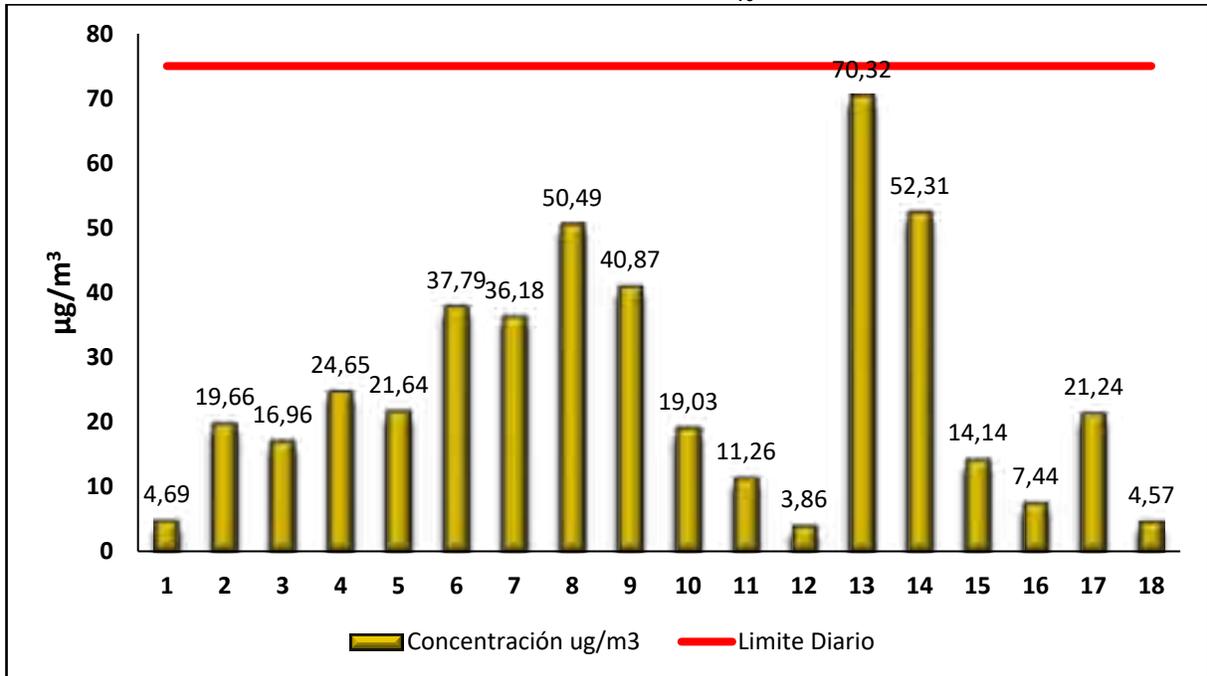
Fuente: mcs consultoría, 2023.

Gráfica 6. Concentraciones de PM<sub>10</sub>– Estación 1



Fuente: SOLAMCOL S.A.S., 2023.

Gráfica 7. Concentraciones de PM<sub>10</sub>– Estación 2



Fuente: SOLAMCOL S.A.S., 2023.

## 6.2. HCT – COV y BTEX

La contaminación ambiental puede ser natural o antropogénica, que causa la presencia de determinadas sustancias que interfieren con la salud y el bienestar de los habitantes. En el caso específico del proyecto los contaminantes se encuentran principalmente en la combustión de gasolina o Diesel por consecuencia de las actividades realizadas, por esta razón se determinó benceno, tolueno, etilbenceno, m/p-xileno y o-xileno (BTEX), considerados como contaminantes de origen antropogénico, en el aire e Hidrocarburos Totales-Compuestos Orgánicos Volátiles – HCT-COV. Para la presente campaña de monitoreo de 2023, los actividades de campo indicaron que no hubo fuentes de generación que impliquen un impacto negativo en los receptores y el ambiente, esto debido a que en los dos puntos de monitoreo se reportaron bajas concentraciones de este contaminante en el área de influencia del proyecto, Los valores obtenidos pueden deberse a las actividades normales de la zona, la influencia de los vientos y otro factores meteorológicos presentes durante la campaña de monitoreo

Cabe recordar que la normativa aplicable no establece un valor determinado para lo que es Hidrocarburos Totales - Compuestos Orgánicos Volátiles.

**Tabla 26. Estación 1 - VOC's - HTC**

Fecha toma de muestra	Volumen ref (L)		Volumen ref (m <sup>3</sup> )		Masa (mg)		Concentración (ug/m <sup>3</sup> )
	Tubo 1 (4L)	Tubo 2 (1L)	Tubo 1 (4L)	Tubo 2 (1L)	Tubo 1 (4L)	Tubo 2 (1L)	
24/08/2023	3,78	1,00	0,00377947	0,000995	< 0,008	< 0,008	2,12
25/08/2023	3,89	0,98	0,00388858	0,000977	< 0,008	< 0,008	2,06
26/08/2023	3,83	0,99	0,00383219	0,000989	< 0,008	< 0,008	2,09
27/08/2023	3,82	1,00	0,00382417	0,000998	< 0,008	< 0,008	2,09
28/08/2023	3,76	1,01	0,00376363	0,001010	< 0,008	< 0,008	2,13
29/08/2023	3,81	1,00	0,00380589	0,001001	< 0,008	< 0,008	2,10
30/08/2023	3,85	0,99	0,00385381	0,000992	< 0,008	< 0,008	2,08
31/08/2023	3,86	1,00	0,00386294	0,000998	< 0,008	< 0,008	2,07
1/09/2023	3,86	0,98	0,0038604	0,000983	< 0,008	< 0,008	2,07
2/09/2023	3,88	0,97	0,00388346	0,000974	< 0,008	< 0,008	2,06
3/09/2023	3,96	1,03	0,00395794	0,001033	< 0,008	< 0,008	2,02
4/09/2023	3,75	0,94	0,00374747	0,000945	< 0,008	< 0,008	2,13
5/09/2023	3,73	0,94	0,00373144	0,000945	< 0,008	< 0,008	2,14
6/09/2023	3,74	1,06	0,00373523	0,001063	< 0,008	< 0,008	2,14
7/09/2023	3,93	1,06	0,00393231	0,001063	< 0,008	< 0,008	2,03
8/09/2023	4,01	0,94	0,00401039	0,000945	< 0,008	< 0,008	1,99
9/09/2023	3,86	1,06	0,0038604	0,001063	< 0,008	< 0,008	2,07
10/09/2023	3,93	0,97	0,00392971	0,000974	< 0,008	< 0,008	2,04

Fuente: SOLAMCOL S.A.S., 2023.

**Tabla 27. Estación 2 - VOC's - HTC**

Fecha toma de muestra	Volumen ref (mL)		Volumen ref (m <sup>3</sup> )		Masa (mg)		Concentración (ug/m <sup>3</sup> )
	Tubo 1 (4L)	Tubo 2 (1L)	Tubo 1 (4L)	Tubo 2 (1L)	Tubo 1 (4L)	Tubo 2 (1L)	
24/08/2023	3,78	1,00	0,00378098	0,000995	< 0,008	< 0,008	2,12
25/08/2023	3,89	0,98	0,00389014	0,000978	< 0,008	< 0,008	2,06
26/08/2023	3,83	0,99	0,00383373	0,000990	< 0,008	< 0,008	2,09
27/08/2023	3,83	1,00	0,0038257	0,000998	< 0,008	< 0,008	2,09
28/08/2023	3,77	1,01	0,00376514	0,001010	< 0,008	< 0,008	2,12
29/08/2023	3,81	1,00	0,00380742	0,001001	< 0,008	< 0,008	2,10
30/08/2023	3,86	0,99	0,00385536	0,000993	< 0,008	< 0,008	2,08
31/08/2023	3,86	1,00	0,00386449	0,000998	< 0,008	< 0,008	2,07
1/09/2023	3,86	0,98	0,00386194	0,000984	< 0,008	< 0,008	2,07
2/09/2023	3,89	0,97	0,00388501	0,000975	< 0,008	< 0,008	2,06
3/09/2023	3,96	1,03	0,00395953	0,001034	< 0,008	< 0,008	2,02
4/09/2023	3,75	0,95	0,00374897	0,000945	< 0,008	< 0,008	2,13
5/09/2023	3,73	0,95	0,00373294	0,000945	< 0,008	< 0,008	2,14
6/09/2023	3,74	1,06	0,00373673	0,001063	< 0,008	< 0,008	2,14
7/09/2023	3,93	1,06	0,00393388	0,001063	< 0,008	< 0,008	2,03
8/09/2023	4,01	0,95	0,00401199	0,000945	< 0,008	< 0,008	1,99
9/09/2023	3,86	1,06	0,00386194	0,001063	< 0,008	< 0,008	2,07
10/09/2023	3,93	0,97	0,00393128	0,000975	< 0,008	< 0,008	2,03

Fuente: SOLAMCOL S.A.S., 2023.

### 6.3. Índice De Calidad del Aire (ICA)

Según la información presentada en relación con el cálculo del ICA se procedió a calcular el índice para los contaminantes criterio: PM<sub>10</sub>. Por lo que para este contaminante criterio mencionado anteriormente se aplicó la ecuación explicada en el inciso 5.1.7.2, teniendo en cuenta los valores para los puntos de corte de cada contaminante (Ver **Tabla 28**). Los resultados obtenidos para el monitoreo ejecutado se observan a continuación:

Tabla 28. Índices de Calidad del Aire

FECHA	ESTACIÓN 1		ESTACIÓN 2	
	PM10		PM10	
24-ago	37	Verde Buena	4	Verde Buena
25-ago	16	Verde Buena	18	Verde Buena
26-ago	7	Verde Buena	16	Verde Buena
27-ago	16	Verde Buena	23	Verde Buena
28-ago	16	Verde Buena	20	Verde Buena
29-ago	25	Verde Buena	35	Verde Buena
30-ago	28	Verde Buena	33	Verde Buena
31-ago	41	Verde Buena	47	Verde Buena
1-sep	40	Verde Buena	38	Verde Buena
2-sep	28	Verde Buena	18	Verde Buena
3-sep	14	Verde Buena	10	Verde Buena
4-sep	22	Verde Buena	4	Verde Buena
5-sep	51	Amarillo Aceptable	65	Amarillo Aceptable
6-sep	13	Verde Buena	48	Verde Buena
7-sep	46	Verde Buena	13	Verde Buena
8-sep	7	Verde Buena	7	Verde Buena
9-sep	14	Verde Buena	20	Verde Buena
10-sep	67	Amarillo Aceptable	4	Verde Buena

CATEGORIA PM10	BUENA	ACEPTABLE	DAÑINA
I ALTO	50	100	150
I BAJO	0	51	101
PC ALTO	54	154	254
PC BAJO	0	55	155

Fuente: SOLAMCOL S.A.S., 2023.

Lo anterior, permite concluir que para el parámetro Material Particulado menor a 10 micrómetros (**PM<sub>10</sub>**) en la campaña de monitoreo actual presentan un ICA clasificado como calidad general de aire “Buena”, por lo que según se establece en la tabla 35 del Manual de operación de sistemas de vigilancia de la calidad del aire, emitido por el IDEAM, no se establece ninguna acción preventiva, mostrando así una buena calidad en el aire en la estación de monitoreo localizada en el barrio el poblado.

## 7. CONCLUSIONES

Los resultados de los monitoreos de calidad de aire en la ciudad de Cartagena, Bolívar permite concluir lo siguiente:

- Los resultados obtenidos de PM<sub>10</sub> en las dos (2) estaciones de monitoreo se encuentran por debajo del límite máximo permisible de 75 µg/m<sup>3</sup> para un tiempo de exposición de 24 horas según lo establecido en la resolución 2254 del 01 de noviembre de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, MADS. El índice de la calidad de aire para PM<sub>10</sub> clasifica como Buena en el área de influencia por lo que no supone un riesgo para la salud.
- Los HCT-COV y BTEX mostraron bajas concentraciones en las dos estaciones, lo que indica que no se evidencia un riesgo para la salud pública, igualmente se aclara que no se emite juicio normativo debido a que la Resolución 2254 de 2017 ya que no establece límites específicos, Igualmente con el fin de dar un límite en la afectación que puede ocasionar los VOC's, La organización mundial de la salud establece como valor objetivo una concentración < 250 ug/m<sup>3</sup> para TVOC's por lo que se afirma que las concentraciones obtenidas en el presente monitoreo no presentan ningún riesgo para la salud humana.

## Recomendaciones

Se recomienda dar continuidad con los monitoreos de seguimiento de tal forma que se pueda evidenciar el aporte de contaminantes criterio en el área de estudio, asimismo, es aconsejable dar seguimiento a las medidas de control actuales con ánimo de no incurrir en un incremento de concentraciones que pueda impactar negativamente el ambiente y a los receptores del área de influencia.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

**APHA INTERSOCIETY COMMITTEE.** *Methods of Air Sampling and Analysis. Second Edition.* American Public Health Association. Washington D.C. 1985.

**DE NEVERS, N.** Ingeniería de Control de la Contaminación del Aire. MC Graw Hill. 1998.

**E.P.A. – ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY.** Compilation of air Pollutant Emission Factors. Supplement 14. Chapter 11.2.3. 1977.

\_\_\_\_\_. Compilation of Air Pollutant Emission Factors. 1995.

**E ROBERTS ALLEY & ASSOCIATES, INC.** Air Quality Control Handbook. 1998.

\_\_\_\_\_. Protocolo para la vigilancia y seguimiento del módulo aire del sistema de información ambiental. 2005.

**ICONTEC.** Norma NTC ISO/IEC 17025:1999.

\_\_\_\_\_. Norma NTC 3704. Gestión Ambiental. Aire Ambiente. Determinación de la Concentración de Partículas en el Aire Ambiente. 1995.

**MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL.** Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire. *Manual de diseño de sistemas de vigilancia de la calidad del aire.* Bogotá, octubre 2010.

**MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL (MAVDT, hoy MADS).** Resolución 627 de 2006. Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental. Bogotá, D.C. Colombia.

**OPS/OMS & CEPIS/OPS.** Guías para la Calidad del Aire. Publicación 04.110 .2004.

**REDAIRE (Red de Vigilancia de la Calidad del Aire).** Protocolo para el muestreo de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) utilizando el equipo tres gases. 2006.

\_\_\_\_\_. Protocolo para el muestreo de partículas suspendidas totales (PST y PM<sub>10</sub>) utilizando el equipo muestreador de calidad del aire alto volumen Hi-Vol. 2006.

**SEINFELD, J.E.** Contaminación Atmosférica; Fundamentos Físicos y Químicos. Instituto de Estudios de Administración Local. Madrid, 1978.

**TISCH ENVIRONMENTAL, INC.** OPERATIONS MANUAL, Particulate Matter 10 Microns and less High Volume Air Sampler, based on U.S. EPA Federal Reference Number RFPS-0202- 141.

2006.

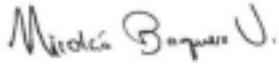
**UNITED NATIONS.** Urban air pollution in megacities of the world. United Nations Environmental Program and World Health Organization. Appendix 1.

**USEPA.** CFR Title 40 Parts 52-59, 1995.

\_\_\_\_\_ . Compilation of Air Pollutant Emission Factor. 5a Ed. 1995.

El presente informe fue elaborado y aprobado por:

Elaborado por:



---

Nicolás Baquero Vargas  
Ingeniero de Proyectos  
SOLAMCOL S.A.S

Aprobado por:



---

Juan David Varón C.  
Gerente General  
SOLAMCOL S.A.S

# INFORME TÉCNICO DE MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE



Fuente: SOLAMCOL S.A.S., 2023.

## CARTAGENA, BOLÍVAR - AGOSTO 2023



INFORMACIÓN DEL DOCUMENTO				
INFORME N°	ELABORÓ	PARA	FECHA DE ELABORACIÓN	VERSIÓN
582_2023	SOLUCIONES AMBIENTALES EN COLOMBIA S.A.S	COTECMAR (MAMONAL)	OCTUBRE 2023	1

## ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN .....	8
2. OBJETIVOS.....	9
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	9
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
3. MARCO LEGAL .....	10
3.1. CALIDAD DEL AIRE.....	10
4. DESCRIPCIÓN METEOROLÓGICA .....	12
4.1. CONDICIONES METEOROLÓGICAS .....	12
4.2. RESUMEN PARÁMETROS.....	13
4.2.1. Temperatura .....	14
4.2.2. Precipitación .....	15
4.2.3. Humedad relativa .....	16
4.2.4. Presión barométrica .....	17
4.2.5. Viento.....	18
5. PROCESO METODOLÓGICO.....	20
5.1. Características de los compuestos en estudio.....	20
5.2. Planificación del monitoreo .....	20
5.2.1. Etapa de preparación .....	20
5.2.2. Descripción general de la metodología.....	21
5.3. Etapa de campo .....	22
5.3.1. Descripción de las estaciones del monitoreo .....	22
5.3.2. Fuentes de emisión de partículas y gases en la zona .....	28
5.3.3. Receptores identificados en el área de estudio .....	28
5.3.4. Trabajo de campo .....	28
5.3.5. Etapa de laboratorio y etapa de análisis.....	29
5.3.6. Índice de calidad del aire (ICA) .....	33
6. RESULTADOS.....	36
6.1. Material particulado menor a 10 micrómetros (PM <sub>10</sub> ) .....	38
6.2. HCT – COV y BTEX .....	41
6.3. Índice De Calidad del Aire (ICA) .....	42
7. CONCLUSIONES .....	45
8. BIBLIOGRAFÍA.....	46

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Normatividad nacional aplicable para calidad de aire.....	10
Tabla 2. Estándares máximos permisibles de niveles de inmisión, expresados en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , según la Resolución 2254 de 2017.....	11
Tabla 3. Información estaciones meteorológicas empleadas para el presente estudio.....	12
Tabla 4. Lista de chequeo: Microlocalización de estación meteorológica.....	12
Tabla 5. Resumen información meteorológica .....	13
Tabla 6. Escala de Beaufort.....	19
Tabla 7. Características de los compuestos estudiados.....	20
Tabla 8. Métodos de monitoreo utilizados.....	21
Tabla 9. Componentes de los equipos de muestreo .....	21
Tabla 10. Preparación de insumos.....	22
Tabla 11. Resumen de los criterios de micro localización. ....	23
Tabla 12. Ficha de la estación de monitoreo de calidad del aire No. 1.....	24
Tabla 13. Ficha de la estación de monitoreo de calidad del aire No. 2.....	25
Tabla 14. Localización general de los puntos de monitoreo dispuestos para el presente estudio. ....	27
Tabla 15. Fuentes de emisión .....	28
Tabla 16. Manejo de equipos .....	29
Tabla 17. Procedimientos laboratorio y análisis .....	29
Tabla 18. Parámetros analizados y características asociadas a la etapa de análisis, en el laboratorio de Instituto de Higiene Ambiental S.A.S y MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S. ....	30
Tabla 19. Validación de Datos .....	33
Tabla 20. Descripción general del Índice de Calidad del Aire.....	33
Tabla 21. Puntos de corte del ICA.....	34
Tabla 22. Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio, Resolución 2254 del 01 de noviembre de 2017 .....	36
Tabla 23. Resultados reportados en la Estación 3 .....	36
Tabla 24. Resultados reportados en la Estación 4 .....	37
Tabla 25. Concentraciones de $\text{PM}_{10}$ .....	39
Tabla 26. Estación 3 – VOC'S - HTC .....	41
Tabla 27. Estación 4 – VOC'S - HTC .....	42
Tabla 28. índices de Calidad del Aire.....	43

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Valores diarios de temperatura.....	15
Gráfica 2. Valores diarios de precipitación.....	16
Gráfica 3. Valores diarios de humedad relativa.....	17

Gráfica 4. Valores diarios de presión barométrica y velocidad del viento. ....	18
Gráfica 5. Rosa de vientos y distribución de frecuencias en Cartagena, Bolívar durante el periodo de tiempo del 24 de agosto al 10 de septiembre de 2023 .....	19
Gráfica 6. Concentraciones de PM <sub>10</sub> – Estación 3.....	40
Gráfica 7. Concentraciones de PM <sub>10</sub> – Estación 4.....	40

## ANEXOS

- Anexo 1.** Soportes de campo
- Anexo 2.** Resoluciones de acreditación
- Anexo 3.** Reportes de laboratorio
- Anexo 4.** Certificados de calibración

## GLOSARIO

**Analizador:** Equipo instrumental necesario para realizar análisis del aire ambiente mediante el uso de las propiedades físicas y químicas y que da señales de salida cíclicas o puntuales.

**Calibración:** Conjunto de operaciones que establece, bajo condiciones específicas, la relación entre los valores indicados por un instrumento de medición, sistema de medición o valores representados por una unidad de medida y los valores conocidos correspondientes a una medición.

**Concentración de fondo:** Fracción de la calidad del aire observado que no se puede relacionar directamente con las fuentes que se estudian.

**Concentración de una sustancia en el aire:** Es la relación que existe entre el peso o el volumen de una sustancia y la unidad de volumen de aire en la cual está contenida.

**Condiciones de Referencia:** Son los valores de temperatura y presión con base en los cuales se fijan las normas de calidad del aire y de las emisiones, que respectivamente equivalen a 25°C y 760 mm Hg (1 atmósfera de presión).

**Contaminación Atmosférica:** Es el fenómeno de acumulación o de concentración de contaminantes en el aire.

**Contaminantes:** Fenómenos físicos o sustancias, o elementos en estado sólido, líquido o gaseoso, causantes de efectos adversos en el medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana que, solos o en combinación, o como productos de reacción, se emiten al aire como resultado de actividades humanas, de causas naturales, o de una combinación de estas.

**Diagrama de caja (Box-Plot):** Gráfica usada en análisis estadístico que permite tener una idea visual de la distribución de los datos, determinar si hay simetría, ver el grado de variabilidad existente y finalmente detectar datos atípicos.

**Emisión:** Descarga de una sustancia o elemento al aire, en estado sólido, líquido o gaseoso, o en alguna combinación de estos, provenientes de una fuente fija o móvil.

**Equipo para calibración:** Es el instrumento o conjunto de dispositivos que son patrón de referencia sobre el que se compara la operación de un equipo de medición.

**Estación Fija:** Que permanece un periodo de tiempo superior a un año en un punto fijo.

**Estación Indicativa:** Permanece en un punto en periodos de tiempo inferiores a un año.

**Excedencia:** Representación numérica para cada episodio que por contaminante supera el límite normativo correspondiente.

**Fuentes Naturales:** Emisiones provenientes de fuentes naturales como la re suspensión del polvo, las biogénicas y los volcanes en actividad.

**Inmisión:** Transferencia de contaminantes de la atmósfera a un “receptor”. Se entiende por inmisión a la acción opuesta a la emisión. Aire inmiscible es el aire respirable a nivel de la troposfera.

**Media Móvil:** Se calcula del mismo modo que el promedio aritmético para una cantidad n de datos y se va recalculando a medida que se agregan nuevos datos, partiendo del último dato agregado y manteniendo siempre el número de datos correspondiente a la cantidad definida.

**Método de Referencia:** Es el procedimiento de medición y análisis probado exhaustivamente, que debe utilizarse para determinar la concentración de una sustancia contaminante en el aire ambiente y deberán realizarse bajo los estrictos parámetros técnicos.

**Monitoreo:** En el sentido más amplio de la palabra, medición repetida para seguir la evolución de un parámetro durante un período de tiempo.

**Norma anual:** Establece la concentración máxima anual permisible de un contaminante, definida como el promedio aritmético de los valores de las muestras diarias cuando se trata de contaminantes en estado gaseoso, o el promedio geométrico de los valores de las muestras diarias cuando se refieran a partículas suspendidas totales.

**Norma diaria:** Establece la concentración máxima diaria permisible de un contaminante, definida como el promedio aritmético de los valores de las muestras horarias, que podrá excederse solo una vez en un año.

**Norma promedio horaria:** Establece la concentración máxima permisible de un contaminante, de las mediciones realizadas en un periodo de tiempo establecido (media hora, una hora, tres horas, 6 horas y 8 horas).

**Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión:** Es el nivel de concentración legalmente permisible de sustancias o fenómenos contaminantes presentes en el aire, establecido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, con el fin de preservar la buena calidad

del medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana.

### LISTADO DE ABREVIATURAS

<b>µm:</b>	Unidad de longitud, micrómetro
<b>T:</b>	Temperatura
<b>in H<sub>2</sub>O:</b>	Unidad de presión pulgadas de agua
<b>µg/m<sup>3</sup>:</b>	Microgramos por metro cúbico
<b>ppm:</b>	Partes por millón
<b>b:</b>	Intercepto
<b>ICA:</b>	Índice de Calidad del Aire
<b>Hi-vol:</b>	Muestreador de Alto Volumen
<b>L:</b>	Litros
<b>Low-Vol:</b>	Muestreador de Bajo Volumen
<b>m:</b>	Pendiente
<b>mL:</b>	mililitro
<b>MAVDT:</b>	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
<b>MADS:</b>	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
<b>Pb:</b>	Presión Barométrica
<b>Qa:</b>	Caudal Real o Actual
<b>Qstd:</b>	Caudal estándar
<b>r:</b>	Coeficiente de correlación
<b>SEVCA:</b>	Sistema Especial de Vigilancia de la Calidad del Aire: Cualquier población con problemáticas específicas de calidad del aire (minería, alto nivel de industrialización, etc.).
<b>SISAIRE:</b>	Sistema de Información sobre Calidad del Aire
<b>SVCA:</b>	Sistema de Vigilancia de la calidad del aire. SVCAI: Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire Industrial: Aplicado a actividades a las que la autoridad ambiental establezca la obligación de implementar un SVCA. Podrá contar con estaciones indicativas o fijas.
<b>USEPA:</b>	Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (Environmental Protection Agency).

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente documento técnico contiene el análisis del monitoreo de calidad del aire realizado en Cartagena, Bolívar con el que busca generar una caracterización de la calidad del aire en el proyecto Mamonal. Es por eso por lo que la empresa COTECMAR contrató los servicios de monitoreo ambiental con SOLAMCOL S.A.S en alianza con el **MCS CONSULTORIA Y MONITOREO AMBIENTAL S.A.S**, quienes, en conformidad con la normatividad ambiental vigente, cuenta con la acreditación para este tipo de monitoreos y análisis de los mismos (Material Particulado menor a 10 micrómetros (PM10), mediante la Resolución de Acreditación N° 1849 del 26 de agosto de 2021 emitidas por el IDEAM y el **Instituto de Higiene Ambiental S.A.S** con quienes se analizan el parámetro de Hidrocarburos Totales - Compuestos Orgánicos Volátiles (HCT-COV) bajo la Resolución de Acreditación RESOLUCIÓN N.º 1065 del 09 de agosto de 2023 emitida por el IDEAM (Ver Anexo 2).

Siendo así, el presente informe técnico tiene por objeto exponer, analizar y comparar los resultados obtenidos de la campaña efectuada entre el 24 de agosto al 10 de septiembre de 2023, determinando los niveles de Material Particulado menor a 10 micrómetros (PM10), e Hidrocarburos Totales-Compuestos Orgánicos Volátiles (HCT-COV) con mediciones de una hora diaria. Las mediciones se realizaron de manera continua, dando cumplimiento a lo establecido en la tabla 20 del Numeral 5.7.4 del Manual de diseño del Protocolo para el seguimiento y monitoreo de la calidad del aire.

El documento incluye los objetivos del estudio, marco legal y metodología utilizada para las mediciones de calidad de aire, seguido de los resultados obtenidos y su respectiva comparación con las normas vigentes, conclusiones y bibliografía y, por último, se presentan los anexos dentro de los cuales se incluyen: Acreditación ante el IDEAM (**Anexo 2. Resoluciones de acreditación**), los formatos de campo diligenciados a lo largo del monitoreo (**Anexo 1. Soportes de campo**) y reportes de Laboratorio (**Anexo 3. Resultados de Laboratorio**).

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar la calidad del aire en el área de influencia para la medición de la calidad del aire ubicado en la ciudad de Cartagena, Bolívar y comparar la concentración de los contaminantes evaluados con la normatividad vigente aplicable, mediante el desarrollo de un monitoreo de calidad de aire en un periodo de 18 días, conforme a los procedimientos técnicos y el protocolo de calidad de aire, en cumplimiento de los objetivos de la empresa **COTECMAR**.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

-  Describir las condiciones meteorológicas en la zona de influencia del proyecto durante los días monitoreados, principalmente; dirección y velocidad del viento, temperatura y presión barométrica.
-  Determinar las concentraciones de PM<sub>10</sub> y VOC's en dos (2) puntos de interés. Con ayuda de muestreadores de alto volumen (Hi-Vol) para el caso de PM<sub>10</sub> y bomba de alto y bajo flujo para VOC's.
-  Establecer cumplimiento normativo de las concentraciones obtenidas de contaminantes criterio bajo la normatividad Resolución No. 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para PM10 y HCT-COV.
-  Presentar los efectos sobre la salud de la población y acciones preventivas con base en el cálculo del índice de calidad del aire para la campaña de monitoreo.

### 3. MARCO LEGAL

#### 3.1. CALIDAD DEL AIRE

**Tabla 1. Normatividad nacional aplicable para calidad de aire.**

Entidad	Norma	Numeral	Descripción
Presidencia de la República	Decreto 2811 del 18 de diciembre de 1974	Artículo 75, Parte II, Capítulo II, Título VII	Expresa la necesidad de implementar medidas de prevención, control y mitigación de la calidad del aire
Ministerio de Salud	Decreto 02 del 11 de enero de 1982	-	Busca solucionar los problemas de salud pública por contaminación atmosférica
-	Constitución Nacional de 1991	Artículos 79 y 80 del Capítulo III	“Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo” “Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados”
Congreso de Colombia	Ley 99 de 1993	-	Se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, encargando a las autoridades ambientales de ejercer la evaluación, control, y seguimiento ambiental de los usos del agua, suelo, aire y demás recursos renovables, entre otras disposiciones
Presidente de la República	Decreto 948 de 1995 modificado por el Decreto 979 de 2006	-	Norma marco para el componente aire, en él se dan las bases normativas para la calidad del aire
MAVDT	Resolución 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.
MAVDT	Resolución 650 del 29 de marzo de 2010, modificada por la Resolución 2154 del 2 de noviembre de 2010	-	Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad de aire. Establece las directrices, metodologías y procedimientos necesarios para llevar a cabo las actividades de monitoreo y seguimiento de la calidad del aire en el territorio nacional
MAVDT	Resolución 610 del 4 de abril de 2010	-	Por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006.
MADS	Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015	Título 5, Aire, Capítulo 1	Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible
MADS	Resolución 2254 del 1 de noviembre de 2017	Artículo 2º	Reglamenta los límites máximos de inmisión para todo el territorio nacional a partir del 1 de enero de 2021.

*Fuente: Recopilación de normatividad nacional.*

A continuación, se presentan los límites establecidos para calidad de aire con los cuales se comparan los resultados obtenidos en el monitoreo:

**Tabla 2. Estándares máximos permisibles de niveles de inmisión, expresados en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , según la Resolución 2254 de 2017.**

Parámetro	Unidad	Resolución 2254 de 2017*
<b>Material Particulado menor a 10 micras (PM<sub>10</sub>)</b>		
Promedio Diario (24 Horas) Res. 2254 de 2017	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	75

\* Condiciones de Referencia. (25°C y 760 mmHg).

**Fuente:** Resolución 2254 de 2017 Emitida por MADS.

#### 4. DESCRIPCIÓN METEOROLÓGICA

##### 4.1. CONDICIONES METEOROLÓGICAS

En la **Tabla 3** se presenta la información de las estaciones utilizadas para el análisis del comportamiento meteorológico en la zona de estudio durante la realización del monitoreo.

**Tabla 3. Información estaciones meteorológicas empleadas para el presente estudio.**

Modelo	PCE-FWS 20N		
Sensor	RANGO	PRECISIÓN	RESOLUCIÓN
Sensor Temperatura	40°C -60°C	± 1 °C	0,1 °C
Sensor Precipitación	0 - 9999mm	± 16%	0,3mm (si < 1000mm) 1mm (si > 1000mm)
Sensor Velocidad Dirección Viento	0 - 50m/s	± 1m/s (vel. <5m/s) ±10% (vel. >5m/s)	0.1 0.1
Sensor de Humedad Relativa	10% - 99%	± 4%	1%
Sensor de Presión Barométrica	2.225 – 825 mmHg	±3hpa por debajo de 700-1100hPa	0,1hPa (0,01inHg)

*Fuente: Manual de Operación estación PCE INSTRUMENTS, 2023.*

En la **Tabla 4** se presentan los criterios de ubicación de los sensores de las estaciones meteorológicas.

**Tabla 4. Lista de chequeo: Microlocalización de estación meteorológica.**

Sensor Evaluado	Altura del instrumento sobre el suelo		Distancia al obstáculo más cercano		Ubicación del instrumento	
Sensor de Velocidad y de Dirección Viento	C	4,5 m sobre el terreno de llano abierto	C	10 veces superior a la altura del obstáculo	-	-
Sensor de temperatura	C	4,5 m del nivel del suelo	C	Más de 4 veces la altura del obstáculo más cercano. Presenta exposición directa al sol y al viento y libre de Sombra	C	Más de 10 m de áreas pavimentadas, se ubica sobre un suelo cubierto por una capa natural de gravilla y lejos de aguas estancadas
Sensor de Humedad Relativa	C	Más de 2 m sobre el nivel medio del terreno	C	Más de 4 veces la altura del obstáculo más cercano	C	El sensor está protegido de la lluvia y el viento, no se
Sensor de Precipitación	C	Altura superior de 1 m medido sobre el nivel medio del terreno	C	Más de 2 veces la altura del obstáculo más cercano	C	Sitio sin laderas o techos de edificaciones
Sensor de Presión Barométrica	C	Sitio alejado de vibraciones y choques Mecánicos	C	Alejado de fuentes de luz intensa	-	-

-C: Cumple

*Fuente: SOLAMCOL S.A.S., 2023.*

#### 4.2. RESUMEN PARÁMETROS

En la **Tabla 5**, se presentan los datos temporales registrados durante el monitoreo ejecutado dentro del periodo de tiempo del 24 de agosto al 10 de septiembre de 2023 para temperatura ambiente, humedad relativa, velocidad del viento, precipitación y presión barométrica, evidenciando que los valores de precipitación y temperatura presentan un comportamiento opuesto, como, por ejemplo, el día 05 de septiembre, donde se presenta una temperatura alta de 31 °C, caso contrario el día 29 de agosto donde se presenta una temperatura promedio de 27.4 °C, en cuanto a la precipitación se presentaron días sin lluvias en la mayoría de los días, mientras que el día de mayor precipitación fueron los días 2 y 7 de septiembre con un valor de precipitación de 2 mm.

Por otra parte, los valores registrados para humedad relativa varían entre 44.4% y 57.5%, por lo que se observa que entre el 24 de agosto al 10 de septiembre donde la precipitación presenta valores entre 0.0 mm y 2 mm se obtienen los valores más bajos de % de humedad relativa, mientras que cuando aumenta las precipitaciones, como el día 07 de septiembre donde presenta un porcentaje de humedad de 54.3%, se obtiene precipitación diaria de 2 mm, demostrando que existe relación entre la humedad y precipitación. A su vez, la presión barométrica presenta ligeras variaciones diarias, manteniéndose en un valor similar durante los días del monitoreo, comportamiento esperado para este parámetro.

**Tabla 5. Resumen información meteorológica**

FECHA	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	PRECIPITACION (mm)	PRESION BAROMETRICA/ATMOSFERICA (mmHg)
24/08/2023	29,5	56,3	1,4	0	757,56
25/08/2023	30,2	52,1	2,8	0	757,56
26/08/2023	30	53,2	2,8	0	757,56
27/08/2023	28,3	54,3	3,3	0	757,56
28/08/2023	28,4	50,1	3,6	1,5	757,56
29/08/2023	27,4	55,5	2,7	0	757,56
30/08/2023	28,3	52	2,6	0	757,56
31/08/2023	29,9	46,8	2,6	0	757,56
1/09/2023	30,1	48,3	2,8	0	757,56
2/09/2023	30,6	45,6	3,2	2	757,56
3/09/2023	29,4	49,3	4,2	0	757,56
4/09/2023	29,7	49,9	2,8	0	757,56
5/09/2023	31	44,4	2,5	0	757,56
6/09/2023	28,3	57,5	2,2	1,5	757,56

FECHA	TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	PRECIPITACION (mm)	PRESION BAROMETRICA/ATMOSFERICA (mmHg)
7/09/2023	29,1	54,3	1,8	2	757,56
8/09/2023	29,9	51,9	1,8	0	757,56
9/09/2023	30,1	49,4	1,9	0	757,56
10/09/2023	29,3	48,3	1,8	0	757,56
<b>MAXIMO</b>	<b>31</b>	<b>57,5</b>	<b>4,2</b>	<b>2</b>	<b>757,56</b>
<b>MÍNIMO</b>	<b>27,4</b>	<b>44,4</b>	<b>1,4</b>	<b>0</b>	<b>757,56</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>29,42</b>	<b>51,07</b>	<b>2,60</b>	<b>0,39</b>	<b>757,56</b>

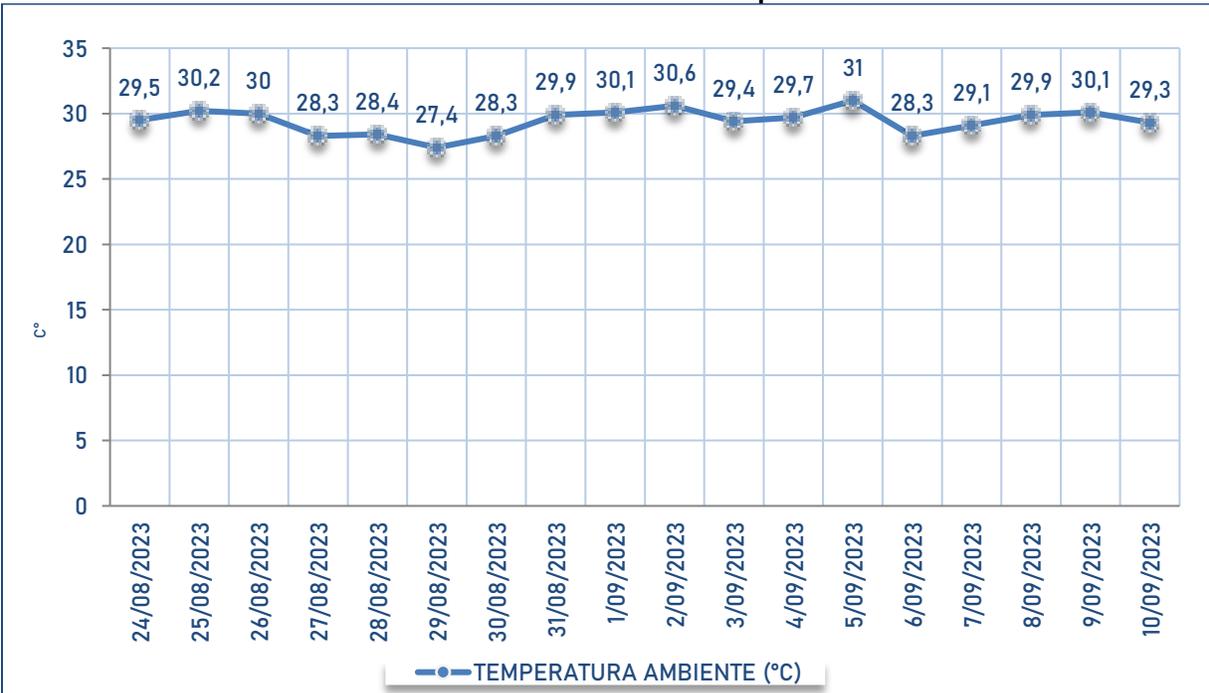
*Fuente: SOLAMCOL S.A.S., 2023.*

#### 4.2.1. Temperatura

La temperatura es un parámetro que representa el calor, o transferencia de energía térmica. Definiéndola también como una medida de la energía cinética relacionada con el movimiento aleatorio de las partículas que componen el sistema. Por otro lado, Cuando se tiene una diferencia de temperatura, la energía tiende a transferirse del sistema de mayor temperatura que al de menor temperatura hasta alcanzar el equilibrio térmico (Urrego, 2006). Es importante tener en cuenta que 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.

Así pues, en la **Gráfica 1** se evidencia el comportamiento de la temperatura ambiente a lo largo de los 18 días, la temperatura ambiental presentó valores que oscilan entre 27.4 °C y 31 °C, obteniéndose la mayor temperatura el día 05 de septiembre y la menor temperatura el día 29 de agosto. Se observa valores variables en los días monitoreados, con una temperatura promedio de 29.42 °C. En general, se presenta un comportamiento variable sin obtenerse valores atípicos, asimismo, se obtienen valores que fluctúan entre sí en alrededor de 1,2 °C a 1,3 °C.

Gráfica 1. Valores diarios de temperatura.



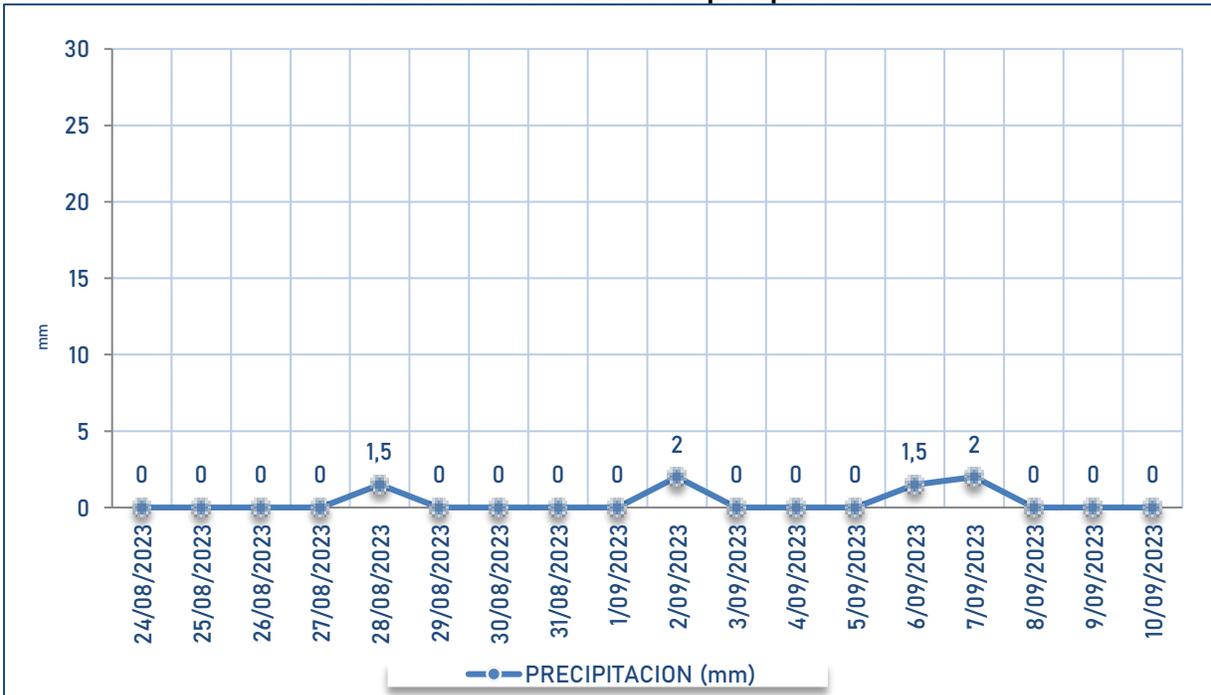
Fuente: SOLAMCOL S.A.S. 2023.

#### 4.2.2. Precipitación

En meteorología, la precipitación es cualquier forma de hidrometeoro que cae de la atmósfera y llega a la superficie terrestre. Este fenómeno abarca lluvia, llovizna, nieve, aguanieve y granizo. La cantidad de precipitación sobre un punto de la superficie terrestre es llamada pluviosidad, o monto pluviométrico (Perez, 2018). Además, la precipitación es uno de los factores climáticos que mayor incidencia tiene dentro de los procesos de dispersión de contaminantes, pues su presencia hace que las sustancias en suspensión en forma de aerosoles o gases sean arrastradas con ella.

Durante el monitoreo se presentaron precipitaciones que oscilan entre 0,0 mm y 2,0 mm, presentándose el valor máximo el día 07 de septiembre, el resto de los días de monitoreo presentaron eventos de precipitación de baja intensidad.

**Gráfica 2. Valores diarios de precipitación.**



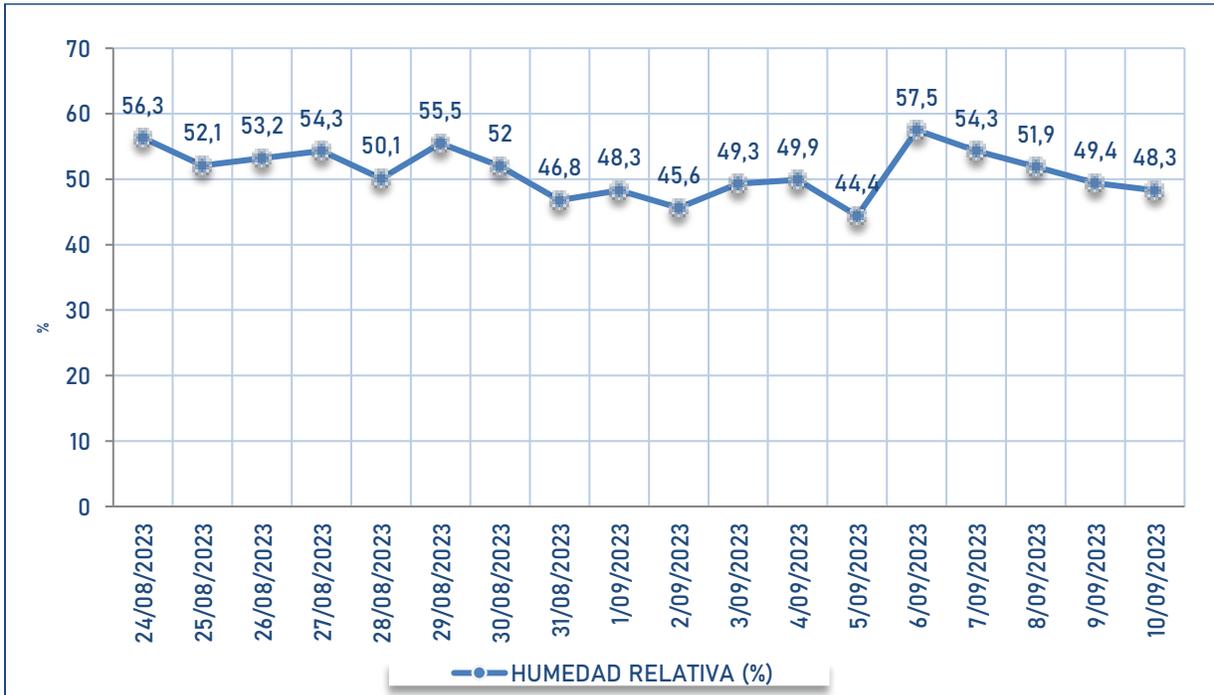
Fuente: SOLAMCOL S.A.S, 2023.

#### 4.2.3. Humedad relativa

La humedad relativa es la proporción de vapor de agua real en el aire comparada con la cantidad de vapor de agua necesaria para la saturación a la temperatura correspondiente. Indica qué tan cerca está el aire de la saturación. Se mide en porcentaje entre 0 y 100, donde el 0% significa aire completamente seco y 100% aire saturado.

Los valores de humedad relativa durante el monitoreo oscilaron entre 44.4% y 57.5%, presentándose el mayor valor el día 06 de septiembre y el menor el día 05 de septiembre. Se evidencia una relación inversamente proporcional entre la humedad y la temperatura, puesto que cuando incrementa la humedad, la temperatura disminuye (**Gráfica 3**).

**Gráfica 3. Valores diarios de humedad relativa.**



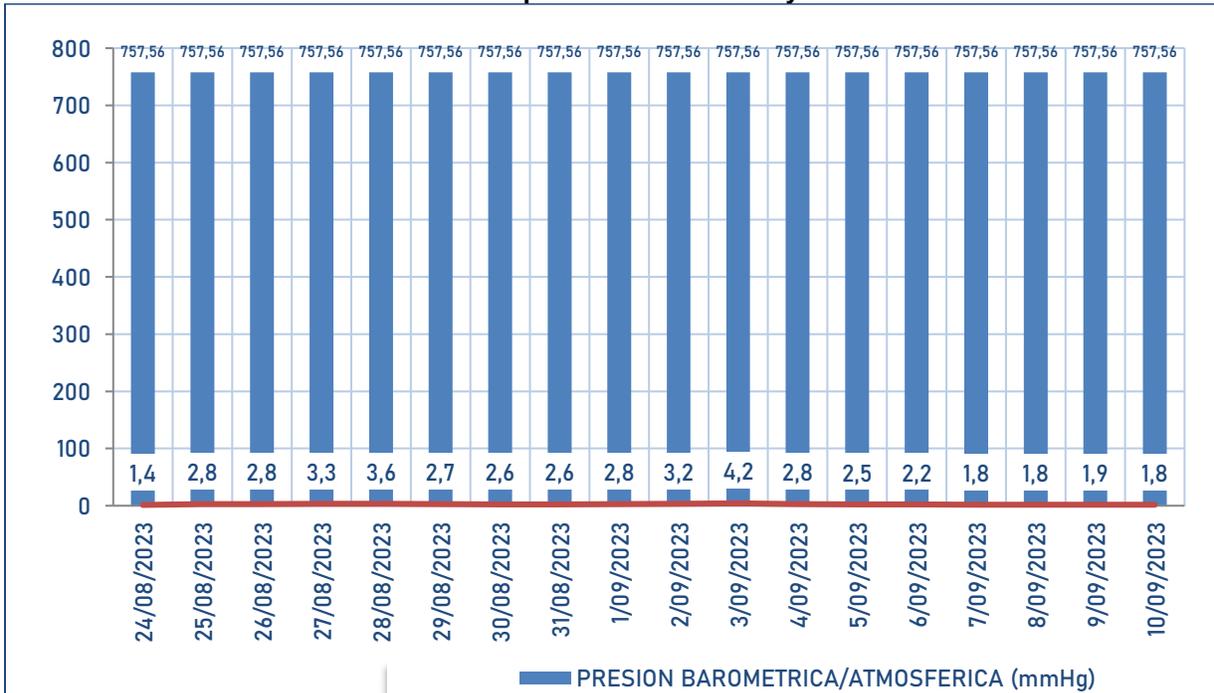
Fuente: SOLAMCOL S.A.S, 2023.

#### 4.2.4. Presión barométrica

Se analiza la presión atmosférica como otro parámetro que influye en las características climáticas y en la dispersión de los contaminantes. Dicho parámetro está relacionado con diferentes variables como lo son la temperatura, la humedad del aire y la elevación del lugar o área de estudio. En cuanto a la relación de la presión con la temperatura y la humedad, está dada debido a que el aire caliente pesa menos que el aire frío y el aire húmedo menos que el aire seco, condiciones que se relacionan con la variación de la presión atmosférica.

La **Gráfica 4** muestra gráficamente el comportamiento de la velocidad del viento y la presión atmosférica durante el monitoreo. Los valores de presión barométrica se mantuvieron constantes arrojando un valor promedio de 757.56 mmHg a lo largo del monitoreo.

**Gráfica 4. Valores diarios de presión barométrica y velocidad del viento.**



Fuente: SOLAMCOL S.A.S. 2023.

#### 4.2.5. Viento

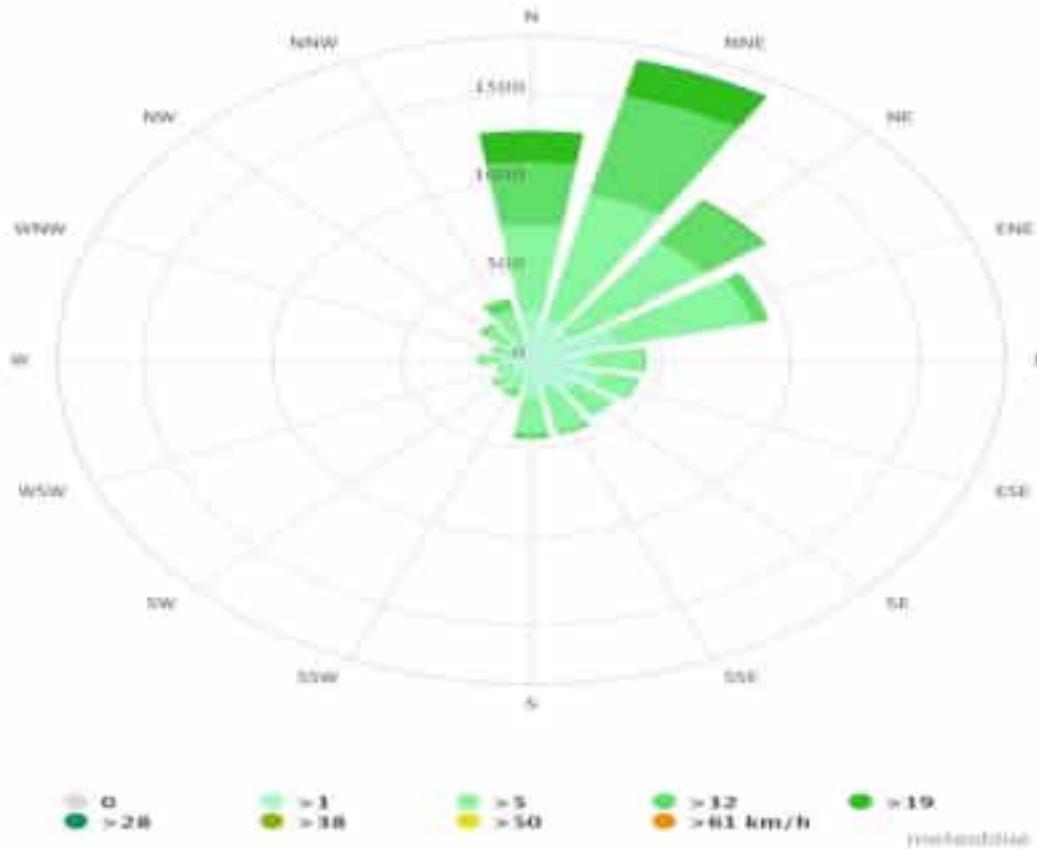
La dispersión de contaminantes de una fuente depende de la cantidad de turbulencia en la atmósfera cercana que es creada por el movimiento horizontal (viento) y vertical de la atmósfera. Bajo ese contexto, la velocidad del viento afecta en gran medida la concentración de contaminantes en un área, mientras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

En la **Gráfica 5** se puede observar un comportamiento en el que predominan los vientos provenientes de la dirección Noreste (NE) hacia el Suroeste (SW) así como los valores obtenidos corresponden a velocidades entre 1,40 m/s a 4,2 m/s. El presente monitoreo reflejó un comportamiento variable en la velocidad del viento, registrándose el mayor valor promedio diario de 2,60 m/s. Este comportamiento es acorde con las condiciones de la zona, así como la ubicación de la estación meteorológica dentro del área de influencia del proyecto, la cual se considera como una zona despejada lo cual incrementa la intensidad de corrientes de aire. Asimismo, según la escala de Beaufort (**Tabla 6**) los vientos obtenidos se clasifican entre Ventolina (0.3 – 1.5 m/s), Flojito (Brisa muy débil; 1.6 – 3.3 m/s) y flojo (Brisa débil).

**Tabla 6. Escala de Beaufort**

DEFINICIÓN	m/s	CONDICIÓN EN TIERRA
F0- Calma	0 – 0,2	El humo sube verticalmente.
F1 – Ventolina	0,3 – 1,5	La dirección del viento se define por la del humo, pero no por las veletas y banderas.
F2 – Flojito (Brisa muy débil)	1,6 – 3,3	El viento se siente en la cara. Se mueven las hojas de los árboles, veletas y banderas.
F3 – Flojo (Brisa débil)	3,4 – 5,4	Las hojas de los árboles se agitan constantemente. Se despliegan las banderas.
F4 – Bonacible (Brisa moderada)	5,5 – 7,9	Se levanta polvo y papeles, se agitan las copas de los árboles.
F5 – Fresquito (Brisa fresca)	8,0 – 10,7	Pequeños movimientos de los árboles, superficies de los lagos ondulados.
F6 – Fresco (Brisa fuerte)	10,8 – 13,8	Se mueven las ramas de los árboles, dificultad para mantener abierto el paraguas.

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. IDEAM.

**Gráfica 5. Rosa de vientos y distribución de frecuencias en Cartagena, Bolívar durante el periodo de tiempo del 24 de agosto al 10 de septiembre de 2023**


Fuente: Meteoblue, 2023.

## 5. PROCESO METODOLÓGICO

En este capítulo se muestra la definición y características de los contaminantes a analizar, los equipos empleados, sus especificaciones y forma de empleo en campo, así como los puntos de medición y las fuentes de emisión. Posteriormente se dan a conocer los cálculos y análisis pertinentes a realizar.

### 5.1. Características de los compuestos en estudio

**Tabla 7. Características de los compuestos estudiados.**

Contaminante	Descripción	Orígenes	Efectos
Partículas suspendidas con diámetro menor a 10 micrómetros (PM10) y 2.5 micrómetros (PM2.5).	Partículas de muy pequeño diámetro que ingresan con facilidad al sistema respiratorio.	Funcionamiento de motores con combustibles fósiles, industria (ladrillo, cobre, etc.), movimiento de tierras.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lesiones pulmonares</li> <li>- Contribuye a enfermedades de los pulmones o del corazón</li> <li>- Agravante de enfermedades como asma.</li> </ul>
HCT-COV	Varios compuestos gaseosos siendo principalmente hidrocarburos y solventes.	Industria petrolera, vehículos, industria química.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Irritación de los ojos, la piel y las vías respiratorias.</li> <li>- Mareos, dolor de cabeza y fatiga.</li> <li>- Daño sistema nervioso central.</li> <li>- Riesgo de desarrollo de cáncer.</li> <li>- Afectación sistema hematopoyético.</li> </ul>

*Fuente: Base de Datos SOLAMCOL S.A.S. 2023.*

### 5.2. Planificación del monitoreo

A continuación, se presenta el proceso metodológico empleado para el desarrollo del monitoreo de calidad del aire, mediante la determinación de Material Particulado menor a 10 e Hidrocarburos Totales - Compuestos Orgánicos Volátiles, el cual se encuentra fundamentado en la Resolución 2254 de 2017 emitidas por el MAVDT hoy MADS y avalados por la Environmental Protection Agency de los Estados Unidos (EPA).

#### 5.2.1. Etapa de preparación

Esta etapa involucró las siguientes actividades:

-  Selección del número de puntos a muestrear.
-  Preparación del material: Equipos e insumos (pesado de filtros de PM<sub>10</sub>), requeridos para el monitoreo.
-  Disposición de transporte adecuado para los equipos (Muestreadores de Hi-vol y PM10 y bomba con filtros para recolección de HCT-COV).
-  Calibración de los equipos para los análisis in-situ.
-  Rotulación y empaque.

## 5.2.2. Descripción general de la metodología

**Tabla 8. Métodos de monitoreo utilizados.**

Compuesto	Metodología	Descripción
Material particulado (PM <sub>10</sub> ) Método gravimétrico por muestreador de alto volumen	EPA e- CFR 40, Capítulo 1, Subcapítulo C, Parte 50, Apéndice B-Alto volumen. EPA e- CFR 40, Capítulo 1, Subcapítulo C, Parte 50, Apéndice J-Alto volumen	Hacer pasar una muestra de aire succionada por un motor calibrador (que debe tener un caudal entre 1,02 y 1,24 m <sup>3</sup> /min a condiciones locales para PM <sub>10</sub> ), a través de un filtro secado y pesado previamente hasta peso constante, ubicado al interior de una caseta o coraza de protección, durante un período de muestreo de 24 horas.  Pesado de filtro en el laboratorio bajo condiciones de humedad y temperatura controladas, antes y después de su utilización para determinar la ganancia neta de peso. El volumen total del aire muestreado, corregido a condiciones de referencia, se determina a partir del flujo de aire ambiente medido y del tiempo de muestreo.
Hidrocarburos totales (HCT)/ Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)	EPA TO – 17 Procedimiento interno: I-PMO01-16	La muestra de aire ambiental del punto de interés se recolecta usando una Bomba MSA, la cual utiliza una cápsula de carbón activado. La metodología estandarizada aplicada para la determinación de estos compuestos en laboratorio es la EPA TO 17. El método usado para determinar la concentración de estos compuestos es la técnica de cromatografía de gases, detector FID, de purga y trampa o inyección directa. El análisis en laboratorio se realiza inyectando una fracción de la muestra, al cromatógrafo de gases que mediante una columna cromatográfica y un programa de temperatura específico separa los compuestos orgánicos, que son determinados y cuantificados por un detector FID.

Fuente: Base de Datos SOLAMCOL S.A.S., 2023.

**Tabla 9. Componentes de los equipos de muestreo**

Compuesto	Fotografía	Descripción
PM <sub>10</sub>		<p><i>Muestreador de alto volumen</i></p> <p>Sus elementos vienen dentro de una estructura metálica de aluminio anodizado con una caperuza escuslizable en forma de platillo para el PM<sub>10</sub> (esta caperuza protege el filtro de posibles lluvias). La cubierta de dicho muestreador debe cumplir con las siguientes características:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mantener el filtro en posición horizontal por lo menos a 1,5 m por encima de la superficie de soporte del muestreador, para que la muestra de aire sea aspirada verticalmente hacia abajo, a través del filtro.</li> <li>2. Cubrir y proteger el filtro de la lluvia y otros efectos perturbadores del muestreo.</li> </ol> <p>Dichos muestreadores constan de un motor succionador (capaz de operar en forma continua durante 24 horas), un porta filtro soportado por una superficie de la caseta de aluminio, un dispositivo para la medición del flujo el cual puede estar o no incorporado al medidor (para el presente estudio se utilizó un registrador de flujo con la posibilidad de medir entre 0,57 y 1,7 m<sup>3</sup>/min), un dispositivo de control del tiempo y un controlador de flujo.</p> <p>Los certificados de calibración se encuentran en el <b>Anexo 4. Certificados de calibración</b>, además, es importante tener en cuenta que la calibración se realiza de forma anual, es decir, que el certificado de calibración tiene vigencia de 1 año.</p>

Compuesto	Fotografía	Descripción
COV / HCT		Bomba de muestreo personal con flujo volumétrico de 1-3000 cc/min <ul style="list-style-type: none"> <li>• Módulos adicionales para flujo bajo</li> <li>• Batería recargable de NiHM para mínimo 8 horas</li> <li>• Presión de vacío de hasta 20" de H2O</li> </ul>

*Fuente: Base de Datos SOLAMCOL S.A.S., 2023.*

**Tabla 10. Preparación de insumos.**

Compuesto	Material	Descripción
PM <sub>10</sub>	Filtro PM <sub>10</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Material: fibra de cuarzo u otro material inerte y no higroscópico.</li> <li>- Tamaño 20,3+0,2 x 25,4+0,2 cm (nominal 8x10 in).</li> <li>- Área nominal expuesta de 406,5 cm<sup>2</sup> (63 in<sup>2</sup>)</li> <li>- Integridad: +5 µg/m<sup>3</sup> (asumiendo el volumen nominal de una muestra de aire de 24 horas en el muestreador).</li> <li>- Eficiencia de recolección: mayor o igual a 99% como medida de la prueba de DOP (ASTM-2986) para partículas de 0,3 µm de diámetro, a la velocidad de operación del muestreador.</li> <li>- Alcalinidad: &lt;25 µeq/g después de 2 meses mínimos de almacenamiento libre de ambientes de gases ácidos a temperatura y humedad ambiente.</li> <li>- Perforaciones: ninguna.</li> <li>- Fragilidad: cuando se hace un doblez longitudinal no debe presentarse rajadura o separación del material.</li> </ul>
COV / HCT	-	Se realiza el alistamiento de los tubos de carbón activado y se verifica el dispositivo de medición.

*Fuente: Base de Datos SOLAMCOL S.A.S., 2023.*

### 5.3. Etapa de campo

La ubicación y posterior verificación de los equipos a emplear en el monitoreo, se realizó teniendo en cuenta los criterios técnicos de micro localización contemplados en el Numeral 6.4 del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire (Manual de Diseño de Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire) del MAVDT hoy MADS mencionados en la siguiente tabla.

#### 5.3.1. Descripción de las estaciones del monitoreo

El área del proyecto se encuentra ubicada en el municipio de Cartagena, Bolívar con el fin de dar cubrimiento al área de estudio se definió un punto de monitoreo dispuestos según los criterios mencionados en la **Tabla 11**. El criterio tenido en cuenta por estación, así como la localización

	ELABORADO POR: SOLAMCOL S.A.S	Página 22 de 52
	INF_582_2023	

general de los mismos se muestran de la **Tabla 12 y Tabla 13.**

**Tabla 11. Resumen de los criterios de micro localización.**

<b>Criterio</b>	<b>Ítem</b>	<b>Observación</b>
<b>Técnico</b>	Condiciones de Seguridad	Se debe velar por la seguridad de los equipos de monitoreo, para dar continuidad y garantía a la medición.
	Exposición de toma-muestras y Sensores	Los muestreadores y sensores se ubicarán teniendo en cuenta la dirección del viento y la ubicación de las fuentes estudiadas, debido a que el viento debe dirigir los contaminantes al muestreador dando representatividad a la medición.
<b>Técnico</b>	Condiciones logísticas	Los puntos de monitoreo deben poseer fluido eléctrico regulado y suficiente además de poder acceder fácilmente a ellas, para asegurar el mantenimiento, limpieza y operación de los equipos.
<b>Físicos</b>	Cobertura	Se deberá abarcar la mayor área de estudio posible con el fin de realizar un muestreo representativo.
<b>Sociales</b>	Fuentes receptoras	Se localizarán las respectivas estaciones de monitoreo teniendo en cuenta la ubicación de caseríos, cascos urbanos y demás centros poblados

**Fuente:** Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire.  
MAVDT. 2010.

Tabla 12. Ficha de la estación de monitoreo de calidad del aire No. 1

INFORMACIÓN GENERAL										
Estación	E3	Nombre	COTECMAR	Departamento	BOLÍVAR	Municipio	CARTAGENA		Vereda	Casco Urbano
Altitud (m.s.n.m.)	5	COORD. ORIGEN NACIONAL	E	4725443.986	Entorno local	La estación se encuentra ubicada al lado de una vía				
Altura del suelo (m)	2		N	2700308.241						
TIPO DE ESTACIÓN										
Nivel I Área	Suburbana		Nivel II Tiempo	Fija		Nivel III Emisiones Dominantes	Tráfico e industrial			
INFORMACIÓN ADICIONAL										
Tráfico	Distancia al borde (m)	4	Industrial	Tipo de industria	Astillaría	Indicativas	Tiempo de muestreo (días)	18		
	Ancho de la vía (m)	6		Distancia fuentes (m)	500 mts		Hora inicio/ Hora fin (diaria)	00:00 /23:59 Ver <b>Anexo 1</b>		
	Vel. Promedio (Km/h)	20		Dirección	N/A		Seco/Húmedo	Seco		
	Estado de la vía	pavimentada		Fecha inicio	2023/08/24		Fecha fin	2023/09/10		
Objetivo de la estación	Evaluar aporte de carga de contaminante que afecte la calidad de aire de la zona			Descripción fuentes de emisión	Las vías se encuentran pavimentadas, se evidencian actividades por parte del personal del punto Emisiones de fuente móviles (vehículos de carga, maquinaria pesada y trabajos de soldaduras)					
CONFIGURACIÓN DE LA ESTACIÓN										
Parámetros	Equipos monitoreo				Código					
PM <sub>10</sub>	Muestreador de alto volumen				CA-102					
COV'S- BTEX	Bomba de bajo y alto caudal				AI-110					
CALIBRADOR	Defender 530 COV'S - BTEX				(Ver <b>Anexo 4</b> )					

Tabla 13. Ficha de la estación de monitoreo de calidad del aire No. 2

INFORMACIÓN GENERAL										
Estación	E4	Nombre	COTECMAR	Departamento	BOLÍVAR	Municipio	CARTAGENA		Vereda	Casco Urbano
Altitud (m.s.n.m.)	11	COORD. ORIGEN NACIONAL	E	4725768.841	Entorno local	La estación se encuentra ubicada al lado de una vía				
Altura del suelo (m)	2		N	2700136.554						
TIPO DE ESTACIÓN										
Nivel I Área	Suburbana		Nivel II Tiempo	Fija		Nivel III Emisiones Dominantes		Tráfico e industrial. Punto crítico		
INFORMACIÓN ADICIONAL										
Tráfico	Distancia al borde (m)	10	Industrial	Tipo de industria	Astillaría		Indicativas	Tiempo de muestreo (días)	18	
	Ancho de la vía (m)	6		Distancia fuentes (m)	500 mts			Hora inicio/ Hora fin (diaria)	00:00 /23:59 Ver <b>Anexo 1</b>	
	Vel. Promedio (Km/h)	20		Dirección	N/A			Seco/Húmedo	Seco	
	Estado de la vía	Des pavimentada		Fecha inicio	2023/08/24			Fecha fin	2023/09/10	
Objetivo de la estación	Evaluar aporte de carga de contaminante que afecte la calidad de aire de la zona			Descripción fuentes de emisión	Las vías se encuentran pavimentadas, se evidencian actividades por parte del personal del punto Emisiones de fuente móviles (vehículos de carga, maquinaria pesada y trabajos en bodega)					
CONFIGURACIÓN DE LA ESTACIÓN										
Parámetros	Equipos monitoreo				Código					
PM <sub>10</sub>	Muestreador de alto volumen				CA104					
COV'S- BTEX	Bomba de bajo y alto caudal				AI-110					
CALIBRADOR	Defender 530 COV'S - BTEX				(Ver <b>Anexo 4</b> )					

**REGISTRO FOTOGRÁFICO**



**Fuente:** SOLAMCOL S.A.S 2023.

Tabla 14. Localización general de los puntos de monitoreo dispuestos para el presente estudio.



Fuente: Google Earth Pro, 2023

### 5.3.2. Fuentes de emisión de partículas y gases en la zona

A continuación, se describen los diferentes tipos de fuentes de emisión de partículas y gases a la atmósfera (según el Decreto No. 948 de 1998 expedido por el MADS, la Resolución 0610 de 2010, la Resolución 2254 de 2017 y el Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, octubre 2010 expedidos por el MAVDT hoy MADS) observadas en el área de estudio durante el presente monitoreo, referenciándose a continuación cada tipo de fuente:

**Tabla 15. Fuentes de emisión**

Tipo de Fuente	Descripción
Fuentes de emisiones fijas dispersas o difusas	Son aquellas que se encuentran siempre presentes en la misma ubicación, los focos de emisión de una fuente fija se dispersan en un área, por razón del desplazamiento de la acción causante de la emisión. En el presente monitoreo se llevó a cabo en terreno plano sin presencia de fuentes fijas visibles.
Fuentes móviles	Las fuentes móviles como su nombre lo indica, son todos aquellos instrumentos, equipos u organismos que generan algún tipo de emisión y que trasladan su posición de un lugar a otro. En la zona se observó flujo vehicular con alta presencia de automóviles, camionetas 4x4, camiones, microbuses, así como vehículos de carga (volquetas y tractomulas) y maquinaria pesada.

*Fuente: SOLAMCOL S.A.S., 2023.*

### 5.3.3. Receptores identificados en el área de estudio

Para efectos de calidad de aire se consideran receptores a los seres humanos que pueden verse afectados por las sustancias contaminantes que son emitidas a la atmósfera por una actividad. En el presente monitoreo se identificaron receptores aproximadamente a 50 m de la ubicación de las estaciones, correspondientes a habitantes de la zona.

### 5.3.4. Trabajo de campo

A continuación, se describe el proceso metodológico realizado durante la etapa de campo para la determinación de los compuestos a monitorear. El laboratorio MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., en conformidad con la normatividad vigente, se encuentra acreditada para este tipo de muestreos mediante la Resolución 1849 de 2022 de renovación y extensión emitida por el IDEAM (**Anexo 2. Resoluciones de acreditación**) y a su vez cuenta con la certificación ISO 9001:2008. Como compañía certificada y acreditada, MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S., asegura que su sistema de calidad, personal, instalaciones, equipos, métodos de prueba, archivos y reportes se ejecutan de manera precisa y confiable.

**Tabla 16. Manejo de equipos**

Compuesto	Descripción
Material particulado (PM <sub>10</sub> )	Se recolectaron 18 muestras por períodos de 24 horas. Se abre la caseta del medidor de alto volumen, levantando la tapa superior. Posteriormente, sobre el soporte se coloca un filtro de cuarzo (PM <sub>10</sub> ) previamente pesado y numerado, con el lado rugoso hacia arriba. Sobre el filtro se ubica el dispositivo que lo asegura sobre el porta filtro y se ajusta girando las cuatro (4) mariposas, quedando éste completamente asegurado. Pasados cinco (5) minutos, se observa la lectura del registrador de flujo y se anota como lectura inicial; transcurridas las 24 horas se lee nuevamente y se anota como final, luego se desconecta el medidor de flujo (para evitar obstrucciones), se levanta la tapa superior y se retira el filtro tocando solamente el borde exterior; se dobla a lo largo, de manera que queden en contacto las caras del lado en que se han depositado las partículas, se guarda doblado en una bolsa hermética. En el momento del muestreo se toma nota de la hora, fecha y otros datos que puedan ser de interés para el análisis de los resultados y se registran en los formatos de campo (Anexo 1. Soportes de Campo).
COV	Durante los mismos días de monitoreo, se realizaron mediciones in situ en cada uno de los puntos donde se ubicaron los equipos de medición. En cada estación se tomaron muestras todos los días de monitoreo, donde cada una de ellas se encuentra integradas por el promedio de varias lecturas.

*Fuente: Trabajo de campo SOLAMCOL S.A.S., 2023.*

### 5.3.5. Etapa de laboratorio y etapa de análisis

**Tabla 17. Procedimientos laboratorio y análisis**

COMPUESTO	LABORATORIO	ANÁLISIS
Material particulado (PM <sub>10</sub> )	Se realiza en el laboratorio de Instituto de Higiene Ambiental S.A.S. Para el análisis gravimétrico se dejan los filtros usados en el desecador durante un período de 24 horas, después de su acondicionamiento se pesan en la balanza analítica (llevando la fracción al miligramo más cercano). Por último, se registra el peso neto del filtro junto con el número de éste.	<p>Para determinar la concentración diaria de material particulado/partículas suspendidas totales se utiliza la siguiente expresión:</p> $C_p = \frac{(P_f - P_i) \cdot 10^6}{Q_{real} \cdot t}$ <p>Donde:</p> <p><b>C<sub>ps</sub></b>= Concentración de partículas en suspensión, en µg/m<sup>3</sup>.</p> <p><b>P<sub>f</sub></b>= Peso final del filtro en gramos.</p> <p><b>P<sub>i</sub></b>= Peso inicial del filtro en gramos.</p> <p><b>Q<sub>real</sub></b>= Caudal de aire a través del filtro (caudal promedio corregido leído en el rotámetro, en m<sup>3</sup>/min).</p> <p><b>t</b>= Tiempo de muestreo en minutos.</p> <p><b>10<sup>6</sup></b>= Factor de conversión de gramos a microgramos</p>

Compuesto	Laboratorio	Análisis
Hidrocarburos Totales (HCT) Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)	El análisis de HCT/COV se realiza a través de un cromatógrafo de gases que mediante una columna cromatográfica y un programa de temperatura específico separa los compuestos orgánicos, que son determinados y cuantificados por un detector FID.	El cartucho es desorbido y analizado por cromatografía, del cual se obtiene la cantidad de contaminante en $\mu\text{g}$ y esta se divide entre el volumen muestreado para obtener la concentración en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <math display="block">C \left[ \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} \right] = \frac{\mu\text{g de análisis}}{Q_{\text{std}} \times t}</math> </div> Donde: <b>C</b> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] = Concentración dada en peso de HCT/COV por unidad de volumen de aire en microgramos por metro cúbico. $\mu\text{g}$ = Cantidad de HCT/COV obtenidos del análisis cromatográfico. <b>Qstd</b> = Caudal estándar de muestreo (std $\text{m}^3/\text{min}$ ) <b>t</b> = tiempo de muestreo en min.

*Fuente: Trabajo de campo SOLAMCOL S.A.S., 2023.*

Como resumen de lo mostrado en el ítem de etapa de análisis se presenta la **Tabla 5. 13** y **Tabla 5. 14**.

**Tabla 18. Parámetros analizados y características asociadas a la etapa de análisis, en el laboratorio de Instituto de Higiene Ambiental S.A.S y MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S.**

Parámetro	Método de Referencia	Límites de Detección			Incertidumbre
		M	C	UN	
PM <sub>10</sub>	EPA e- CFR 40, Capítulo 1, Subcapítulo C, Parte 50, Apéndice J- Alto volumen.	1	1	mg	0,6
COV	EPA TO 17	MPA-5.4-51	0,008	-	$\mu\text{g}$

*M: Método, C: Cuantificable, UN: Unidades.*

*Fuente: MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental S.A.S, 2023.*

### 5.3.5.1. Cálculos estadísticos

Con el fin de determinar la consistencia de los datos a obtener, se realizan los cálculos y gráficos mencionados en el Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire de octubre de 2010 del MAVDT hoy MADS páginas 112 y 113.

### 5.3.5.2. Corrección de datos a condiciones de referencia

Con el fin de comparar los datos obtenidos en campo con los límites permisibles descritos en la Resolución 2254 de 2017 del MADS, los cuales representan condiciones de referencia para temperatura y presión, es decir, 25 °C y 760 mmHg respectivamente, se procede a utilizar la ecuación mencionada en la NTC 3704, de la siguiente manera:

$$DR = \frac{DL * 760 * (273 + TL^{\circ} C)}{PbL * 298K}$$

Donde:

<b>DL</b>	Datos obtenidos en campo a condiciones locales.
<b>DR</b>	Datos obtenidos en campo a condiciones de referencia.
<b>P.b.L</b>	Presión barométrica local.
<b>T L</b>	Temperatura promedio ambiente local.

### 5.3.5.3. Validación de los datos en SVCA manuales

#### Pasos preliminares a la validación

Para poder contar con datos válidos con una alta integridad temporal, se debe seguir estrictamente lo establecido en el numeral 4.2.6 “Mantenimiento de equipos y calibración” del Manual de Operación de SVCA del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, estas recomendaciones son el punto de partida para la obtención de datos confiables. Del mismo modo, se debe contar con puntos de control en las diferentes etapas que comprenden desde la preparación del equipo para la toma de la muestra, hasta la obtención del resultado de la medición; lo anterior permitirá obtener metadatos que sirvan de apoyo en el momento de realizar la validación de los datos.

Para cumplir con el requisito anterior, dentro de la implementación del programa de Aseguramiento de Calidad del SVCA manual, deben existir formatos para registrar las situaciones que se hayan presentado en los diferentes procesos que se mencionan a continuación, enmarcados dentro de lo establecido en los numerales 7.1.10.10 y 7.1.10.11 del Manual de Operación de SVCA del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire. Las actividades previas que se realizan antes de la validación final del dato en las cuales deben existir los puntos de control son:

#### a. Verificación y calibración del equipo a usar para la toma de muestra

Este es el proceso más importante en la medición porque la adecuada verificación del equipo de monitoreo es esencial para obtener datos precisos y reproducibles de calidad del aire y su importancia dentro del SVCA debe ser suficientemente enfatizada (MAVDT 2010). El programa de Aseguramiento de calidad debe verificar que los elementos utilizados para la calibración de los diferentes equipos, como balanzas, medidores de flujo, de presión, controladores de flujo másico, fotómetros, generadores de ozono, lentes de calibración, sistemas de permeación, cilindros de mezclas de gases, sensores de frecuencia, voltímetros y amperímetros, entre otros,

estén certificados contra estándares de referencia o de transferencia, trazables a estándares primarios reconocidos o autorizados (MAVDT 2010). Adicionalmente, se deben seguir las recomendaciones en el tema dadas por el fabricante.

**b. Recolección de la muestra**

Esta etapa, hace referencia a la manipulación de la muestra tomada, en la cual el programa de Aseguramiento de la Calidad establecido por el SVCA manual, debe contar con procedimientos detallados relacionados con la cadena de custodia de las muestras y con los respectivos registros de control de manipulación de estas, para garantizar la trazabilidad de los datos en esta etapa de la medición.

**c. Transferencia de información**

Proceso que comienza en el momento en que las muestras llegan al laboratorio (acreditado por el IDEAM) y se realiza la transferencia de la información recolectada en el paso anterior; las muestras son codificadas para su posterior tratamiento analítico, aplicando los procedimientos establecidos en el laboratorio.

**d. Procesamiento de muestras**

Una vez las muestras son procesadas en el laboratorio siguiendo los diferentes métodos de análisis que permiten determinar la concentración de los contaminantes (gravimetría, colorimetría, entre otros), y habiendo superado las etapas de control de calidad analítico implementadas en laboratorio, los resultados deben hacerse llegar al área de monitoreos, donde comenzará el respectivo proceso de validación.

**e. Validación de Datos:**

Los datos obtenidos de los pasos preliminares a la validación deberán ser acopiados en una base de datos, según la necesidad y capacidad de operación de SVCA, cada dato obtenido deberá ser marcado utilizando una bandera, de las que se presentan en la **Tabla 19**, de acuerdo con el análisis de los metadatos registrados entre los procesos de verificación y calibración del equipo a usar para toma de muestra y procesamiento de muestras. Cabe resaltar que el laboratorio **MCS Consultoría Y Monitoreo Ambiental** que cuenta con la acreditación Resolución 1849 del 26 de agosto de 2022 e **Instituto de Higiene Ambiental S.A.S.** cuenta con la acreditación mediante la RESOLUCIÓN N.º 1065 del 09 de agosto de 2023 emitida por el IDEAM (Ver **Anexo 2. Resoluciones de acreditación**).

**Tabla 19. Validación de Datos**

Bandera	Validez	Descripción de la Bandera
V	S	Dato válido
D	N	Dato erróneo por falla técnica
E	N	Falla eléctrica del equipo
L	N	Dato inválido por error en el laboratorio
F	N	Falla en fluido eléctrico
M	N	Dato erróneo por razón desconocida
P	N	Daño del filtro

*Fuente: SOLAMCOL S.A.S., 2023.*

### 5.3.6. Índice de calidad del aire (ICA)

El Índice de Calidad del Aire -ICA- (AQI – Air Quality Index) es un valor adimensional que oscila entre cero (0) y 500, el cual representa una de las herramientas más efectivas para la simple interpretación del estado en que se encuentra una atmósfera previamente monitoreada. El comportamiento de un ICA se caracteriza por su relación directa con los niveles de concentración del contaminante y los efectos en la salud. Este indicador fue desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) y en su última publicación de 2009 incluye seis contaminantes: monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), partículas menores de 10 micras (PM<sub>10</sub>).

Teniendo en cuenta que el ICA tiene una correlación directa con los efectos en la salud, los puntos de corte del ICA son los límites correspondientes a efectos entre la salud y la calidad del aire, además, es un indicador adimensional y posee una escala de 0 a 500 que depende del grado de contaminación. Siendo así, en la **Tabla 20** se presenta la descripción general del Índice de Calidad del Aire y en la **Tabla 21** se exponen los puntos de corte del Índice de Calidad del Aire con respecto a los contaminantes criterio.

**Tabla 20. Descripción general del Índice de Calidad del Aire.**

RANGO	COLOR	ESTADO	EFFECTOS
0-50	VERDE	BUENA	La contaminación atmosférica supone un riesgo bajo para la salud.
51-100	AMARILLO	ACEPTABLE	Posibles síntomas respiratorios en grupos poblacionales sensibles.
101-150	NARANJA	DAÑINA A LA SALUD DE GRUPOS SENSIBLES	Los grupos poblacionales sensibles pueden presentar efectos sobre la salud. 1) Ozono Troposférico: las personas con enfermedades pulmonares, niños, adultos mayores y las que constantemente realizan actividad física al aire libre, debe reducir su exposición a los contaminantes del aire. 2) Material particulado: Las personas con enfermedad cardiaca o pulmonar, los adultos mayores y los niños se consideran sensibles y por lo tanto en mayor riesgo.

RANGO	COLOR	ESTADO	EFFECTOS
151-200	ROJO	DAÑINA PARA LA SALUD	Todos los individuos pueden comenzar a experimentar efectos sobre la salud. Los grupos sensibles pueden experimentar efectos más graves para la salud.
201-300	PÚRPURA	MUY DAÑINA PARA LA SALUD	Estado de alerta que significa que todos pueden experimentar efectos más graves para la salud.
301-500	MARRÓN	PELIGROSA	Advertencia sanitaria. Toda la población puede presentar efectos adversos graves en la salud humana y están propensos a verse afectados por graves efectos sobre la salud.

**Fuente:** Resolución 2254 de 2017, Artículo 18 – Tabla No. 5

**Tabla 21. Puntos de corte del ICA.**

CATEGORIA	PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup> 24 horas	PM <sub>2,5</sub> µg/m <sup>3</sup> 24 horas	CO µg/m <sup>3</sup> 8 horas	SO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup> 1 hora	NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup> 1 hora	O <sub>3</sub> µg/m <sup>3</sup> 8 horas
BUENA	0-54	0-12	0-5094	0-93	0-100	0-106
ACEPTABLE	55-154	13-57	5095-10819	94-197	101-189	107-138
DAÑINA A LA SALUD DE GRUPOS SENSIBLES	155-254	38-55	10820-14254	198-486	190-677	139-167
DAÑINA PARA LA SALUD	255-354	16-50	14255-17688	487-797	678-1221	168-207
MUY DAÑINA PARA LA SALUD	355-424	151-250	17689-34862	17689-34862	1222-2349	208-393
PELIGROSA	425-604	251-500	34863-57703	34863-57703	2350-3853	394 *

(1) Para O<sub>3</sub> se calculará el índice usando promedios de 8 horas y de 1 hora.

(2) Para NO<sub>2</sub> se tendrán en cuenta valores únicamente por encima de 200 teniendo en cuenta que han sido tomado de valores y parámetros EPA.

(3) Valores de concentraciones de 8 horas de ozono no definen valores más altos de ICA (v301). Los valores de ICA de 301 o mayores serán calculados con concentraciones de 1 hora de ozono.

(4) Los números entre paréntesis se asocian valores de 1 hora que se utilizarán en esta categoría sólo si se superponen.

**Fuente:** Resolución 2254 de 2017 (MADS), Artículo 20 – Tabla No. 6

Protocolo Para El Monitoreo Y Seguimiento De La Calidad Del Aire. Manual De Diseño De Sistemas De Vigilancia De La Calidad Del Aire. MAVDT.

### 5.3.6.1. Cálculo del ICA

El ICA será calculado a partir de la siguiente ecuación, que corresponde a la metodología utilizada por la EPA para el cálculo del AQI y será reportado el mayor valor que se obtenga del cálculo de cada uno de los contaminantes medidos.

$$I_p = \frac{I_{Hi} - I_{Lo}}{BP_{Hi} - BP_{Lo}} (C_p - BP_{Lo}) + I_{Lo}$$

Donde:

- $I_p$  = Índice para el contaminante p
- $C_p$  = Concentración medida para el contaminante p
- $BP_{Hi}$  = Punto de corte mayor o igual a CP
- $BP_{Lo}$  = Punto de corte menor o igual a CP
- $I_{Hi}$  = Valor del Índice de Calidad del Aire correspondiente al  $BP_{Hi}$
- $I_{Lo}$  = Valor del Índice de Calidad del Aire correspondiente al  $BP_{Lo}$

## 6. RESULTADOS

Considerando que corresponde al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), determinar las normas ambientales mínimas y las regulaciones de carácter general aplicables a todas las actividades que puedan producir de manera directa o indirecta daños ambientales y dictar regulaciones de carácter general para controlar y reducir la contaminación atmosférica en el territorio nacional. Así mismo que, corresponde al Ministerio establecer la Norma nacional de calidad del aire o nivel de inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia y establecer la concentración y el tiempo de exposición de los contaminantes para cada uno de los niveles de prevención, alerta y emergencia.

A continuación, en la **Tabla 22**. Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio, Resolución 2254 del 01 de noviembre de 2017, se presentan las normas de calidad del aire, de acuerdo con la Resolución número 2254 del 01 de noviembre de 2017 (MADS), donde se establecen los niveles máximos permisibles a condiciones de referencia para contaminantes criterio, los cuales se calculan por promedio para los parámetros analizados. Para los parámetros los COV no tienen un valor de referencia con respecto a la normativa o normativas emitidas en el país.

**Tabla 22. Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio, Resolución 2254 del 01 de noviembre de 2017**

Contaminante	Nivel Máximo Permissible ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Tiempo de Exposición
PM10	50	Anual
	75*	24 horas

*Fuente: Resolución 2254 del 01 de noviembre de 2017, Emitida por el Ministerio de Ambiente y desarrollo Sostenible.*

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para PM<sub>10</sub> y COV - HCT en la estación de muestreo descrita en el inciso 5.3.1. Los resultados de las muestras obtenidas en el trabajo desarrollado se comparan con las normas de calidad de aire establecidas en la Resolución 2254 de 2017.

Para los parámetros PM<sub>10</sub> se procede a realizar su análisis diario, teniendo en cuenta que la normativa establece un valor permisible máximo diario, así como para el caso del parámetro de COV de 1 hora diaria.

**Tabla 23. Resultados reportados en la Estación 3**

Estación 3		
Día	Fecha	Concentración $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Final	PM <sub>10</sub>
Día 1	25/09/2023	32,22
	ELABORADO POR: SOLAMCOL S.A.S	
	INF_582_2023	
		Página 36 de 52

Estación 3		
Día	Fecha	Concentración $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Final	PM <sub>10</sub>
Día 2	26/09/2023	33,15
Día 3	27/09/2023	60,95
Día 4	28/09/2023	74,92
Día 5	29/09/2023	41,63
Día 6	30/09/2023	74,71
Día 7	1/10/2023	66,02
Día 8	2/10/2023	68,29
Día 9	3/10/2023	53,15
Día 10	4/10/2023	22,27
Día 11	5/10/2023	22,11
Día 12	6/10/2023	67,39
Día 13	7/10/2023	73,40
Día 14	8/10/2023	73,97
Día 15	9/10/2023	73,93
Día 16	10/10/2023	69,51
Día 17	11/10/2023	72,10
Día 18	12/10/2023	36,71
<b>Días monitoreados</b>		18
<b>Muestras validas</b>		18
<b>% Datos validos</b>		100%
<b>Max</b>		74,92
<b>Min</b>		22,11
<b>Media</b>		56,47
<b>Varianza</b>		379,97
<b>Desviación estándar</b>		19,49
<b>Coefficiente de variación</b>		0,35

Fuente: SOLAMCOL S.A.S., 2023.

**Tabla 24. Resultados reportados en la Estación 4**

Estación 4		
Día	Fecha	Concentración $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Final	PM <sub>10</sub>
Día 1	25/09/2023	43,99
Día 2	26/09/2023	61,57
Día 3	27/09/2023	46,72
Día 4	28/09/2023	47,01
Día 5	29/09/2023	1,20
	ELABORADO POR: SOLAMCOL S.A.S	
	INF_582_2023	
		Página 37 de 52

Día 6	30/09/2023	53,88
Día 7	1/10/2023	68,50
Día 8	2/10/2023	73,24
Día 9	3/10/2023	63,84
Día 10	4/10/2023	21,89
Día 11	5/10/2023	21,51
Día 12	6/10/2023	67,62
Día 13	7/10/2023	67,85
Día 14	8/10/2023	68,57
Día 15	9/10/2023	73,13
Día 16	10/10/2023	40,86
Día 17	11/10/2023	26,63
Día 18	12/10/2023	7,97
<b>Días monitoreados</b>		18
<b>Muestras validas</b>		18
<b>% Datos validos</b>		100%
<b>Max</b>		73,24
<b>Min</b>		1,20
<b>Media</b>		47,55
<b>Varianza</b>		532,96
<b>Desviación estándar</b>		23,09
<b>Coefficiente de variación</b>		0,49

*Fuente: SOLAMCOL S.A.S., 2023.*

### 6.1. Material particulado menor a 10 micrómetros (PM<sub>10</sub>)

Las partículas de PM<sub>10</sub> son contaminantes constituidos por material líquido y sólido que se encuentran en el medio y tienen diversas fuentes tanto artificiales como naturales, asimismo, se obtienen de fuentes móviles o estacionarias; la importancia de su medición radica en los efectos adversos que puede ocasionar a la salud humana como el deterioro de la función pulmonar, irritación ocular, entre otros.

En la **Tabla 23** y **Tabla 24** se presentan los resultados de material particulado menor a 10 micrómetros (PM<sub>10</sub>) en los puntos de interés del proyecto; para la presente campaña se identificó días de alta concentración de material particulado en las estación 3 y 4, por lo que se realizó una caracterización de las posibles fuentes o focos de contaminación evidenciando por parte del equipo técnico que hubo actividades de maquinaria pesada relacionada a la operación portuaria, jornadas de flujo de vehicular así como la operación de equipos de tecno mecánicos. las concentraciones, además que las condiciones topográficas del área se caracterizan por zonas sin pavimentar, por lo que las partículas sólidas como el polvo, cenizas, hollín, cemento y/o polen pueden contribuir en el monitoreo. Sin embargo, es de destacar que los resultados obtenidos en las dos estaciones cumplen a satisfacción con los límites máximos permisibles de la normatividad

	ELABORADO POR: SOLAMCOL S.A.S	Página 38 de 52
	INF_582_2023	

aplicable, en este caso, la Resolución 2254 de 2017 al reportar valores inferiores a  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Valor límite diario permisible).

En la **Gráfica 6 y Gráfica 7** se presentan los datos individuales por día obtenidos en las estaciones de monitoreo en el periodo de tiempo donde se presenta un comportamiento variable en los días muestreados en cada estación, ya que como se especifica anteriormente, se pudo observar días con actividad industrial en inmediaciones de las dos estaciones, por lo que para la presente campaña de monitoreo se obtienen valores de  $\text{PM}_{10}$  en la estación 3 entre  $22.11 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a  $74.92 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mientras que en la estación 4 se obtuvieron valores entre  $1.20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a  $73.24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Cabe destacar que, la variabilidad de los factores meteorológicos puede contribuir por medio del arrastre de partículas sólidas en el área, puesto que se registró corrientes de vientos de  $4.2 \text{ m/s}$ , datos que pueden influir directamente en los resultados de material particulado.

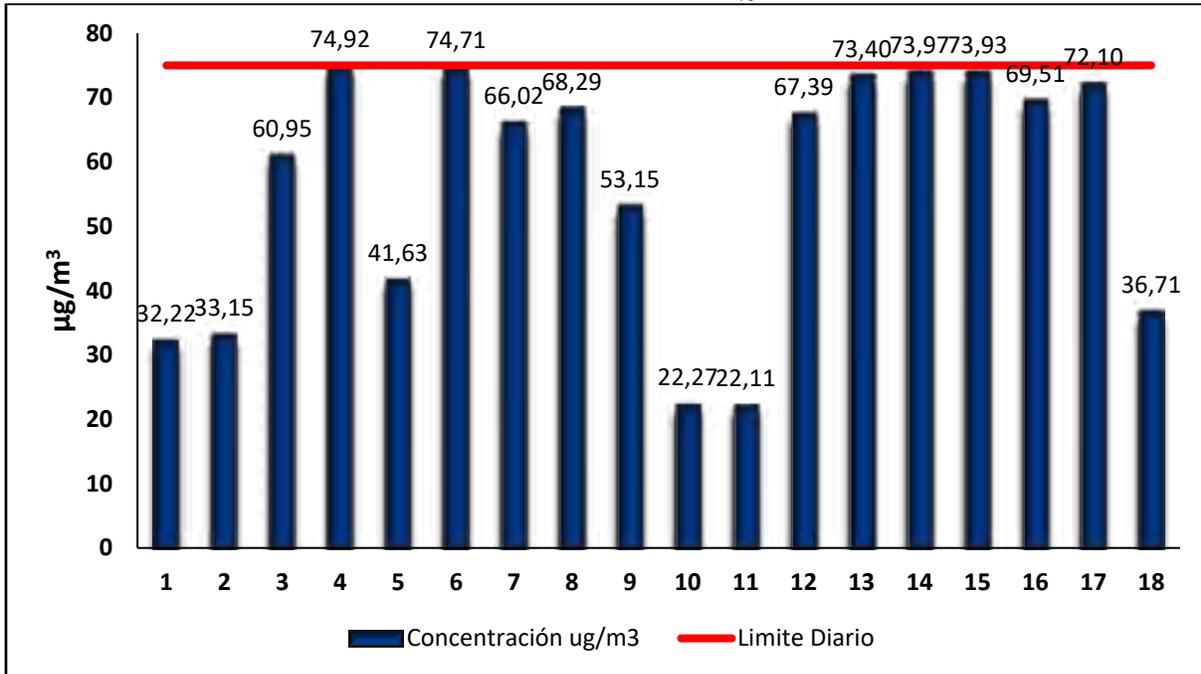
**Tabla 25. Concentraciones de  $\text{PM}_{10}$** 

PM <sub>10</sub>						
Día	Estación 3 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Cumple	Máximo permisible diario*	Estación 4 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Máximo permisible diario*	Cumple
Día 1	32,22	Si	75	43,99	75	Si
Día 2	33,15	Si		Si		
Día 3	60,95	Si		Si		
Día 4	74,92	Si		Si		
Día 5	41,63	Si		Si		
Día 6	74,71	Si		Si		
Día 7	66,02	Si		Si		
Día 8	68,29	Si		Si		
Día 9	53,15	Si		Si		
Día 10	22,27	Si		Si		
Día 11	22,11	Si		Si		
Día 12	67,39	Si		Si		
Día 13	73,40	Si		Si		
Día 14	73,97	Si		Si		
Día 15	73,93	Si		Si		
Día 16	69,51	Si		Si		
Día 17	72,10	Si		Si		
Día 18	36,71	Si		Si		

\* Valor máximo permisible establecido en Resolución No. 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

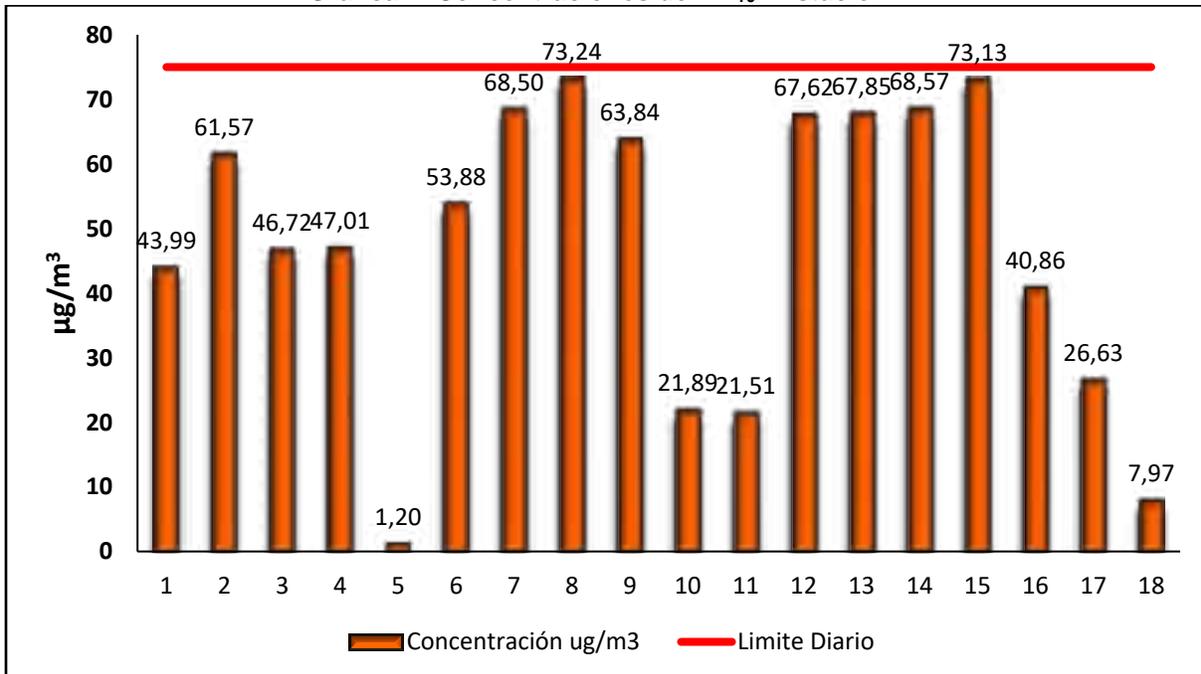
Fuente: mcs consultoría, 2023.

**Gráfica 6. Concentraciones de PM<sub>10</sub>– Estación 3**



Fuente: SOLAMCOL S.A.S., 2023.

**Gráfica 7. Concentraciones de PM<sub>10</sub>– Estación 4**



Fuente: SOLAMCOL S.A.S., 2023.

## 6.2. HCT – COV y BTEX

La contaminación ambiental puede ser natural o antropogénica, que causa la presencia de determinadas sustancias que interfieren con la salud y el bienestar de los habitantes. En el caso específico del proyecto los contaminantes se encuentran principalmente en la combustión de gasolina o Diesel por consecuencia de las actividades realizadas, por esta razón se determinó benceno, tolueno, etilbenceno, m/p-xileno y o-xileno (BTEX), considerados como contaminantes de origen antropogénico, en el aire e Hidrocarburos Totales-Compuestos Orgánicos Volátiles – HCT-COV. Para la presente campaña de monitoreo de 2023, las actividades de campo indicaron que no hubo fuentes de generación que impliquen un impacto negativo en los receptores y el ambiente, esto debido que en los dos puntos de monitoreo se reportó bajas concentraciones de este contaminante en el área de influencia del proyecto, las concentraciones pueden deberse a las actividades normales de la zona, influencia de los vientos y otros factores meteorológicos presentes durante la campaña de monitoreo

Cabe recordar que la normativa aplicable no establece un valor determinado para lo que es Hidrocarburos Totales - Compuestos Orgánicos Volátiles.

**Tabla 26. Estación 3 – VOC'S - HTC**

Fecha toma de muestra	Volumen ref (mL)		Volumen ref (m <sup>3</sup> )		Masa (mg)		Concentración (ug/m <sup>3</sup> )
	Tubo 1 (4L)	Tubo 2 (1L)	Tubo 1 (4L)	Tubo 2 (1L)	Tubo 1 (4L)	Tubo 2 (1L)	
24/08/2023	3,78	1,00	0,00378098	0,000995	< 0,008	< 0,008	2,12
25/08/2023	3,89	0,98	0,00389014	0,000978	< 0,008	< 0,008	2,06
26/08/2023	3,83	0,99	0,00383373	0,000990	< 0,008	< 0,008	2,09
27/08/2023	3,83	1,00	0,0038257	0,000998	< 0,008	< 0,008	2,09
28/08/2023	3,77	1,01	0,00376514	0,001010	< 0,008	< 0,008	2,12
29/08/2023	3,81	1,00	0,00380742	0,001001	< 0,008	< 0,008	2,10
30/08/2023	3,86	0,99	0,00385536	0,000993	< 0,008	< 0,008	2,08
31/08/2023	3,86	1,00	0,00386449	0,000998	< 0,008	< 0,008	2,07
1/09/2023	3,86	0,98	0,00386194	0,000984	< 0,008	< 0,008	2,07
2/09/2023	3,89	0,97	0,00388501	0,000975	< 0,008	< 0,008	2,06
3/09/2023	3,96	1,03	0,00395953	0,001034	< 0,008	< 0,008	2,02
4/09/2023	3,75	0,95	0,00374897	0,000945	< 0,008	< 0,008	2,13
5/09/2023	3,73	0,95	0,00373294	0,000945	< 0,008	< 0,008	2,14
6/09/2023	3,74	1,06	0,00373673	0,001063	< 0,008	< 0,008	2,14
7/09/2023	3,93	1,06	0,00393388	0,001063	< 0,008	< 0,008	2,03
8/09/2023	4,01	0,95	0,00401199	0,000945	< 0,008	< 0,008	1,99
9/09/2023	3,86	1,06	0,00386194	0,001063	< 0,008	< 0,008	2,07
10/09/2023	3,93	0,97	0,00393128	0,000975	< 0,008	< 0,008	2,03

Fuente: SOLAMCOL S.A.S., 2023.

	ELABORADO POR: SOLAMCOL S.A.S	Página 41 de 52
	INF_582_2023	

**Tabla 27. Estación 4 – VOC'S - HTC**

Fecha toma de muestra	Volumen ref (L)		Volumen ref (m <sup>3</sup> )		Masa (mg)		Concentración (ug/m <sup>3</sup> )
	Tubo 1 (4L)	Tubo 2 (1L)	Tubo 1 (4L)	Tubo 2 (1L)	Tubo 1 (4L)	Tubo 2 (1L)	
24/08/2023	3,78	0,99	0,00377871	0,000995	< 0,008	< 0,008	2,12
25/08/2023	3,89	0,98	0,0038878	0,000977	< 0,008	< 0,008	2,06
26/08/2023	3,83	0,99	0,00383142	0,000989	< 0,008	< 0,008	2,09
27/08/2023	3,82	1,00	0,0038234	0,000998	< 0,008	< 0,008	2,09
28/08/2023	3,76	1,01	0,00376288	0,001010	< 0,008	< 0,008	2,13
29/08/2023	3,81	1,00	0,00380513	0,001001	< 0,008	< 0,008	2,10
30/08/2023	3,85	0,99	0,00385304	0,000992	< 0,008	< 0,008	2,08
31/08/2023	3,86	1,00	0,00386217	0,000998	< 0,008	< 0,008	2,07
1/09/2023	3,86	0,98	0,00385962	0,000983	< 0,008	< 0,008	2,07
2/09/2023	3,88	0,97	0,00388268	0,000974	< 0,008	< 0,008	2,06
3/09/2023	3,96	1,03	0,00395715	0,001033	< 0,008	< 0,008	2,02
4/09/2023	3,75	0,94	0,00374672	0,000945	< 0,008	< 0,008	2,14
5/09/2023	3,73	0,94	0,00373069	0,000945	< 0,008	< 0,008	2,14
6/09/2023	3,73	1,06	0,00373449	0,001063	< 0,008	< 0,008	2,14
7/09/2023	3,93	1,06	0,00393152	0,001063	< 0,008	< 0,008	2,03
8/09/2023	4,01	0,94	0,00400958	0,000945	< 0,008	< 0,008	2,00
9/09/2023	3,86	1,06	0,00385962	0,001063	< 0,008	< 0,008	2,07
10/09/2023	3,93	0,97	0,00392892	0,000974	< 0,008	< 0,008	2,04

*Fuente: SOLAMCOL S.A.S., 2023.*

### 6.3. Índice De Calidad del Aire (ICA)

Según la información presentada en relación con el cálculo del ICA se procedió a calcular el índice para los contaminantes criterio: PM<sub>10</sub>. Por lo que para este contaminante criterio mencionado anteriormente se aplicó la ecuación explicada en el inciso 5.1.7.2, teniendo en cuenta los valores para los puntos de corte de cada contaminante (Ver **Tabla 28**). Los resultados obtenidos para el monitoreo ejecutado se observan a continuación:

**Tabla 28. Índices de Calidad del Aire**

FECHA	ESTACIÓN 3		ESTACIÓN 4	
	PM10		PM10	
24-ago	30	Verde Buena	41	Verde Buena
25-ago	31	Verde Buena	57	Amarillo Aceptable
26-ago	56	Amarillo Aceptable	43	Verde Buena
27-ago	69	Amarillo Aceptable	44	Verde Buena
28-ago	39	Verde Buena	1	Verde Buena
29-ago	69	Amarillo Aceptable	50	Verde Buena
30-ago	61	Amarillo Aceptable	63	Amarillo Aceptable
31-ago	63	Amarillo Aceptable	68	Amarillo Aceptable
1-sep	50	Amarillo Aceptable	59	Amarillo Aceptable
2-sep	21	Verde Buena	20	Verde Buena
3-sep	20	Verde Buena	20	Verde Buena
4-sep	62	Amarillo Aceptable	63	Amarillo Aceptable
5-sep	60	Amarillo Aceptable	63	Amarillo Aceptable
6-sep	68	Amarillo Aceptable	63	Amarillo Aceptable
7-sep	68	Amarillo Aceptable	68	Amarillo Aceptable
8-sep	64	Amarillo Aceptable	38	Verde Buena
9-sep	67	Amarillo Aceptable	25	Verde Buena
10-sep	34	Verde Buena	7	Verde Buena

CATEGORIA PM10	BUENA	ACEPTABLE	DAÑINA
I ALTO	50	100	150
I BAJO	0	51	101
PC ALTO	54	154	254
PC BAJO	0	55	155

Fuente: SOLAMCOL S.A.S., 2023.

Lo anterior, permite concluir que para el parámetro de Material Particulado menor a 10 micrómetros (**PM<sub>10</sub>**), en la campaña de monitoreo actual presentan un ICA clasificado como calidad de aire “Buena” y “aceptable” en los días monitoreados, según se establece en la tabla 35 del Manual de operación de sistemas de vigilancia de la calidad del aire, emitido por el IDEAM.

Las actividades reportadas como fuentes directas para el aumento de concentraciones de PM 10, más el comportamiento variable de la meteorología del sitio pueden afectar la calidad de este parámetro, por lo que es importante establecer controles de cómo se están realizando dichos procesos y sobre todo el seguimiento de estos para que no haya un impacto significativo en las condiciones del área de influencia.

## 7. CONCLUSIONES

Los resultados de los monitoreos de calidad de aire en la ciudad de Cartagena, Bolívar permite concluir lo siguiente:

- Los resultados obtenidos de PM<sub>10</sub> en las dos (2) estaciones de monitoreo se encuentran por debajo del límite máximo permisible de 75 µg/m<sup>3</sup> para un tiempo de exposición de 24 horas según lo establecido en la resolución 2254 del 01 de noviembre de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, MADS. El índice de la calidad de aire para PM<sub>10</sub> clasifica como Buena y aceptable en el área de influencia por lo que no supone un riesgo para la salud.
- Los HCT-COV y BTEX mostraron bajas concentraciones en las dos estaciones, lo que indica que no se evidencia un riesgo para la salud pública, igualmente se aclara que no se emite juicio normativo debido a que la Resolución 2254 de 2017 ya que no establece límites específicos, Igualmente con el fin de dar un límite en la afectación que puede ocasionar los VOC's, La organización mundial de la salud establece como valor objetivo una concentración < 250 ug/m<sup>3</sup> para TVOC's por lo que se afirma que las concentraciones obtenidas en el presente monitoreo no presentan ningún riesgo para la salud humana.

## Recomendaciones

Se recomienda dar continuidad con los monitoreos de seguimiento de tal forma que se pueda evidenciar el aporte de contaminantes criterio en el área de estudio, asimismo, es aconsejable dar seguimiento a las medidas de control actuales con ánimo de no incurrir en un incremento de concentraciones que pueda impactar negativamente el ambiente y a los receptores del área de influencia.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

**APHA INTERSOCIETY COMMITTEE.** *Methods of Air Sampling and Analysis. Second Edition.* American Public Health Association. Washington D.C. 1985.

**DE NEVERS, N.** Ingeniería de Control de la Contaminación del Aire. MC Graw Hill. 1998.

**E.P.A. – ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY.** Compilation of air Pollutant Emission Factors. Supplement 14. Chapter 11.2.3. 1977.

\_\_\_\_\_. Compilation of Air Pollutant Emission Factors. 1995.

**E ROBERTS ALLEY & ASSOCIATES, INC.** Air Quality Control Handbook. 1998.

\_\_\_\_\_. Protocolo para la vigilancia y seguimiento del módulo aire del sistema de información ambiental. 2005.

**ICONTEC.** Norma NTC ISO/IEC 17025:1999.

\_\_\_\_\_. Norma NTC 3704. Gestión Ambiental. Aire Ambiente. Determinación de la Concentración de Partículas en el Aire Ambiente. 1995.

**MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL.** Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire. *Manual de diseño de sistemas de vigilancia de la calidad del aire.* Bogotá, octubre 2010.

**MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL (MAVDT, hoy MADS).** Resolución 627 de 2006. Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental. Bogotá, D.C. Colombia.

**OPS/OMS & CEPIS/OPS.** Guías para la Calidad del Aire. Publicación 04.110 .2004.

**REDAIRE (Red de Vigilancia de la Calidad del Aire).** Protocolo para el muestreo de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) utilizando el equipo tres gases. 2006.

\_\_\_\_\_. Protocolo para el muestreo de partículas suspendidas totales (PST y PM<sub>10</sub>) utilizando el equipo muestreador de calidad del aire alto volumen Hi-Vol. 2006.

**SEINFELD, J.E.** Contaminación Atmosférica; Fundamentos Físicos y Químicos. Instituto de Estudios de Administración Local. Madrid, 1978.

**TISCH ENVIRONMENTAL, INC.** OPERATIONS MANUAL, Particulate Matter 10 Microns and less High Volume Air Sampler, based on U.S. EPA Federal Reference Number RFPS-0202- 141.

2006.

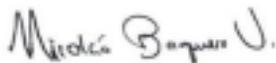
**UNITED NATIONS.** Urban air pollution in megacities of the world. United Nations Environmental Program and World Health Organization. Appendix 1.

**USEPA.** CFR Title 40 Parts 52-59, 1995.

\_\_\_\_\_ . Compilation of Air Pollutant Emission Factor. 5a Ed. 1995.

El presente informe fue elaborado y aprobado por:

Elaborado por:



---

Nicolás Baquero Vargas  
Ingeniero de Proyectos  
SOLAMCOL S.A.S

Aprobado por:



---

Juan David Varón C.  
Gerente General  
SOLAMCOL S.A.S

**solamcol**

# INFORME TÉCNICO DE RUIDO AMBIENTAL CORPORACIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA NAVAL MARÍTIMA Y FLUVIAL (COTECMAR) – BOCAGRANDE

COTECMAR- INF\_575\_2023

CARTAGENA, BOLÍVAR - AGOSTO 2023

**SOLAMCOL S.A.S.**

## ÍNDICE GENERAL

1. CONTROL DE DOCUMENTO .....	5
2. GLOSARIO .....	6
3. INTRODUCCIÓN .....	9
4. OBJETIVOS.....	10
4.1. Objetivo general .....	10
4.2. Objetivos específicos.....	10
5. GENERALIDADES.....	11
5.1. Normas Aplicables.....	11
5.2. Origen de la Contaminación por Ruido .....	13
5.2.1. Características del Ruido .....	13
6. PROCESO METODOLÓGICO.....	15
6.1. Fuentes generadoras de ruido.....	15
6.2. Receptores de ruido .....	15
6.3. Trabajo de campo.....	15
7. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	17
7.1. Datos de la medición .....	17
7.2. Datos meteorológicos .....	17
7.3. Equipos utilizados.....	18
7.4. Técnicas de medición .....	20
7.5. Ruido ambiental.....	21
7.6. Cálculos realizados .....	21
7.6.1. Determinación de valores de ajusteK.....	22
7.6.2. Incertidumbre de medición .....	24
7.6.3. Interpretación de resultados.....	25
8. LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN.....	27
9. RESULTADOS.....	30
9.1. Ruido Ambiental .....	30
9.1.1. Análisis de resultados .....	31
9.1.2. Correcciones por tonalidad e impulsividad .....	33
9.1.3. Incertidumbre de la medición .....	33
9.1.4. Intervalos de confianza .....	34
10. CONCLUSIONES .....	35
11. BIBLIOGRAFÍA.....	36

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Normatividad nacional aplicable para componente ruido.....	11
Tabla 2. Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental, expresados en decibeles dB(A), según la Resolución 627 del 7 de abril de 2006 artículo 17.....	12

Tabla 3. Principales fuentes generadores de ruido .....	13
Tabla 4. Fuentes de emisión de ruido. ....	15
Tabla 5. Datos generales de la medición. ....	17
Tabla 6. Responsables de las mediciones .....	17
Tabla 7. Datos de las mediciones de ruido ambiental (día hábil).....	18
Tabla 8. Datos de las mediciones de ruido ambiental (día no hábil).....	18
Tabla 9. Equipos empleados durante la medición. ....	19
Tabla 10. Técnica de medición utilizada.....	20
Tabla 11. Cálculos realizados para determinación de los valores de Ajustes K.....	24
Tabla 12. Cálculos realizados. ....	25
Tabla 13. Comparación resultados obtenidos con límite permisible horario diurno y nocturno (Sector C). ....	30
Tabla 14. Incertidumbre de la medición. ....	34
Tabla 15. Intervalos de confianza Ruido Ambiental.....	34

## ÍNDICE DE FIGURAS

Gráfica 1. Niveles de presión sonora registrados durante el monitoreo de ruido ambiental en el horario diurno día hábil y no hábil (Sector C) .....	32
Gráfica 2. Niveles de presión sonora registrados durante el monitoreo de ruido ambiental en el horario nocturno día hábil y no hábil (Sector C) - multitemporal.....	33

## ANEXOS

- Anexo 1.** Soportes de campo
- Anexo 2.** Certificado de calibración
- Anexo 3.** Resoluciones de acreditación
- Anexo 4.** Memorias de Cálculo

**1. CONTROL DE DOCUMENTO**

INFORMACIÓN DEL CLIENTE		
NOMBRE DEL CLIENTE:	COTECMAR	
CIUDAD / DEPARTAMENTO:	CARTAGENA, BOLÍVAR	
NOMBRE CONTACTO:	TENIENTE CARLOS GUZMAN	
INFORMACION DE MONITOREO		
MATRIZ AMBIENTAL:	RUIDO	
TIPO DE MONITOREO:	RUIDO AMBIENTAL	
PUNTOS DE MONITOREO	RA1 RA2 RA3 RA4	RUIDO AMBIENTAL
HORA DE MONITOREO:	DIURNO: 7:01 A LAS 21:00 HORAS NOCTURNO: 21:01 A LAS 7:00 HORAS	
CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS PERIODO DE MONITOREO:	VER NUMERAL 5	
FECHA DE MUESTREO:	DÍA HÁBIL:	DÍA FESTIVO:
	25/08/2023	27/08/2023
GENERACIÓN DE INFORME		
TÍTULO DEL INFORME:	INFORME TÉCNICO DE RUIDO AMBIENTAL CORPORACIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA NAVAL MARÍTIMA Y FLUVIAL (COTECMAR) – BOCAGRANDE	
CODIGO DEL INFORME:	INF_575_2023	
VERSION DEL INFORME:	VERSIÓN 0	
FECHA EXPEDICIÓN INFORME MONITOREO E INTERPRETACIÓN:	23/10/2023	
ELABORÓ:	Nicolas Baquero Vargas Solamcol S.A.S Ingeniero de Proyectos	

Nota: No se debe reproducir este documento parcialmente o en su totalidad sin la respectiva aprobación de Solamcol S.A.S con el fin de prevenir que las partes de este se tomen fuera de contexto.

## 2. GLOSARIO

**Decibel dB(A):** Unidad de medida de nivel sonoro con ponderación frecuencial A.

**Filtros de tercios de octava:** dispositivo que permite efectuar análisis de una señal acústica, en bandas de tercios de octava.

**Fuente:** Elemento que origina la energía mecánica vibratoria, definida como ruido o sonido. Puede considerarse estadísticamente como una familia de generadores de ruido que pueden tener características físicas diferentes, distribuidas en el tiempo y en el espacio.

**Nivel sonoro continuo equivalente (Leq):** es el nivel en dBA de un ruido constante hipotético correspondiente a la misma cantidad de energía acústica que el ruido real considerado, en un punto determinado durante un período de tiempo T.

**LRA, eq, 1 h:** nivel corregido de presión sonora continua equivalente ponderado A medido en una hora.

**Norma de ruido ambiental:** Es el valor establecido por la autoridad ambiental competente, para mantener un nivel permisible de presión sonora, según las condiciones y características de uso del sector, de manera tal que proteja la salud y el bienestar de la población expuesta, dentro de un margen de seguridad.

**Presión sonora:** es la diferencia entre la presión total instantánea en un punto cuando existe una onda sonora y la presión estática en dicho punto.

**Ruido de baja frecuencia:** es aquel que posee una energía acústica significativa en el intervalo de frecuencias de 8 a 100 Hz. Este tipo de ruido es típico en grandes motores diésel de trenes, barcos y plantas de energía y, puesto que este ruido es difícil de amortiguar, se extiende fácilmente en todas direcciones y puede ser oído a muchos kilómetros.

**Ruido impulsivo:** es aquel en el que se presentan variaciones rápidas de un nivel de presión sonora en intervalos de tiempo mínimos, es breve y abrupto, por ejemplo, troqueladoras, pistolas, entre otras.

**Ruido residual:** ruido total cuando los ruidos específicos en consideración son suspendidos. El ruido residual es el ruido ambiental sin ruido específico. No debe confundirse con el ruido de fondo.

**Ruido tonal:** es aquél que manifiesta la presencia de componentes tonales, es decir, que mediante un análisis espectral de la señal en 1/3 (un tercio) de octava, si al menos uno de los tonos es mayor en 5 dBA que los adyacentes, o es claramente audible, la fuente emisora tiene características tonales. Frecuentemente las máquinas con partes rotativas tales como motores, cajas de cambios, ventiladores y bombas, crean tonos. Los desequilibrios o impactos repetidos causan vibraciones que, transmitidas a través de las superficies al aire, pueden ser oídos como tonos.

**Sonómetro:** es un instrumento de medición de presión sonora, compuesto de micrófono, amplificador, filtros de ponderación e indicador de medida, destinado a la medida de niveles sonoros, siguiendo unas determinadas especificaciones.

**LISTADO DE ABREVIATURAS**

<b>dB</b>	Decibelio o Decibel
<b>Frec.</b>	Frecuencia
<b>Hz</b>	Hercio o Hertz
<b>L10</b>	Percentil 10 de ruido. Nivel de ruido sobrepasado en el 10 % de la medición
<b>L90</b>	Percentil 90 de ruido. Nivel de ruido sobrepasado en el 90 % de la medición
<b>LAE o SEL</b>	Nivel de exposición sonora ponderado A
<b>Leq</b>	Nivel de presión sonora continuo equivalente
<b>Lleq</b>	Nivel equivalente con ponderación temporal Impulse
<b>LAeq</b>	Nivel de presión sonora Continuo Equivalente con ponderación frecuencial [A]
<b>LRAeq</b>	Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado [A]
<b>MAVDT</b>	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
<b>MADS</b>	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

### 3. INTRODUCCIÓN

El ruido es uno de los principales problemas ambientales de la vida moderna y es inseparable de las actividades humanas, del crecimiento urbano y tecnológico. En general el ruido se define como todo sonido no deseado por el receptor. El daño auditivo es el efecto más grave causado por el ruido, pero la molestia generada por ciertas características del sonido puede reducir la calidad de vida para aquellos afectados por el ruido.

Con el fin de implantar un control de aquellas situaciones que generen ruido o de caracterizar un área específica, se instauraron normas nacionales e internacionales que establecen un nivel mínimo de confort acústico para el ecosistema, la sociedad y el desarrollo industrial.

El monitoreo de ruido busca medir los niveles de presión sonora de ruido ambiental, verificando que los registrados cumplan con lo establecido por la Resolución 627 del 07 de abril de 2006 por la cual se establece la norma nacional de ruido ambiental del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

Por solicitud de la empresa **COTECMAR** se determinaron los niveles de presión sonora en la ciudad de Cartagena, departamento de Bolívar; monitoreo que estuvo a cargo de la empresa SOLAMCOL S.A.S en alianza con MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental, quienes, en conformidad con la normatividad ambiental vigente, cuenta con la acreditación para este tipo de monitoreos y análisis de estos, mediante la Resolución de Renovación y Extensión N° 0775 de 14 de septiembre de 2020 emitidas por el IDEAM.

Conforme a los objetivos del estudio se ejecutó un monitoreo de ruido ambiental en cuatro (4) puntos. Las mediciones se realizaron en día no hábil y día hábil comprendido los días 25 y 27 de agosto de 2023, período en el cual se tomaron lecturas para verificar los Niveles de Presión Sonora (NPS) y realizar su comparación con la normatividad ambiental, específicamente la Resolución 0627 del 7 de abril de 2006, emitida por el MAVDT hoy MADS.

El presente documento técnico incluye el objeto de estudio, metodología utilizada, resultados de monitoreo y comparación con la resolución mencionada anteriormente para establecer el cumplimiento ambiental. Dentro de los anexos de este informe se incluyen: Acreditación ante el IDEAM (**Anexo 3. Resoluciones de acreditación**), la calibración de los equipos empleados para este tipo de monitoreo (**Anexo 2. Certificado de calibración**), los formatos de campo diligenciados a lo largo del monitoreo (**Anexo 1. Soportes de campo**), las correcciones por tonalidad e impulsividad (**Anexo 4. Memorias de cálculo**)

#### 4. OBJETIVOS

##### 4.1. Objetivo general

Realizar el monitoreo de ruido ambiental a través de la medición de los niveles de presión sonora, así como su respectiva verificación del cumplimiento de los estándares de ruido ambiental establecidos en la normatividad legal vigente. en el área de influencia del proyecto de interés para la empresa **COTECMAR**.

##### 4.2. Objetivos específicos

- Presentar los resultados multitemporales del monitoreo de ruido ambiental en horario diurno y nocturno, en día hábil y día no hábil, en el área del proyecto del COTECMAR.
- Comparar los niveles de presión sonora con respecto a los límites permisibles establecidos en la Resolución No. 0627 del 7 de abril de 2006, emitida por el MAVDT hoy MADS.

## 5. GENERALIDADES

### 5.1. Normas Aplicables

**Tabla 1. Normatividad nacional aplicable para componente ruido.**

Entidad	Norma	Numeral	Descripción
Presidencia de la República	Decreto 2811 del 18 de Diciembre de 1974	Artículo 33	Establece las condiciones y requisitos necesarios para preservar y mantener la salud y la tranquilidad de los habitantes, mediante control de ruidos, originados en actividades industriales, comerciales, domésticas, deportivas, de esparcimiento, de vehículos de transporte, o de otras actividades análogas.
Presidencia de la República	Constitución Nacional de 1991	Capítulo III Artículos 79 y 80 del Capítulo III	"Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo" "Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados"
Congreso de Colombia	Ley 99 de 1993	-	Se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, encargando a las autoridades ambientales de ejercer la evaluación, control, y seguimiento ambiental de los usos del agua, suelo, aire y demás recursos renovables, entre otras disposiciones
Presidente de la República	Decreto 948 de 1995 modificado por el Decreto 979 de 2006	Artículo 14-y 15	Norma marco para el componente aire, en él se establecen los estándares máximos permisibles para emisión de ruido y ruido ambiental
MAVDT	Resolución 627 de 2006	Artículo 2º	Se fija la norma de emisión de ruido y ruido ambiental para todo el territorio nacional.
MADS	Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015	Título 5, Aire, Capítulo 1	Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible

**Fuente:** Recopilación de normatividad nacional de Colombia.

Para aquellas zonas donde se generan procesos industriales, los resultados del monitoreo se comparan con los valores de referencia tomados de la Resolución 627 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, mediante la cual se establece la norma de ruido ambiental.

En esta resolución se contempla la metodología de muestreo la cual estipula los horarios (Artículo 2), los parámetros de medida (Artículo 4), los intervalos unitarios de tiempo de medida (Artículo 5), ajustes (Artículo 6), la aplicabilidad de ruido ambiental (Artículo 14) el intervalo de tiempo de referencia (Artículo 15), los estándares máximos permisibles de ruido ambiental (Artículo 17). Así mismo, dicha metodología también abarca los anexos 1, 2, 3, 4 y 5 de esta norma. Los valores de referencia se toman del Capítulo III, Tabla 2 de la Resolución en mención, para establecer los estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en la fila correspondiente a "Sector C. Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.". (Ver **Tabla 2**).

**Tabla 2. Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental, expresados en decibeles dB(A), según la Resolución 627 del 7 de abril de 2006 artículo 17.**

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A)	
		Día	Noche
Sector A. Tranquilidad y Silencio	Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	55	45
Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	65	50
	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.		
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.		
Sector C. Ruido Intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	70
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, restaurantes.	70	55
	Zonas con usos permitidos de oficinas.	65	50
	Zonas con usos institucionales.		
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre, vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales	80	70
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Residencial suburbana.	55	45
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.		
	Zonas de Recreación y descanso, como parques y reservas naturales.		
Sector seleccionado	Subsectores y estándares máximos permisibles que aplican para el monitoreo de ruido ambiental realizado en el área de estudio		

**Fuente:** Resolución 627 del 07 de abril de 2006 artículo 17, emitida por el MAVDT hoy MADS.

## 5.2. Origen de la Contaminación por Ruido

En la **Tabla 3. Principales fuentes generadores de ruido**, se presenta una clasificación de fuentes generadoras de ruido, las cuales pueden ser de origen antropogénico o natural.

**Tabla 3. Principales fuentes generadores de ruido**

Fuente Generadora	Tipo de Fuente
Natural	Viento, sonido del mar, murmullo del agua, cascadas, entre otras
Antropogénica	Tráfico vehicular: pitos, alarmas, sirenas
	Transporte: Aviones, trenes, barcos
	Industria
	Actividades domésticas
	Discotecas, bares, espectáculos públicos y locales de esparcimiento
	Actividades militares

**Fuente:** Efectos del ruido sobre la salud. Ferrán Tolosa Cabani, 2003

### 5.2.1. Características del Ruido

De acuerdo con las características del ruido, éste puede clasificarse en continuo, intermitente, impulsivo, tonal y de baja frecuencia.

- **Ruido Continuo:** Es aquel cuyos niveles de presión sonora no presenta oscilaciones y se mantiene relativamente constante a través del tiempo, se produce por maquinaria que opera del mismo modo sin interrupción, por ejemplo, ventiladores, bombas y equipos de procesos industriales.
- **Ruido Intermitente:** Es aquel en el cual se presentan fluctuaciones bruscas y repentinas de la intensidad sonora en forma periódica, por ejemplo, una maquinaria que opera en ciclos, vehículos aislados o aviones.

**Ruido Impulsivo:** Es aquel en el que se presentan variaciones rápidas de un nivel de presión sonora en intervalos de tiempo mínimos, es breve y abrupto, por ejemplo, troqueladoras, pistolas, entre otras.

- **Ruido Tonal:** Es aquél que manifiesta la presencia de componentes tonales, es decir, que mediante un análisis espectral de la señal en 1/3 (un tercio) de octava, si al menos uno de los tonos es mayor en 5 dB(A) que los adyacentes, o es claramente audible, la fuente emisora tiene características tonales. Frecuentemente las máquinas con partes rotativas tales como motores, cajas de cambios, ventiladores y bombas, crean tonos. Los desequilibrios o impactos repetidos causan vibraciones que, transmitidas a través de las superficies al aire, pueden ser oídos como tonos.
- **Ruido de Baja Frecuencia:** Es aquel que posee una energía acústica significativa en el intervalo de frecuencias de 8 a 100 Hz. Este tipo de ruido es típico en grandes motores diésel de trenes, barcos y plantas de energía y, puesto que este ruido es difícil de amortiguar, se extiende fácilmente en todas direcciones y puede ser oído a muchos kilómetros.

## 6. PROCESO METODOLÓGICO

El monitoreo se realiza siguiendo el procedimiento estipulado en los Capítulo II y III del Anexo 3 de la Resolución 627 del 07 de abril de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible MADS, los cuales corresponden a las normas ANSI S1. Inicialmente se establece la zona de influencia, se determina el número de puntos evaluados y los tiempos de medición para la realización del monitoreo.

### 6.1. Fuentes generadoras de ruido

En la **Tabla 4** se resumen las principales fuentes de emisión de ruido identificadas en el área de estudio.

**Tabla 4. Fuentes de emisión de ruido.**

<b>Tráfico vehicular</b>
<u>Intermitente/ Lineal (Impulsivo/ Tonal)</u> En el área de estudio se evidenciaron vehículos que transitan constantemente, al estar en movimiento generan un ruido intermitente y lineal de carácter impulsivo por ser breve y abrupto; por los componentes internos de sus motores, los vehículos son susceptibles de generar ruido de carácter tonal. .
<b>Fuentes naturales: Viento y Fauna local</b>
<u>Intermitente/ Puntual (Impulsivo)</u> En la zona de estudio se evidencia poco ruido por presencia de la fauna local del área, únicamente se presentan aves destacadas por tener hábitos diurnos, además se presentan animales domésticos como perros, quienes generan un ruido de tipo intermitente, puntual e impulsivo, teniendo en cuenta que este tipo de ruido no se presenta de manera continua en el área de estudio

Fuente: Trabajo de campo, 2023.

### 6.2. Receptores de ruido

Se consideran receptores a los seres humanos que pueden verse afectados por el ruido generado en el área de estudio. Para el presente monitoreo, se identifica presencia de población a menos de 50 m de la zona activa de ruido, la cual corresponde en general a trabajadores de empresas e industrias que se encuentran en la zona.

### 6.3. Trabajo de campo

Para el monitoreo, se realiza una calibración acústica del micrófono del sonómetro y luego se ubica el micrófono a una altura de 4.0 metros. Las mediciones se toman empleando la escala de ponderación A (dBA) y en respuesta lenta (slow). En total se establecieron para el estudio cuatro (4) puntos estratégicamente distribuidos en el área de influencia y alrededores del proyecto de influencia del cliente COTECMAR, para la realización del monitoreo de ruido, en intervalos unitarios de tiempo de medida en cada una de las Cinco (5) direcciones (norte, sur, este, oeste y vertical), en horario diurno y horario nocturno, y en día hábil y día festivo.

	ELABORADO POR: SOLAMCOL S.A.S	Página 15 de 42
	INF_575_2023	

La selección de los sitios de medición se realizó en común acuerdo con el cliente en el cual se determinaron los puntos de interés, teniendo en cuenta los objetivos de estudio como lo son: identificar el impacto del nivel sonoro, por futuros proyectos, para obtener una línea base, y/o para obtener un diagnóstico del ruido ambiental (entorno) entre otros factores.

El micrófono siempre se protege con pantalla antiviento y se coloca sobre un trípode a la altura definida. Para la medición de la velocidad del viento se empleó una estación meteorológica ubicándola en el punto de monitoreo (altura), realizando la lectura de la velocidad durante la medición de ruido, estas mediciones deben efectuarse en tiempo seco, no debe haber lluvias, lloviznas, truenos o caída de granizo y los pavimentos deben estar secos, puesto que la velocidad del viento no debe ser superior a tres metros por segundo (3 m/s). La medición de la velocidad del viento debe hacerse a la misma altura a la que está ubicado el micrófono, y en el mismo momento y lugar donde se llevan a cabo las mediciones de ruido. Y si la velocidad del viento supera los 3m/s se debe seguir lo establecido en el párrafo del artículo 20 de la Resolución 627/2006; si lo es, se debe aplicar la respectiva corrección de acuerdo con las curvas de respuesta que el fabricante de las pantallas antiviento y micrófonos suministra. Las lecturas se registraron en las hojas de campo.

En las tablas a continuación, se puede observar de forma general los datos de las mediciones realizadas en el ruido ambiental.

## 7. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 7.1. Datos de la medición

En **Tabla 5** la se muestra la información general concerniente a la evaluación de ruido ambiental para el proyecto.

**Tabla 5. Datos generales de la medición.**

Aspecto	Valor
Localización	Cartagena, Bolívar
Horario de trabajo	Distribuido en horario diurno y nocturno Mediciones de ruido Ambiental día hábil: 25 de agosto de 2023 Mediciones de ruido Ambiental día no hábil: 27 de agosto de 2023
Sector de restricción de ruido ambiental	Se monitoreo 4 puntos en sector de restricción C
Condiciones meteorológicas*	Temperatura diurna: 29,22 °C Temperatura nocturna: 25,18 °C Velocidad del viento: 0.74 m/s a 1.58 m/s Dirección del viento predominante desde: 0
Procedimiento para la medición de la velocidad del viento	Se midió la velocidad del viento, a una distancia de 0,5 metros del sonómetro, verificando que esta no fuera mayor a 3 m/s.
Naturaleza / estado del terreno entre la fuente y el receptor	No se presentan barreras naturales, ni artificiales.

\*De acuerdo con lo registrado en los formatos de campo.

**Fuente:** Trabajo de campo, 2023.

En la **Tabla 6** se muestra la información del responsable del monitoreo de ruido ambiental:

**Tabla 6. Responsables de las mediciones**

Organización	SOLAMCOL S.A.S
Dirección de la empresa	Autopista Medellín Km 3 – Terminal terrestre de Carga Bogotá Bodega 49, Modulo 7, Etapa 2
Fecha del monitoreo	25 y 27 de agosto de 2023
Tipo de monitoreo	Ruido ambiental

**Fuente:** Solamcol S.A.S., 2023

### 7.2. Datos meteorológicos

En la **Tabla 7** y la **Tabla 8** se muestra la información meteorológica concerniente a la evaluación de ruido ambiental del cliente COTECMAR.

**Tabla 7. Datos de las mediciones de ruido ambiental (día hábil)**

DÍA HÁBIL							
Punto	Descripción	Precipitación (mm)	Temp. Ambiente (°C)	Velocidad Promedio viento (m/s) *	Dirección del viento	Humedad (%)	Presión Atmosférica (mmHg)
Punto 1	RA1	0	29,9	0,74	O	82	758
Punto 2	RA2	0	29,8	0,84	E	85	758,5
Punto 3	RA3	0	29,6	1,08	NE	83	758,5
Punto 4	RA4	0	29,3	0,96	N	83	758
Punto 1	RA1	0	25,1	0,76	E	90	756,5
Punto 2	RA2	0	25	0,98	SE	91	756,5
Punto 3	RA3	0	24,9	1,12	SE	91	756
Punto 4	RA4	0	24,9	0,9	E	90	756

 Diurno     Nocturno

\*Velocidad del Viento tomada como el mayor valor registrado durante la medición

**Fuente:** Instituto de Higiene Ambiental S.A.S., 2023

**Tabla 8. Datos de las mediciones de ruido ambiental (día no hábil)**

DÍA NO HÁBIL							
Punto	Descripción	Precipitación (mm)	Temp. Ambiente (°C)	Velocidad viento (m/s) *	Dirección del viento	Humedad (%)	Presión Atmosférica (mmHg)
Punto 1	RA1	0	28,4	0,86	SO	86	758
Punto 2	RA2	0	28,8	1,08	O	85	757,5
Punto 3	RA3	0	29	1,44	E	85	757,5
Punto 4	RA4	0	29	0,78	NE	85	757,5
Punto 1	RA1	0	25,6	0,9	S	91	757,5
Punto 2	RA2	0	25,4	1,58	SE	91	757,5
Punto 3	RA3	0	25,4	1,12	SE	90	757
Punto 4	RA4	0	25,2	1	S	91	757

 Diurno     Nocturno

\*Velocidad del Viento tomada como el mayor valor registrado durante la medición

**Fuente:** Solamcol, 2023

### 7.3. Equipos utilizados

Se utilizó un sonómetro Tipo I, para medir los niveles de ruido ambiental registrados en el punto monitoreado. De igual forma, se emplearon otros equipos descritos en la **Tabla 9**, junto con sus

características principales. En el **Anexo 2 Certificado de calibración** se incluyen los certificados de calibración de los equipos utilizados.

**Tabla 9. Equipos empleados durante la medición.**

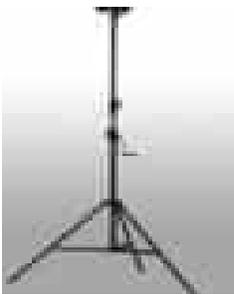
Imagen	Tipo	Marca	Modelo	Número de Serie	Características
	<u>Sonómetro</u>	BSWA TECH	BSWA 308	580263	Precisión <u>tipo I</u> . Sensibilidad de micrófono independiente de la frecuencia. Lectura en tiempo real con analizador de frecuencias en tercios de octava. <u>Filtros de ponderación de frecuencia</u> A, B, C y LIN. <u>Modos de respuesta</u> rápida, lenta, impulsos y picos. <u>Determinación del nivel equivalente, máximo y mínimo.</u> Cumple normas IEC 60651 y 60804. Certificado de calibración vigente adjunto en el <b>Anexo 2 Certificado de calibración</b> Provisto con cable de extensión de micrófono.
	<u>Calibrador acústico</u>	BSWA TECH	BSWA 308	580263	Nivel de 94 dB y 114 dB. Certificado de calibración vigente, adjunto en el <b>Anexo 2 Certificado de calibración</b>
	<u>Trípode</u>	No aplica	No aplica	No Aplica	Ajustable a altura de 4 metros. Capacidad de giro de 360 grados. Desarmable. Orientación variable.

Imagen	Tipo	Marca	Modelo	Número de Serie	Características
	<u>GPS</u>	Garmin	Vista	No Aplica	Registro de posiciones geográficas. Rutas de desplazamiento. Orientación para localizar los puntos almacenados previamente.
	Estación Meteorológica	PCE Instruments	PCE-FWS 20N	HX4584	Equipo para medición meteorológica que se compone de un conjunto integrado de sensores para la visualización y registro automático de los datos a través de una consola y un data logger, a través de los cuales se puede acceder y/o descargar la información. El conjunto de sensores integrados incluye sensor de temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento, precipitación, sensor de presión atmosférica

*Fuente: Solamcol, 2023.*

#### 7.4. Técnicas de medición

Las condiciones específicas de las mediciones de ruido ambiental se describen en la **Tabla 10**.

**Tabla 10. Técnica de medición utilizada.**

Aspecto	Características	
Configuración del sonómetro	<u>MEDIDOR 1:</u> Filtro de ponderación de frecuencia A. Modo de respuesta exponencial lenta ( <i>Slow</i> ). Intervalo de frecuencia: 1/3 octava.	<u>MEDIDOR 2:</u> Filtro de ponderación de frecuencia A. Modo de respuesta exponencial ( <i>Impulse</i> ). Intervalo de frecuencia: 1/3 octava.
	Configurado para registrar en memoria los niveles integrados en cada medición	
Ubicación del Sonómetro	<u>Mediciones de ruido ambiental</u> Ubicado sobre trípode a 4 metros de altura con respecto al piso.	
	<u>Mediciones de emisión de ruido</u> Se mide a 1,5 metros de distancia de la actividad o fuente generadora de ruido y a 1,20 m del piso.	
Verificación	Se realizó verificación acústica a una frecuencia de 1 kHz y a un nivel de presión sonora de 114 dB antes y después de las mediciones.	
Distribución temporal	Mediciones durante la jornada diurna y nocturna.	
Intervalo unitario de tiempo de medida	<u>Mediciones de ruido ambiental:</u> Se realizó la medición en el punto de monitoreo durante una hora tanto en periodo diurno como nocturno, las cuales tuvieron una duración de 8 minutos de medición y 4 minutos de pausa por cada una de las cinco direcciones (Norte, Este, Sur, Oeste y Vertical), completando 40 minutos de captura de información distribuidos en una hora por punto de muestreo.	
Posicionamiento	Se registraron las coordenadas con ayuda de un GPS (Datum WGS84).	

Aspecto	Características
Condiciones Generales	Uso de pantalla protectora de viento. Uso del anemómetro.

**Fuente:** Trabajo de campo, 2023.

## 7.5. Ruido ambiental

En el área de estudio se efectuaron mediciones de ruido ambiental en horario diurno (7:01 a las 21:00 horas), como en horario nocturno (21:01 a las 7:00 horas), con el objetivo de satisfacer los requerimientos del MAVDT hoy MADS, establecidos en la Resolución No. 627 de 2006 artículo 17.

A continuación, se indican las condiciones generales bajo las cuales se realizaron dichas mediciones:

-  Se estableció la medición de ruido ambiental en cuatro (4) puntos localizados en el área de influencia del proyecto, distribuidos en la estación denominada como COTECMAR en la ciudad de Cartagena, Bolívar, teniendo en cuenta la ubicación de donde se realizan los procesos productivos, así como las fuentes de ruido principales, como equipos y maquinaria.
-  El monitoreo fue ejecutado en horario diurno y nocturno, realizando mediciones en día hábil y en día no hábil, según lo recomendado en los Anexos II y III de la Resolución No. 627 del 7 de abril de 2006 emitida por MAVDT hoy MADS.
-  Las mediciones se hicieron en orientación de las 4 direcciones geográficas (Norte, Este, Sur y Oeste) y en posición vertical distribuido uniformemente en la hora hasta obtener 40 minutos de captura de información por cada hora monitoreada.
-  Se realizó el monitoreo para día hábil el 25 de agosto y para el día no hábil 29 de agosto del año 2023, teniendo en cuenta las actividades cotidianas de la población y el proyecto. Las mediciones se realizaron para el horario diurno entre las 7:01 y las 21:00 horas y para el nocturno entre las 21:01 y las 7:00 horas, según lo dispuesto en el Artículo 2 del capítulo 1 de la norma nacional de ruido ambiental.

## 7.6. Cálculos realizados

Algunos datos requeridos por la norma son calculados directamente por el sonómetro y otros fueron evaluados a partir de las lecturas. Los niveles de presión sonora continuos equivalentes ponderados A, LAeq,T, se corrigieron por impulsividad y tonalidad, tomando como referencia un solo factor K, siendo este el de mayor valor en dB(A).

### 7.6.1. Determinación de valores de ajuste K

De acuerdo con el Artículo 6 del Capítulo I de la *Resolución 627 de 2006*, “los niveles de presión sonora continuo equivalente ponderados A,  $L_{aeq}$ ,  $L_{eq}$ ,  $L_{eq}$  residual y nivel percentil  $L_{90}$ , se corrigen por tonalidad ( $K_T$ ), impulsividad ( $K_I$ ), condiciones meteorológicas, horarios ( $K_R$ ), tipos de fuentes y receptores, para obtener niveles corregidos de presión sonora continuo equivalente ponderado A”.

- La corrección del nivel  $K_T$  toma en consideración los componentes tonales del ruido en el lugar de la medición y durante el tiempo que estén presentes estos tonos, como se muestra a continuación:
  - Por percepción nula de componentes tonales: 0 dB(A).
  - Por percepción neta de componentes tonales: 3 dB(A).
  - Por percepción fuerte de componentes tonales: 6 dB(A).

Para la corrección del nivel  $K_T$ , se debe calcular:

$$L = L_T - L_S$$

En donde:

$L_T$ = Nivel de presión sonora de la banda f que contiene el tono puro

$L_S$ = Media de los niveles de las dos bandas situadas inmediatamente por encima y por debajo de f.

Se determina la presencia o ausencia de componentes tonales, entre 20 a 125 Hz

Si  $L < 8$  Db (A), no hay componentes tonales.

Si  $8 \text{ dB (A)} \leq L \leq 12 \text{ dB (A)}$  hay componente tonal neto

Si  $L > 12 \text{ dB (A)}$ , hay componente tonal fuerte

Se determina la presencia o ausencia de componentes tonales, entre 160 a 400 Hz

Si  $L < 5$  Db (A), no hay componentes tonales.

Si  $5 \text{ dB (A)} \leq L \leq 8 \text{ dB (A)}$  hay componente tonal neto

Si  $L > 8 \text{ dB (A)}$ , hay componente tonal fuerte

Se determina la presencia o ausencia de componentes tonales a partir de 500 Hz

Si  $L < 3 \text{ dB (A)}$ , no hay componentes tonales.

Si  $3 \text{ dB (A)} \leq L \leq 5 \text{ dB (A)}$  hay componente tonal neto

Si  $L > 5 \text{ dB (A)}$ , hay componente tonal fuerte

- Para la corrección del nivel  $K_i$ , se toman los componentes impulsivos en el lugar de medición y durante el tiempo que estén presentes los respectivos impulsos de la siguiente forma:
  - Por percepción nula de componentes impulsivos: 0 dB(A).
  - Por percepción neta de componentes impulsivos: 3 dB(A).
  - Por percepción fuerte de componentes impulsivos: 6 dB(A).

La corrección por condiciones meteorológicas, aunque se menciona en el Artículo 6 de la *Resolución 627 de 2006* no se realiza en el presente estudio debido que las condiciones meteorológicas de la zona fueron aptas (**Tabla 5**) cumpliendo con lo establecido en el artículo 20 de la normatividad aplicable ya que no se presentaron lluvias, los pavimentos se encontraban secos al momento del monitoreo y la velocidad del viento no superó los 3 m/s. Para el presente informe no aplica la corrección  $K_s$ , que es un ajuste positivo o negativo para ciertas fuentes y situaciones, por bajas frecuencias (dB(A)), de acuerdo con el numeral 1 del Anexo II de la Resolución 627 de 2006, se considera la corrección si el ruido proviene de las instalaciones de ventilación y climatización: 5 dB (A) en período diurno y 8 dB(A) en período nocturno. Una vez corregidos los niveles de presión sonora continuos equivalentes ponderados A,  $L_{Aeq,T}$ , son comparados con los estándares máximos permisibles de ruido ambiental.

Para la corrección del nivel  $K_i$ , se debe calcular:

$$L_I = L_{AI} - L_A T_I$$

En donde:

$L_{AI}$ = Nivel de presión sonora ponderado A, determinado con la característica temporal impulso, promediado en el tiempo  $T_I$

$L_A$ = Nivel de presión sonora continua equivalente ponderado A, durante  $T_I$

Se determina la presencia o ausencia de componentes tonales, entre 20 a 125 Hz

Si  $L_i < 3 \text{ Db (A)}$ , no hay componentes impulsivos.

Si  $3 \text{ dB (A)} \leq L_i \leq 6 \text{ dB (A)}$  hay percepción neta de componentes impulsivos

Si  $L_i > 6 \text{ dB (A)}$ , hay percepción fuerte de componentes impulsivos

En la **Tabla 11** se describen los cálculos realizados y en el **Anexo 1. Soportes de campo** se encuentran los resultados sin corrección del presente informe.

**Tabla 11. Cálculos realizados para determinación de los valores de Ajustes K.**

No.	Valor Calculado	Fórmula	Observaciones
1	Ajustes	$L_{RA}(X), T$ $= L_A(X), T$ $+ (K_I, K_T, K_R, K_S)$	<p><math>K_I</math> = Ajuste por impulsos (dB(A))</p> <p><math>K_T</math> = Ajuste por tono y contenido de información (dB(A))</p> <p><math>K_R</math> = Ajuste por la hora del día (dB(A))</p> <p><math>K_S</math> = Ajuste (positivo o negativo) para ciertas fuentes y situaciones, por ejemplo, bajas frecuencias (dB(A))</p> <p>(X)= Corresponde a cualquiera de los parámetros de medida de que trata el artículo 4 de la resolución 627 de 2006.</p> <p><b><i>El nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, <math>L_{Aeq,T}</math>, solo se corrige por un solo factor K, el de mayor valor en dB(A).</i></b></p>
			<b>POR COMPONENTES TONALES*</b>
	Ajustes	$L = L_T - L_S$	<p><math>L_T</math> = Nivel de presión sonora de la banda f que contiene el tono puro</p> <p><math>L_S</math> = Media de los niveles de las dos bandas situadas inmediatamente por encima y por debajo de f.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Por percepción nula de componentes tonales: 0 dB(A).</li> <li>• Por percepción neta de componentes tonales: 3 dB(A).</li> <li>• Por percepción fuerte de componentes tonales: 6 dB(A).</li> </ul>
			<b>POR COMPONENTES IMPULSIVOS**</b>
		$L_I = L_{AI} - L_A, T_I$	<p><math>L_{AI}</math> = Nivel de presión sonora ponderado A, determinado con la característica temporal Impulso (Impulse; en inglés).</p> <p><math>L_A, T_I</math> = Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, durante <math>T_I</math>, <math>L_A</math>.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Por percepción nula de componentes impulsivos: 0 dB(A).</li> <li>• Por percepción neta de componentes impulsivos: 3 dB(A).</li> <li>• Por percepción fuerte de componentes impulsivos: 6 dB(A).</li> </ul>

\* Se entiende por componentes tonales aquellos que mediante un análisis espectral de la señal en 1/3 (un tercio) de octava, si al menos uno de los tonos es mayor en 5 dBA que los adyacentes, o es claramente audible, la fuente emisora tiene características tonales. Frecuentemente las máquinas con partes rotativas tales como motores, cajas de cambios, ventiladores y bombas, crean tonos. Los desequilibrios o impactos repetidos causan vibraciones que, transmitidas a través de las superficies al aire, pueden ser oídos como tonos.

\*\* Componentes impulsivos son aquellos en los que se presentan variaciones rápidas de un nivel de presión sonora en intervalos de tiempo mínimos, es breve y abrupto, por ejemplo, troqueladoras, pistolas, entre otras.

**Fuente:** Resolución 627 de 2006. MAVDT.

## 7.6.2. Incertidumbre de medición

Este parámetro, está asociado al resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores que pudieran ser razonablemente atribuidos a la magnitud a medir. El parámetro está relacionado con la desviación típica (o un múltiplo de ésta), o la amplitud del intervalo de confianza. La incertidumbre de medición comprende, en general, varios componentes. Algunos de ellos pueden ser evaluados a partir de la distribución estadística de los resultados de series de mediciones y pueden ser caracterizados mediante desviaciones típicas experimentales. Los otros componentes, que pueden también ser caracterizados por desviaciones típicas, son evaluados a partir de distribuciones de probabilidad asumida, basadas en la experiencia u otra

información. Se entiende que el resultado de la medición es el mejor estimado del valor de la magnitud a medir y de todos los componentes de la incertidumbre que contribuyen a la dispersión, incluyendo aquellos que surgen de los efectos sistemáticos tales como los componentes asociados con las correcciones y los patrones de referencia.

En la **Tabla 12** se describen los cálculos realizados y en el **Anexo 1. Soportes de campo** se encuentran los documentos de resultados sin correcciones del presente informe.

**Tabla 12. Cálculos realizados.**

Valor Calculado	Fórmula	Observaciones
Ruido ambiental	$L_{Aeq} = 10 \log \frac{1}{5} \left( 10^{\frac{L_N}{10}} + 10^{\frac{L_O}{10}} + 10^{\frac{L_S}{10}} + 10^{\frac{L_E}{10}} + 10^{\frac{L_V}{10}} \right)$	L <sub>Aeq</sub> = Nivel equivalente resultante de la medición. L <sub>N</sub> = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido norte L <sub>O</sub> = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido oeste L <sub>S</sub> = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido sur L <sub>E</sub> = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido este L <sub>V</sub> = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientado en sentido vertical

*Fuente: Resolución 627 de 2006. MAVDT.*

### 7.6.3. Interpretación de resultados

#### 7.6.3.1. Ruido ambiental:

De acuerdo con lo establecido en la Resolución No. 627 del 7 de abril de 2006 del MAVDT hoy MADS, el resultado final de las mediciones se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$L_{Aeq} = 10 \log \frac{1}{5} \left( 10^{\frac{L_N}{10}} + 10^{\frac{L_O}{10}} + 10^{\frac{L_S}{10}} + 10^{\frac{L_E}{10}} + 10^{\frac{L_V}{10}} \right)$$

Donde:

**L<sub>Aeq</sub>** = Nivel equivalente resultado medición.

**L<sub>N</sub>** = Nivel equivalente medio en la posición del micrófono orientada en sentido Norte.

**L<sub>O</sub>** = Nivel equivalente medio en la posición del micrófono orientada en sentido Oeste.

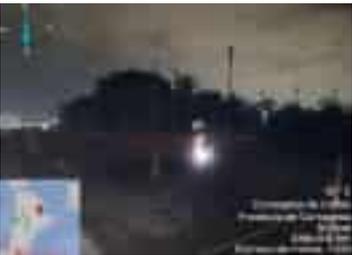
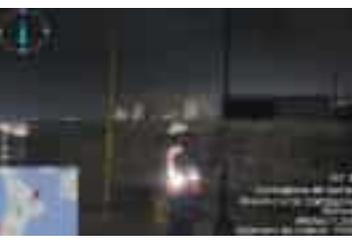
$L_s$  = Nivel equivalente medio en la posición del micrófono orientada en sentido Sur.

$L_E$  = Nivel equivalente medio en la posición del micrófono orientada en sentido Este.

$L_v$  = Nivel equivalente medio en la posición del micrófono orientada en sentido vertical.

Dicho resultado permitirá establecer los niveles de presión sonora para el área en estudio para posteriormente ser comparados con los estándares máximos permisibles establecidos para los sectores de restricción que apliquen al estudio, asociando con las fuentes presentes en cada punto de monitoreo.

**8. LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN**

Punto de Monitoreo	Imagen Monitoreo	Coordenadas		Altura (m.s.n.m.)	Sector de Restricción Resolución 627 de 2006
		Geográficas WGS 84	Datum Magna Sirgas Origen Nacional		
<b>Ruido ambiental</b>					
RA1	 	10°24'44.24"N 75°32'52.85"O	2709707.273 N 4721133.484 E	6.9	C
RA2	 	10°24'47.87"N 75°32'55.57"O	2709819.671 N 4721051.514 E	3.8	C
RA3	 	10°24'40.03"N 75°32'55.00"O	2709578.555 N 4721067.098 E	0.4	C

Punto de Monitoreo	Imagen Monitoreo	Coordenadas		Altura (m.s.n.m.)	Sector de Restricción Resolución 627 de 2006
		Geográficas WGS 84	Datum Magna Sirgas Origen Nacional		
RA4		<p>10°24'38.32"N 75°32'57.77"O</p>	<p>2709526.688 N 4720982.164 E</p>	10.5	C

Imagen 1. Localización general de los puntos de monitoreo de ruido ambiental en el área de estudio.



Fuente: Google Earth, 2023.

## 9. RESULTADOS

A continuación, se realiza una valoración de los niveles de ruido ambiental, durante los horarios diurno y nocturno, en los puntos ubicados en el área del proyecto, teniendo en cuenta los usos del suelo. Esta valoración toma las mediciones en campo (Leq) hechas en ponderación A y tiempo de respuesta S y las compara con la normatividad ambiental vigente.

### 9.1. Ruido Ambiental

Se realizó una evaluación de los niveles de ruido ambiental durante los horarios diurno y nocturno en jornada hábil y no hábil en los puntos ubicados en el área del proyecto, teniendo en cuenta las características de uso del sector (**Tabla 2**).

**Tabla 13. Comparación resultados obtenidos con límite permisible horario diurno y nocturno (Sector C).**

DIA	HORARIO	Dirección					L <sub>Aeq</sub> dB(A) sin corrección	LR <sub>Aeq</sub> dB(A) corregido	Estándar máximo permisible de nivel de ruido ambiental en dB (A)	
		Punto	N	E	S	O				V
HÁBIL	DIURNO	RA1	55,10	56,80	53,90	54,90	55,40	52,32	55,32	75,00
		RA2	57,30	56,20	56,20	59,40	55,80	54,20	57,20	75,00
		RA3	51,00	53,70	53,70	61,80	56,50	53,52	57,08	75,00
		RA4	53,50	56,50	49,50	48,90	49,00	48,42	52,63	75,00
	NOCTURNO	RA1	55,80	55,90	58,50	55,40	58,60	54,07	57,07	70,00
		RA2	53,70	53,70	55,10	55,60	63,00	54,99	57,99	70,00
		RA3	49,30	49,30	46,10	46,10	54,10	47,08	50,08	70,00
		RA4	54,30	58,80	53,30	56,10	60,20	54,04	57,32	70,00
FESTIVO	DIURNO	RA1	49,20	54,10	52,30	57,60	65,20	56,06	59,44	75,00
		RA2	50,40	54,90	58,40	49,40	50,10	51,15	54,15	75,00
		RA3	61,90	44,40	56,30	47,80	46,60	52,74	56,25	75,00
		RA4	61,40	49,50	53,90	48,30	47,40	49,98	55,65	75,00
	NOCTURNO	RA1	44,70	47,10	45,40	45,60	51,70	41,78	47,78	70,00
		RA2	50,30	49,30	48,10	50,30	46,40	44,12	49,11	70,00
		RA3	49,30	47,70	50,10	48,20	49,40	44,97	49,03	70,00
		RA4	54,50	56,30	55,80	50,70	50,20	50,05	54,19	70,00

N: Norte. E: Este. S: Sur. O: Oeste. V: Vertical.

Mediciones realizadas en día no hábil

Fuente: SOLAMCOL SAS., 2023.

### 9.1.1. Análisis de resultados

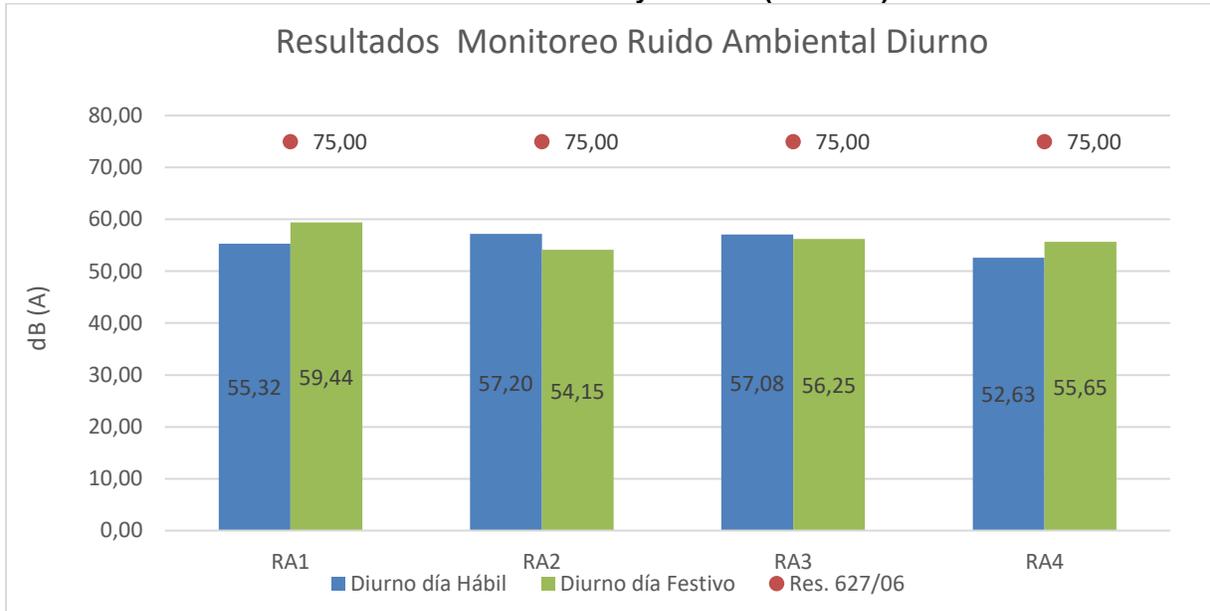
#### 9.1.1.1. Horario diurno

En la **Tabla 13** se presentan los resultados para los puntos localizados en el sector de restricción actividades que se realizan en el área del proyecto, según la **Tabla 2** estos se clasificaron en el Sector C Ruido Intermedio Restringido, Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas., en el cual el límite máximo establecido para el horario diurno es de 75 dB.

Para los puntos de ruido ambiental evaluados, clasificados en el sector de restricción C, acorde a las actividades evidenciadas, en horario diurno se evidenciaron niveles de presión sonora en día hábil de 55.32 dB, 57.20 dB, 57.08 dB y 52.63 dB en los puntos RA1, RA2, RA3 y RA4, respectivamente y en día no hábil de 59.44 dB para RA1, de 54.15 dB para RA2, de 56.25 dB para RA3 y de 55.65 dB para RA4, presentando total cumplimiento respecto al límite máximo permisible (75 dB) establecido en la Resolución N° 627 del 7 de abril de 2006, en los cuatro (4) puntos analizados en este sector. Los valores registrados se relacionan con las fuentes de ruido identificadas durante el monitoreo. En la **Gráfica 1**, se ilustra el comportamiento de los niveles de presión sonora en el sector C.

La totalidad de los puntos de monitoreo de ruido ambiental registraron valores por debajo del límite permisible establecido en la Resolución No. 627 de 2006 para este subsector, que es de 75 dB. Donde se registraron leve flujo vehicular, actividades de maquinaria y paso esporádico de personal en inmediaciones de la zona.

**Gráfica 1. Niveles de presión sonora registrados durante el monitoreo de ruido ambiental en el horario diurno día hábil y no hábil (Sector C)**



Fuente: SOLAMCOL SAS, 2023.

### 9.1.1.2. Horario nocturno

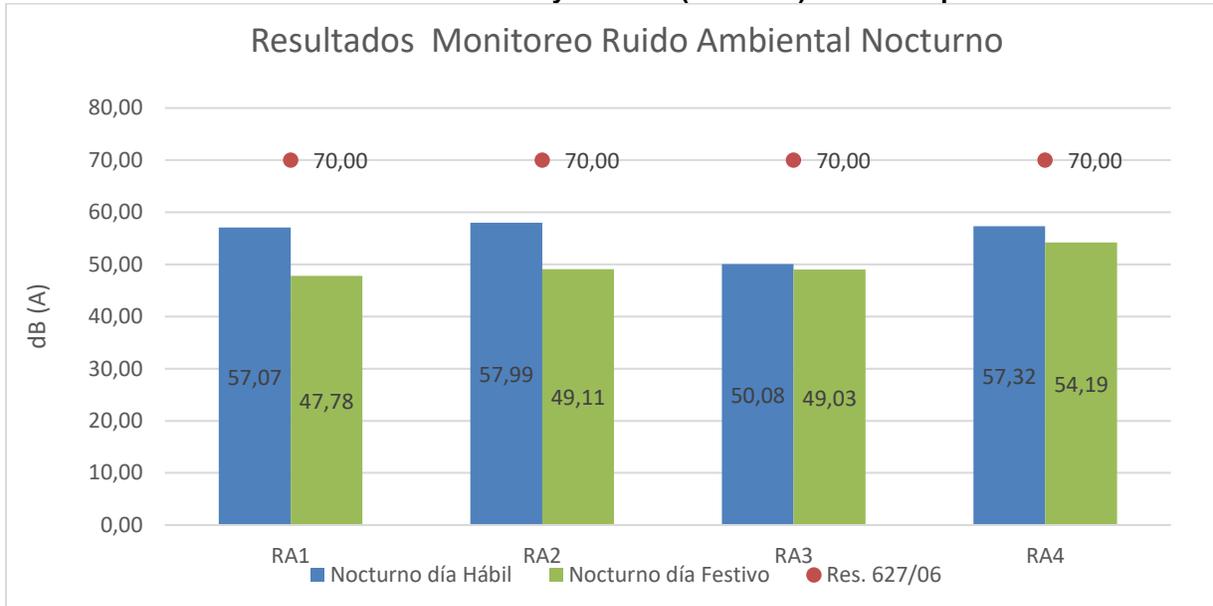
En la **Tabla 13** se presentan los resultados para los puntos localizados en el sector de restricción Sector C Ruido Intermedio Restringido, Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas., en el cual el límite máximo establecido para el horario nocturno es de 70 dB.

De acuerdo con los puntos de ruido ambiental analizados en el área de influencia de BOCAGRANDE, clasificados en el sector de restricción C, acorde a las actividades evidenciadas, en horario nocturno se obtuvieron niveles de presión sonora que se encontraron en un rango de 50.08 dB (RA3) a 57.99 dB (RA2) en día hábil, mientras, en día no hábil los valores fluctuaron entre 47.78 dB y 54.19 dB, donde el menor dato se presentó en el punto RA1 y el mayor en el punto RA4, presentando total cumplimiento respecto al límite máximo permisible (70 dB) establecido en la Resolución N° 627 del 7 de abril de 2006, como se observa en la **Gráfica 2**.

El formato nocturno del monitoreo se caracterizó por poco tránsito de vehículos y peatones, así como la poca actividad efectuada en la zona reportada por el técnico. En la **Gráfica 2** se puede observar los valores obtenidos para el formato día hábil y no hábil respectivamente, cumpliendo con los límites permisibles de la norma.

Las anteriores observaciones se encuentran en el **Anexo 1. Soportes de Campo**.

**Gráfica 2. Niveles de presión sonora registrados durante el monitoreo de ruido ambiental en el horario nocturno día hábil y no hábil (Sector C) - multitemporal**



Fuente: SOLAMCOL SAS, 2023.

### 9.1.2. Correcciones por tonalidad e impulsividad

Respecto a las correcciones por tonalidad e impulsividad, los cálculos efectuados se pueden observar en el Anexo 4 adjunto a este documento.

### 9.1.3. Incertidumbre de la medición

Los resultados obtenidos tienen un grado de error inherente que depende entre otros de los siguientes factores:

- **La precisión del instrumento utilizado:** Se utilizó un sonómetro tipo I, para el cual está definido un error máximo de  $\pm 0,21$  dB.
- **La propagación del error en los cálculos:** Cuando se realizan operaciones con datos que tiene un error, el resultado presenta también un error distinto que se puede calcular. Sin embargo, en estos casos su magnitud es por lo general menor que el error considerado anteriormente y no se justifica su determinación.

**Tabla 14. Incertidumbre de la medición.**

Incertidumbre					
Incertidumbre típica dB				Incertidumbre típica combinada dB	Incertidumbre de medición expandida dB
Instrumentación	Condiciones de funcionamiento	Condiciones meteorológicas y del terreno	Sonido residual		
0,5	0	0,5	0	0,105	0,21

Fuente: SOLAMCOL SAS 2023.

#### 9.1.4. Intervalos de confianza

Debido a que la medición tiene implícito un error relacionado con la variación de los niveles de ruido de un ciclo a otro a causa de fluctuaciones de variables no controladas y al error propio del instrumento de medición, los niveles de ruido obtenidos deben interpretarse más como un intervalo dentro del cual puede estar el nivel real, que, como un resultado puntual indiscutible, a dicho intervalo se le conoce como intervalo de confianza. Para el monitoreo diurno se presentaron intervalos de confianza de 0.94 dB a 6.62 dB, y en horario nocturno los intervalos oscilaron entre 0,88 dB y 3,48 dB, dichos datos son establecidos propiamente por el sonómetro.

**Tabla 15. Intervalos de confianza Ruido Ambiental**

DIA	HORARIO	Punto	LR,Aeq dB(A) corregido	Valor Db		Estándar máximo permisible de nivel de ruido ambiental en dB (A)
HÁBIL	DIURNO	RA1	55,32	±	0,94	75,00
		RA2	57,20	±	1,31	75,00
		RA3	57,08	±	3,67	75,00
		RA4	52,63	±	3,04	75,00
	NOCTURNO	RA1	57,07	±	1,41	70,00
		RA2	57,99	±	3,48	70,00
		RA3	50,08	±	2,94	70,00
		RA4	57,32	±	2,62	70,00
FESTIVO	DIURNO	RA1	59,44	±	5,48	75,00
		RA2	54,15	±	3,47	75,00
		RA3	56,25	±	6,62	75,00
		RA4	55,65	±	5,16	75,00
	NOCTURNO	RA1	47,78	±	2,53	70,00
		RA2	49,11	±	1,49	70,00
		RA3	49,03	±	0,88	70,00
		RA4	54,19	±	2,57	70,00

Fuente: SOLAMCOL SAS 2023.

## 10. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos del monitoreo de Ruido Ambiental realizado en el área de influencia para el proyecto del cliente COTECMAR ubicado en la ciudad de Cartagena, Bolívar, clasificado en Sector C Sector C Ruido Intermedio Restringido, Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas, el límite máximo establecido para el horario diurno es de 75 dB y para el nocturno de 70 dB. Se puede concluir que:

- Del análisis realizado en jornada diurna día hábil y no hábil, se evidencia que las mediciones realizadas se encuentran dentro del límite permisible de acuerdo con lo observado en el monitoreo, con factores comunes (flujo vehicular, transeúntes y maquinaria) que contribuyen con las variaciones en los niveles de presión sonora en el entorno industrial.
- En la jornada nocturna en el formato hábil y no hábil, los datos recolectados presentan cumplimiento de acuerdo con la Resolución No. 627 de 2006, ya que de acuerdo con las fuentes evidenciadas por el equipo de medición hubo poca o nulas actividades nocturnas provenientes de la zona.

### Recomendaciones

Las mediciones efectuadas en jornada diurna y nocturna en formato diurna hábil y no hábil se presenta cumplimiento normativo bajo las especificaciones de la Resolución 0627 de 2006 emitida por el Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial ahora Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, se puede considerar que no hay alteraciones significativas de nivel de presión sonora en los puntos, Asimismo se recomienda seguir implementando medidas de control de ruido, con el fin de controlar y/o apaciguar posibles fuentes de alto nivel sonoro.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

**APHA INTERSOCIETY COMMITTEE.** *Methods of Air Sampling and Analysis. Second Edition.* American Public Health Association. Washington D.C. 1985.

**DE NEVERS, N.** Ingeniería de Control de la Contaminación del Aire. MC Graw Hill. 1998.

**E.P.A. – ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY.** Compilation of air Pollutant Emission Factors. Supplement 14. Chapter 11.2.3. 1977.

\_\_\_\_\_. Compilation of Air Pollutant Emission Factors. 1995.

**E ROBERTS ALLEY & ASSOCIATES, INC.** Air Quality Control Handbook. 1998.

\_\_\_\_\_. Protocolo para la vigilancia y seguimiento del módulo aire del sistema de información ambiental. 2005.

**ICONTEC.** Norma NTC ISO/IEC 17025:1999.

\_\_\_\_\_. Norma NTC 3704. Gestión Ambiental. Aire Ambiente. Determinación de la Concentración de Partículas en el Aire Ambiente. 1995.

**MCS CONSULTORÍA & MONITOREO AMBIENTAL.** Protocolo General para el Muestreo y Manejo de Equipos de Calidad de Aire. Código I-PMO01-07, Revisión 1. 2009

**MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL.** Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire. *Manual de diseño de sistemas de vigilancia de la calidad del aire.* Bogotá, octubre 2010.

**MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL (MAVDT, hoy**

**MADS).** Resolución 627 de 2006. Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental. Bogotá, D.C. Colombia.

**OPS/OMS & CEPIS/OPS.** Guías para la Calidad del Aire. Publicación 04.110 .2004.

**REDAIRE (Red de Vigilancia de la Calidad del Aire).** Protocolo para el muestreo de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) utilizando el equipo tres gases. 2006.

\_\_\_\_\_. Protocolo para el muestreo de partículas suspendidas totales (PST y PM<sub>10</sub>) utilizando el equipo muestreador de calidad del aire alto volumen Hi-Vol. 2006.

**SEINFELD, J.E.** Contaminación Atmosférica; Fundamentos Físicos y Químicos. Instituto de Estudios de Administración Local. Madrid, 1978.

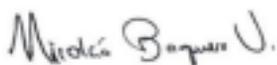
**TISCH ENVIRONMENTAL, INC.** OPERATIONS MANUAL, Particulate Matter 10 Microns and less High Volume Air Sampler, based on U.S. EPA Federal Reference Number RFPS-0202- 141. 2006.

**UNITED NATIONS.** Urban air pollution in megacities of the world. United Nations Environmental Program and World Health Organization. Appendix 1.

**USEPA.** CFR Title 40 Parts 52-59, 1995.

El presente informe fue elaborado y aprobado por:

Elaborado por:



---

Nicolás Baquero Vargas  
Ingeniero de Proyectos  
SOLAMCOL S.A.S

Aprobado por:



---

Juan David Varón C.  
Gerente General  
SOLAMCOL S.A.S

**solamcol**

# INFORME TÉCNICO DE RUIDO AMBIENTAL CORPORACIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA NAVAL MARÍTIMA Y FLUVIAL (COTECMAR) – MAMONAL

COTECMAR- INF\_576\_2023

CARTAGENA, BOLÍVAR - AGOSTO 2023

SOLAMCOL S.A.S.

## ÍNDICE GENERAL

1. CONTROL DE DOCUMENTO .....	5
2. GLOSARIO .....	6
3. INTRODUCCIÓN .....	9
4. OBJETIVOS.....	10
4.1. Objetivo general .....	10
4.2. Objetivos específicos.....	10
5. GENERALIDADES.....	11
5.1. Normas Aplicables.....	11
5.2. Origen de la Contaminación por Ruido .....	13
5.2.1. Características del Ruido .....	13
6. PROCESO METODOLÓGICO.....	15
6.1. Fuentes generadoras de ruido.....	15
6.2. Receptores de ruido .....	15
6.3. Trabajo de campo.....	15
7. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	17
7.1. Datos de la medición .....	17
7.2. Datos meteorológicos .....	17
7.3. Equipos utilizados.....	18
7.4. Técnicas de medición .....	20
7.5. Ruido ambiental.....	21
7.6. Cálculos realizados .....	21
7.6.1. Determinación de valores de ajuste K.....	22
7.6.2. Incertidumbre de medición .....	24
7.6.3. Interpretación de resultados .....	25
8. LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN.....	27
9. RESULTADOS.....	30
9.1. Ruido Ambiental .....	30
9.1.1. Análisis de resultados .....	31
9.1.2. Correcciones por tonalidad e impulsividad .....	33
9.1.3. Incertidumbre de la medición .....	33
9.1.4. Intervalos de confianza .....	34
10. CONCLUSIONES .....	35
11. BIBLIOGRAFÍA.....	36

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Normatividad nacional aplicable para componente ruido.....	11
Tabla 2. Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental, expresados en decibeles	

dB(A), según la Resolución 627 del 7 de abril de 2006 artículo 17.....	12
Tabla 3. Principales fuentes generadores de ruido .....	13
Tabla 4. Fuentes de emisión de ruido. ....	15
Tabla 5. Datos generales de la medición. ....	17
Tabla 6. Responsables de las mediciones .....	17
Tabla 7. Datos de las mediciones de ruido ambiental (día hábil).....	18
Tabla 8. Datos de las mediciones de ruido ambiental (día no hábil).....	18
Tabla 9. Equipos empleados durante la medición. ....	19
Tabla 10. Técnica de medición utilizada.....	20
Tabla 11. Cálculos realizados para determinación de los valores de Ajustes K.....	24
Tabla 12. Cálculos realizados. ....	25
Tabla 13. Comparación resultados obtenidos con límite permisible horario diurno y nocturno (Sector C). ....	30
Tabla 14. Incertidumbre de la medición. ....	34
Tabla 15. Intervalos de confianza Ruido Ambiental.....	34

## ÍNDICE DE FIGURAS

Gráfica 1. Niveles de presión sonora registrados durante el monitoreo de ruido ambiental en el horario diurno día hábil y no hábil (Sector C) .....	32
Gráfica 2. Niveles de presión sonora registrados durante el monitoreo de ruido ambiental en el horario nocturno día hábil y no hábil (Sector C) - multitemporal.....	33

## ANEXOS

- Anexo 1.** Soportes de campo
- Anexo 2.** Certificado de calibración
- Anexo 3.** Resoluciones de acreditación
- Anexo 4.** Memorias de Cálculo

**1. CONTROL DE DOCUMENTO**

INFORMACIÓN DEL CLIENTE		
NOMBRE DEL CLIENTE:	COTECMAR	
CIUDAD / DEPARTAMENTO:	CARTAGENA, BOLÍVAR	
NOMBRE CONTACTO:	TENIENTE CARLOS GUZMAN	
INFORMACIÓN DE MONITOREO		
MATRIZ AMBIENTAL:	RUIDO	
TIPO DE MONITOREO:	RUIDO AMBIENTAL	
PUNTOS DE MONITOREO	RA5 RA6 RA7 RA8	RUIDO AMBIENTAL
HORA DE MONITOREO:	DIURNO: 7:01 A LAS 21:00 HORAS NOCTURNO: 21:01 A LAS 7:00 HORAS	
CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS PERIODO DE MONITOREO:	VER NUMERAL 5	
FECHA DE MUESTREO:	DÍA HÁBIL:	DÍA FESTIVO:
	29/08/2023	27/08/2023
GENERACIÓN DE INFORME		
TÍTULO DEL INFORME:	INFORME TÉCNICO DE RUIDO AMBIENTAL CORPORACIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE LA INDUSTRIA NAVAL MARÍTIMA Y FLUVIAL (COTECMAR) – MAMONAL	
CODIGO DEL INFORME:	INF_576_2023	
VERSION DEL INFORME:	VERSIÓN 0	
FECHA EXPEDICIÓN INFORME MONITOREO E INTERPRETACIÓN:	23/10/2023	
ELABORÓ:	Nicolas Baquero Vargas Solamcol S.A.S Ingeniero de Proyectos	

Nota: No se debe reproducir este documento parcialmente o en su totalidad sin la respectiva aprobación de Solamcol S.A.S con el fin de prevenir que las partes de este se tomen fuera de contexto.

## 2. GLOSARIO

**Decibel dB(A):** Unidad de medida de nivel sonoro con ponderación frecuencial A.

**Filtros de tercios de octava:** dispositivo que permite efectuar análisis de una señal acústica, en bandas de tercios de octava.

**Fuente:** Elemento que origina la energía mecánica vibratoria, definida como ruido o sonido. Puede considerarse estadísticamente como una familia de generadores de ruido que pueden tener características físicas diferentes, distribuidas en el tiempo y en el espacio.

**Nivel sonoro continuo equivalente (Leq):** es el nivel en dBA de un ruido constante hipotético correspondiente a la misma cantidad de energía acústica que el ruido real considerado, en un punto determinado durante un período de tiempo T.

**LRA, eq, 1 h:** nivel corregido de presión sonora continua equivalente ponderado A medido en una hora.

**Norma de ruido ambiental:** Es el valor establecido por la autoridad ambiental competente, para mantener un nivel permisible de presión sonora, según las condiciones y características de uso del sector, de manera tal que proteja la salud y el bienestar de la población expuesta, dentro de un margen de seguridad.

**Presión sonora:** es la diferencia entre la presión total instantánea en un punto cuando existe una onda sonora y la presión estática en dicho punto.

**Ruido de baja frecuencia:** es aquel que posee una energía acústica significativa en el intervalo de frecuencias de 8 a 100 Hz. Este tipo de ruido es típico en grandes motores diésel de trenes, barcos y plantas de energía y, puesto que este ruido es difícil de amortiguar, se extiende fácilmente en todas direcciones y puede ser oído a muchos kilómetros.

**Ruido impulsivo:** es aquel en el que se presentan variaciones rápidas de un nivel de presión sonora en intervalos de tiempo mínimos, es breve y abrupto, por ejemplo, troqueladoras, pistolas, entre otras.

**Ruido residual:** ruido total cuando los ruidos específicos en consideración son suspendidos. El ruido residual es el ruido ambiental sin ruido específico. No debe confundirse con el ruido de fondo.

**Ruido tonal:** es aquél que manifiesta la presencia de componentes tonales, es decir, que mediante un análisis espectral de la señal en 1/3 (un tercio) de octava, si al menos uno de los tonos es mayor en 5 dBA que los adyacentes, o es claramente audible, la fuente emisora tiene características tonales. Frecuentemente las máquinas con partes rotativas tales como motores, cajas de cambios, ventiladores y bombas, crean tonos. Los desequilibrios o impactos repetidos causan vibraciones que, transmitidas a través de las superficies al aire, pueden ser oídos como tonos.

**Sonómetro:** es un instrumento de medición de presión sonora, compuesto de micrófono, amplificador, filtros de ponderación e indicador de medida, destinado a la medida de niveles sonoros, siguiendo unas determinadas especificaciones.

**LISTADO DE ABREVIATURAS**

<b>dB</b>	Decibelio o Decibel
<b>Frec.</b>	Frecuencia
<b>Hz</b>	Hercio o Hertz
<b>L10</b>	Percentil 10 de ruido. Nivel de ruido sobrepasado en el 10 % de la medición
<b>L90</b>	Percentil 90 de ruido. Nivel de ruido sobrepasado en el 90 % de la medición
<b>LAE o SEL</b>	Nivel de exposición sonora ponderado A
<b>Leq</b>	Nivel de presión sonora continuo equivalente
<b>Lleq</b>	Nivel equivalente con ponderación temporal Impulse
<b>LAeq</b>	Nivel de presión sonora Continuo Equivalente con ponderación frecuencial [A]
<b>LRAeq</b>	Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado [A]
<b>MAVDT</b>	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
<b>MADS</b>	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

### 3. INTRODUCCIÓN

El ruido es uno de los principales problemas ambientales de la vida moderna y es inseparable de las actividades humanas, del crecimiento urbano y tecnológico. En general el ruido se define como todo sonido no deseado por el receptor. El daño auditivo es el efecto más grave causado por el ruido, pero la molestia generada por ciertas características del sonido puede reducir la calidad de vida para aquellos afectados por el ruido.

Con el fin de implantar un control de aquellas situaciones que generen ruido o de caracterizar un área específica, se instauraron normas nacionales e internacionales que establecen un nivel mínimo de confort acústico para el ecosistema, la sociedad y el desarrollo industrial.

El monitoreo de ruido busca medir los niveles de presión sonora de ruido ambiental, verificando que los registrados cumplan con lo establecido por la Resolución 627 del 07 de abril de 2006 por la cual se establece la norma nacional de ruido ambiental del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

Por solicitud de la empresa **COTECMAR** se determinaron los niveles de presión sonora en la ciudad de Cartagena, departamento de Bolívar; monitoreo que estuvo a cargo de la empresa SOLAMCOL S.A.S en alianza con MCS Consultoría y Monitoreo Ambiental, quienes, en conformidad con la normatividad ambiental vigente, cuenta con la acreditación para este tipo de monitoreos y análisis de estos, mediante la Resolución de Renovación y Extensión N° 0775 de 14 de septiembre de 2020 emitidas por el IDEAM.

Conforme a los objetivos del estudio se ejecutó un monitoreo de ruido ambiental en cuatro (4) puntos. Las mediciones se realizaron en día no hábil y día hábil comprendido los días 29 y 27 de agosto de 2023, período en el cual se tomaron lecturas para verificar los Niveles de Presión Sonora (NPS) y realizar su comparación con la normatividad ambiental, específicamente la Resolución 0627 del 7 de abril de 2006, emitida por el MAVDT hoy MADS.

El presente documento técnico incluye el objeto de estudio, metodología utilizada, resultados de monitoreo y comparación con la resolución mencionada anteriormente para establecer el cumplimiento ambiental. Dentro de los anexos de este informe se incluyen: Acreditación ante el IDEAM (**Anexo 3. Resoluciones de acreditación**), la calibración de los equipos empleados para este tipo de monitoreo (**Anexo 2. Certificado de calibración**), los formatos de campo diligenciados a lo largo del monitoreo (**Anexo 1. Soportes de campo**), las correcciones por tonalidad e impulsividad (**Anexo 4. Memorias de cálculo**)

## 4. OBJETIVOS

### 4.1. Objetivo general

Realizar el monitoreo de ruido ambiental a través de la medición de los niveles de presión sonora, así como su respectiva verificación del cumplimiento de los estándares de ruido ambiental establecidos en la normatividad legal vigente. en el área de influencia del proyecto de interés para la empresa **COTECMAR**.

### 4.2. Objetivos específicos

-  Presentar los resultados multitemporales del monitoreo de ruido ambiental en horario diurno y nocturno, en día hábil y día no hábil, en el área del proyecto del COTECMAR.
  
-  Comparar los niveles de presión sonora con respecto a los límites permisibles establecidos en la Resolución No. 0627 del 7 de abril de 2006, emitida por el MAVDT hoy MADS.

## 5. GENERALIDADES

### 5.1. Normas Aplicables

**Tabla 1. Normatividad nacional aplicable para componente ruido.**

Entidad	Norma	Numeral	Descripción
Presidencia de la República	Decreto 2811 del 18 de Diciembre de 1974	Artículo 33	Establece las condiciones y requisitos necesarios para preservar y mantener la salud y la tranquilidad de los habitantes, mediante control de ruidos, originados en actividades industriales, comerciales, domésticas, deportivas, de esparcimiento, de vehículos de transporte, o de otras actividades análogas.
Presidencia de la República	Constitución Nacional de 1991	Capítulo III Artículos 79 y 80 del Capítulo III	"Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo" "Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados"
Congreso de Colombia	Ley 99 de 1993	-	Se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, encargando a las autoridades ambientales de ejercer la evaluación, control, y seguimiento ambiental de los usos del agua, suelo, aire y demás recursos renovables, entre otras disposiciones
Presidente de la República	Decreto 948 de 1995 modificado por el Decreto 979 de 2006	Artículo 14-y 15	Norma marco para el componente aire, en él se establecen los estándares máximos permisibles para emisión de ruido y ruido ambiental
MAVDT	Resolución 627 de 2006	Artículo 2º	Se fija la norma de emisión de ruido y ruido ambiental para todo el territorio nacional.
MADS	Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015	Título 5, Aire, Capítulo 1	Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible

**Fuente:** Recopilación de normatividad nacional de Colombia.

Para aquellas zonas donde se generan procesos industriales, los resultados del monitoreo se comparan con los valores de referencia tomados de la Resolución 627 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, mediante la cual se establece la norma de ruido ambiental.

En esta resolución se contempla la metodología de muestreo la cual estipula los horarios (Artículo 2), los parámetros de medida (Artículo 4), los intervalos unitarios de tiempo de medida (Artículo 5), ajustes (Artículo 6), la aplicabilidad de ruido ambiental (Artículo 14) el intervalo de tiempo de referencia (Artículo 15), los estándares máximos permisibles de ruido ambiental (Artículo 17). Así mismo, dicha metodología también abarca los anexos 1, 2, 3, 4 y 5 de esta norma. Los valores de referencia se toman del Capítulo III, Tabla 2 de la Resolución en mención, para establecer los estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en la fila correspondiente a "Sector C. Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.". (Ver **Tabla 2**).

**Tabla 2. Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental, expresados en decibeles dB(A), según la Resolución 627 del 7 de abril de 2006 artículo 17.**

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A)	
		Día	Noche
Sector A. Tranquilidad y Silencio	Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	55	45
Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	65	50
	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.		
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.		
Sector C. Ruido Intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	70
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, restaurantes.	70	55
	Zonas con usos permitidos de oficinas.	65	50
	Zonas con usos institucionales.		
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre, vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales	80	70
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Residencial suburbana.	55	45
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.		
	Zonas de Recreación y descanso, como parques y reservas naturales.		
Sector seleccionado	Subsectores y estándares máximos permisibles que aplican para el monitoreo de ruido ambiental realizado en el área de estudio		

**Fuente:** Resolución 627 del 07 de abril de 2006 artículo 17, emitida por el MAVDT hoy MADS.

## 5.2. Origen de la Contaminación por Ruido

En la **Tabla 3. Principales fuentes generadores de ruido**, se presenta una clasificación de fuentes generadoras de ruido, las cuales pueden ser de origen antropogénico o natural.

**Tabla 3. Principales fuentes generadores de ruido**

Fuente Generadora	Tipo de Fuente
Natural	Viento, sonido del mar, murmullo del agua, cascadas, entre otras
Antropogénica	Tráfico vehicular: pitos, alarmas, sirenas
	Transporte: Aviones, trenes, barcos
	Industria
	Actividades domésticas
	Discotecas, bares, espectáculos públicos y locales de esparcimiento
	Actividades militares

**Fuente:** Efectos del ruido sobre la salud. Ferrán Tolosa Cabani, 2003

### 5.2.1. Características del Ruido

De acuerdo con las características del ruido, éste puede clasificarse en continuo, intermitente, impulsivo, tonal y de baja frecuencia.

- **Ruido Continuo:** Es aquel cuyos niveles de presión sonora no presenta oscilaciones y se mantiene relativamente constante a través del tiempo, se produce por maquinaria que opera del mismo modo sin interrupción, por ejemplo, ventiladores, bombas y equipos de procesos industriales.
- **Ruido Intermitente:** Es aquel en el cual se presentan fluctuaciones bruscas y repentinas de la intensidad sonora en forma periódica, por ejemplo, una maquinaria que opera en ciclos, vehículos aislados o aviones.

**Ruido Impulsivo:** Es aquel en el que se presentan variaciones rápidas de un nivel de presión sonora en intervalos de tiempo mínimos, es breve y abrupto, por ejemplo, troqueladoras, pistolas, entre otras.

- **Ruido Tonal:** Es aquél que manifiesta la presencia de componentes tonales, es decir, que mediante un análisis espectral de la señal en 1/3 (un tercio) de octava, si al menos uno de los tonos es mayor en 5 dB(A) que los adyacentes, o es claramente audible, la fuente emisora tiene características tonales. Frecuentemente las máquinas con partes rotativas tales como motores, cajas de cambios, ventiladores y bombas, crean tonos. Los desequilibrios o impactos repetidos causan vibraciones que, transmitidas a través de las superficies al aire, pueden ser oídos como tonos.
- **Ruido de Baja Frecuencia:** Es aquel que posee una energía acústica significativa en el intervalo de frecuencias de 8 a 100 Hz. Este tipo de ruido es típico en grandes motores diésel de trenes, barcos y plantas de energía y, puesto que este ruido es difícil de amortiguar, se extiende fácilmente en todas direcciones y puede ser oído a muchos kilómetros.

## 6. PROCESO METODOLÓGICO

El monitoreo se realiza siguiendo el procedimiento estipulado en los Capítulo II y III del Anexo 3 de la Resolución 627 del 07 de abril de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible MADS, los cuales corresponden a las normas ANSI S1. Inicialmente se establece la zona de influencia, se determina el número de puntos evaluados y los tiempos de medición para la realización del monitoreo.

### 6.1. Fuentes generadoras de ruido

En la **Tabla 4** se resumen las principales fuentes de emisión de ruido identificadas en el área de estudio.

**Tabla 4. Fuentes de emisión de ruido.**

<b>Tráfico vehicular</b>
<u>Intermitente/ Lineal (Impulsivo/ Tonal)</u> En el área de estudio se evidenciaron vehículos que transitan constantemente, al estar en movimiento generan un ruido intermitente y lineal de carácter impulsivo por ser breve y abrupto; por los componentes internos de sus motores, los vehículos son susceptibles de generar ruido de carácter tonal. .
<b>Fuentes naturales: Viento y Fauna local</b>
<u>Intermitente/ Puntual (Impulsivo)</u> En la zona de estudio se evidencia poco ruido por presencia de la fauna local del área, únicamente se presentan aves destacadas por tener hábitos diurnos, además se presentan animales domésticos como perros, quienes generan un ruido de tipo intermitente, puntual e impulsivo, teniendo en cuenta que este tipo de ruido no se presenta de manera continua en el área de estudio

Fuente: Trabajo de campo, 2023.

### 6.2. Receptores de ruido

Se consideran receptores a los seres humanos que pueden verse afectados por el ruido generado en el área de estudio. Para el presente monitoreo, se identifica presencia de población a menos de 50 m de la zona activa de ruido, la cual corresponde en general a trabajadores de empresas e industrias que se encuentran en la zona.

### 6.3. Trabajo de campo

Para el monitoreo, se realiza una calibración acústica del micrófono del sonómetro y luego se ubica el micrófono a una altura de 4.0 metros. Las mediciones se toman empleando la escala de ponderación A (dBA) y en respuesta lenta (slow). En total se establecieron para el estudio cuatro (4) puntos estratégicamente distribuidos en el área de influencia y alrededores del proyecto de influencia del cliente COTECMAR, para la realización del monitoreo de ruido, en intervalos unitarios de tiempo de medida en cada una de las Cinco (5) direcciones (norte, sur, este, oeste y vertical), en horario diurno y horario nocturno, y en día hábil y día festivo.

	ELABORADO POR: SOLAMCOL S.A.S	Página 15 de 42
	INF_576_2023	

La selección de los sitios de medición se realizó en común acuerdo con el cliente en el cual se determinaron los puntos de interés, teniendo en cuenta los objetivos de estudio como lo son: identificar el impacto del nivel sonoro, por futuros proyectos, para obtener una línea base, y/o para obtener un diagnóstico del ruido ambiental (entorno) entre otros factores.

El micrófono siempre se protege con pantalla antiviento y se coloca sobre un trípode a la altura definida. Para la medición de la velocidad del viento se empleó una estación meteorológica ubicándola en el punto de monitoreo (altura), realizando la lectura de la velocidad durante la medición de ruido, estas mediciones deben efectuarse en tiempo seco, no debe haber lluvias, lloviznas, truenos o caída de granizo y los pavimentos deben estar secos, puesto que la velocidad del viento no debe ser superior a tres metros por segundo (3 m/s). La medición de la velocidad del viento debe hacerse a la misma altura a la que está ubicado el micrófono, y en el mismo momento y lugar donde se llevan a cabo las mediciones de ruido. Y si la velocidad del viento supera los 3m/s se debe seguir lo establecido en el párrafo del artículo 20 de la Resolución 627/2006; si lo es, se debe aplicar la respectiva corrección de acuerdo con las curvas de respuesta que el fabricante de las pantallas antiviento y micrófonos suministra. Las lecturas se registraron en las hojas de campo.

En las tablas a continuación, se puede observar de forma general los datos de las mediciones realizadas en el ruido ambiental.

## 7. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 7.1. Datos de la medición

En **Tabla 5** la se muestra la información general concerniente a la evaluación de ruido ambiental para el proyecto.

**Tabla 5. Datos generales de la medición.**

Aspecto	Valor
Localización	Cartagena, Bolívar
Horario de trabajo	Distribuido en horario diurno y nocturno Mediciones de ruido Ambiental día hábil: 25 de agosto de 2023 Mediciones de ruido Ambiental día no hábil: 27 de agosto de 2023
Sector de restricción de ruido ambiental	Se monitoreo 4 puntos en sector de restricción C
Condiciones meteorológicas*	Temperatura diurna: 29.7 °C Temperatura nocturna: 24.28 °C Velocidad del viento: 0.56 m/s a 1.68 m/s Dirección del viento predominante desde: NE - SE
Procedimiento para la medición de la velocidad del viento	Se midió la velocidad del viento, a una distancia de 0,5 metros del sonómetro, verificando que esta no fuera mayor a 3 m/s.
Naturaleza / estado del terreno entre la fuente y el receptor	No se presentan barreras naturales, ni artificiales.

\*De acuerdo con lo registrado en los formatos de campo.

**Fuente:** Trabajo de campo, 2023.

En la **Tabla 6** se muestra la información del responsable del monitoreo de ruido ambiental:

**Tabla 6. Responsables de las mediciones**

Organización	SOLAMCOL S.A.S
Dirección de la empresa	Autopista Medellín Km 3 – Terminal terrestre de Carga Bogotá Bodega 49, Modulo 7, Etapa 2
Fecha del monitoreo	29 y 27 de agosto de 2023
Tipo de monitoreo	Ruido ambiental

**Fuente:** Solamcol S.A.S., 2023

### 7.2. Datos meteorológicos

En la **Tabla 7** y la **Tabla 8** se muestra la información meteorológica concerniente a la evaluación de ruido ambiental del cliente COTECMAR.

**Tabla 7. Datos de las mediciones de ruido ambiental (día hábil)**

DÍA HÁBIL							
Punto	Descripción	Precipitación (mm)	Temp. Ambiente (°C)	Velocidad Promedio viento (m/s) *	Dirección del viento	Humedad (%)	Presión Atmosférica (mmHg)
Punto 1	RA5	0	28,9	0,8	S	83	757,5
Punto 2	RA6	0	28,9	0,9	NE	82	757,5
Punto 3	RA7	0	29	1,12	NE	83	757
Punto 4	RA8	0	29	0,7	N	83	757
Punto 1	RA5	0	24,6	0,74	S	90	757
Punto 2	RA6	0	24,7	1,02	S	89	757,5
Punto 3	RA7	0	24,5	0,68	SE	89	757
Punto 4	RA8	0	24,6	0,68	SE	89	757

 Diurno     Nocturno

\*Velocidad del Viento tomada como el mayor valor registrado durante la medición

**Fuente:** Instituto de Higiene Ambiental S.A.S., 2023

**Tabla 8. Datos de las mediciones de ruido ambiental (día no hábil)**

DÍA NO HÁBIL							
Punto	Descripción	Precipitación (mm)	Temp. Ambiente (°C)	Velocidad viento (m/s) *	Dirección del viento	Humedad (%)	Presión Atmosférica (mmHg)
Punto 1	RA5	0	30	0,84	N	80	757,5
Punto 2	RA6	0	30,1	1,68	NE	80	757,5
Punto 3	RA7	0	30,8	0,56	NE	81	757
Punto 4	RA8	0	30,9	0,62	N	81	757
Punto 1	RA5	0	23,9	1,94	E	85	757,5
Punto 2	RA6	0	23,9	1,184	SE	85	757,5
Punto 3	RA7	0	24	0,82	SE	85	757
Punto 4	RA8	0	24	0,88	N	86	757

 Diurno     Nocturno

\*Velocidad del Viento tomada como el mayor valor registrado durante la medición

**Fuente:** Solamcol, 2023

### 7.3. Equipos utilizados

Se utilizó un sonómetro Tipo I, para medir los niveles de ruido ambiental registrados en el punto monitoreado. De igual forma, se emplearon otros equipos descritos en la **Tabla 9**, junto con sus

	ELABORADO POR: SOLAMCOL S.A.S	Página 18 de 42
	INF_576_2023	

características principales. En el **Anexo 2 Certificado de calibración** se incluyen los certificados de calibración de los equipos utilizados.

**Tabla 9. Equipos empleados durante la medición.**

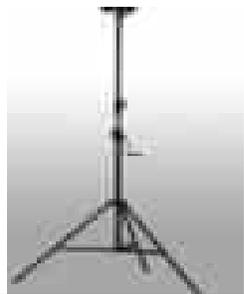
Imagen	Tipo	Marca	Modelo	Número de Serie	Características
	<u>Sonómetro</u>	BSWA TECH	BSWA 308	580263	Precisión <u>tipo I</u> . Sensibilidad de micrófono independiente de la frecuencia. Lectura en tiempo real con analizador de frecuencias en tercios de octava. <u>Filtros de ponderación de frecuencia</u> A, B, C y LIN. <u>Modos de respuesta</u> rápida, lenta, impulsos y picos. <u>Determinación del nivel equivalente, máximo y mínimo</u> . Cumple normas IEC 60651 y 60804. Certificado de calibración vigente adjunto en el <b>Anexo 2 Certificado de calibración</b> Provisto con cable de extensión de micrófono.
	<u>Calibrador acústico</u>	BSWA TECH	BSWA 308	580263	Nivel de 94 dB y 114 dB. Certificado de calibración vigente, adjunto en el <b>Anexo 2 Certificado de calibración</b>
	<u>Trípode</u>	No aplica	No aplica	No Aplica	Ajustable a altura de 4 metros. Capacidad de giro de 360 grados. Desarmable. Orientación variable.

Imagen	Tipo	Marca	Modelo	Número de Serie	Características
	<u>GPS</u>	Garmin	Vista	No Aplica	Registro de posiciones geográficas. Rutas de desplazamiento. Orientación para localizar los puntos almacenados previamente.
	Estación Meteorológica	PCE Instruments	PCE-FWS 20N	HX4584	Equipo para medición meteorológica que se compone de un conjunto integrado de sensores para la visualización y registro automático de los datos a través de una consola y un data logger, a través de los cuales se puede acceder y/o descargar la información. El conjunto de sensores integrados incluye sensor de temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento, precipitación, sensor de presión atmosférica

*Fuente: Solamcol, 2023.*

#### 7.4. Técnicas de medición

Las condiciones específicas de las mediciones de ruido ambiental se describen en la **Tabla 10**.

**Tabla 10. Técnica de medición utilizada.**

Aspecto	Características	
Configuración del sonómetro	<u>MEDIDOR 1:</u> Filtro de ponderación de frecuencia A. Modo de respuesta exponencial lenta ( <i>Slow</i> ). Intervalo de frecuencia: 1/3 octava.	<u>MEDIDOR 2:</u> Filtro de ponderación de frecuencia A. Modo de respuesta exponencial ( <i>Impulse</i> ). Intervalo de frecuencia: 1/3 octava.
	Configurado para registrar en memoria los niveles integrados en cada medición	
Ubicación del Sonómetro	<u>Mediciones de ruido ambiental</u> Ubicado sobre trípode a 4 metros de altura con respecto al piso.	
	<u>Mediciones de emisión de ruido</u> Se mide a 1,5 metros de distancia de la actividad o fuente generadora de ruido y a 1,20 m del piso.	
Verificación	Se realizó verificación acústica a una frecuencia de 1 kHz y a un nivel de presión sonora de 114 dB antes y después de las mediciones.	
Distribución temporal	Mediciones durante la jornada diurna y nocturna.	
Intervalo unitario de tiempo de medida	<u>Mediciones de ruido ambiental:</u> Se realizó la medición en el punto de monitoreo durante una hora tanto en periodo diurno como nocturno, las cuales tuvieron una duración de 8 minutos de medición y 4 minutos de pausa por cada una de las cinco direcciones (Norte, Este, Sur, Oeste y Vertical), completando 40 minutos de captura de información distribuidos en una hora por punto de muestreo.	
	Posicionamiento	
Se registraron las coordenadas con ayuda de un GPS (Datum WGS84).		

Aspecto	Características
Condiciones Generales	Uso de pantalla protectora de viento. Uso del anemómetro.

**Fuente:** Trabajo de campo, 2023.

## 7.5. Ruido ambiental

En el área de estudio se efectuaron mediciones de ruido ambiental en horario diurno (7:01 a las 21:00 horas), como en horario nocturno (21:01 a las 7:00 horas), con el objetivo de satisfacer los requerimientos del MAVDT hoy MADS, establecidos en la Resolución No. 627 de 2006 artículo 17.

A continuación, se indican las condiciones generales bajo las cuales se realizaron dichas mediciones:

-  Se estableció la medición de ruido ambiental en cuatro (4) puntos localizados en el área de influencia del proyecto, distribuidos en la estación denominada como COTECMAR en la ciudad de Cartagena, Bolívar, teniendo en cuenta la ubicación de donde se realizan los procesos productivos, así como las fuentes de ruido principales, como equipos y maquinaria.
-  El monitoreo fue ejecutado en horario diurno y nocturno, realizando mediciones en día hábil y en día no hábil, según lo recomendado en los Anexos II y III de la Resolución No. 627 del 7 de abril de 2006 emitida por MAVDT hoy MADS.
-  Las mediciones se hicieron en orientación de las 4 direcciones geográficas (Norte, Este, Sur y Oeste) y en posición vertical distribuido uniformemente en la hora hasta obtener 40 minutos de captura de información por cada hora monitoreada.
-  Se realizó el monitoreo para día hábil el 29 de agosto y para el día no hábil 27 de agosto del año 2023, teniendo en cuenta las actividades cotidianas de la población y el proyecto. Las mediciones se realizaron para el horario diurno entre las 7:01 y las 21:00 horas y para el nocturno entre las 21:01 y las 7:00 horas, según lo dispuesto en el Artículo 2 del capítulo 1 de la norma nacional de ruido ambiental.

## 7.6. Cálculos realizados

Algunos datos requeridos por la norma son calculados directamente por el sonómetro y otros fueron evaluados a partir de las lecturas. Los niveles de presión sonora continuos equivalentes ponderados A, LAeq,T, se corrigieron por impulsividad y tonalidad, tomando como referencia un solo factor K, siendo este el de mayor valor en dB(A).

### 7.6.1. Determinación de valores de ajuste K

De acuerdo con el Artículo 6 del Capítulo I de la *Resolución 627 de 2006*, “los niveles de presión sonora continuo equivalente ponderados A,  $L_{aeq}$ ,  $L_{eq}$ ,  $L_{eq}$  residual y nivel percentil  $L_{90}$ , se corrigen por tonalidad ( $K_T$ ), impulsividad ( $K_I$ ), condiciones meteorológicas, horarios ( $K_R$ ), tipos de fuentes y receptores, para obtener niveles corregidos de presión sonora continuo equivalente ponderado A”.

- La corrección del nivel  $K_T$  toma en consideración los componentes tonales del ruido en el lugar de la medición y durante el tiempo que estén presentes estos tonos, como se muestra a continuación:
  - Por percepción nula de componentes tonales: 0 dB(A).
  - Por percepción neta de componentes tonales: 3 dB(A).
  - Por percepción fuerte de componentes tonales: 6 dB(A).

Para la corrección del nivel  $K_T$ , se debe calcular:

$$L = L_T - L_S$$

En donde:

$L_T$ = Nivel de presión sonora de la banda f que contiene el tono puro

$L_S$ = Media de los niveles de las dos bandas situadas inmediatamente por encima y por debajo de f.

Se determina la presencia o ausencia de componentes tonales, entre 20 a 125 Hz

Si  $L < 8$  Db (A), no hay componentes tonales.

Si  $8 \text{ dB (A)} \leq L \leq 12 \text{ dB (A)}$  hay componente tonal neto

Si  $L > 12 \text{ dB (A)}$ , hay componente tonal fuerte

Se determina la presencia o ausencia de componentes tonales, entre 160 a 400 Hz

Si  $L < 5$  Db (A), no hay componentes tonales.

Si  $5 \text{ dB (A)} \leq L \leq 8 \text{ dB (A)}$  hay componente tonal neto

Si  $L > 8 \text{ dB (A)}$ , hay componente tonal fuerte

Se determina la presencia o ausencia de componentes tonales a partir de 500 Hz

Si  $L < 3 \text{ dB (A)}$ , no hay componentes tonales.

Si  $3 \text{ dB (A)} \leq L \leq 5 \text{ dB (A)}$  hay componente tonal neto

Si  $L > 5 \text{ dB (A)}$ , hay componente tonal fuerte

- Para la corrección del nivel  $K_i$ , se toman los componentes impulsivos en el lugar de medición y durante el tiempo que estén presentes los respectivos impulsos de la siguiente forma:
  - Por percepción nula de componentes impulsivos: 0 dB(A).
  - Por percepción neta de componentes impulsivos: 3 dB(A).
  - Por percepción fuerte de componentes impulsivos: 6 dB(A).

La corrección por condiciones meteorológicas, aunque se menciona en el Artículo 6 de la *Resolución 627 de 2006* no se realiza en el presente estudio debido que las condiciones meteorológicas de la zona fueron aptas (**Tabla 5**) cumpliendo con lo establecido en el artículo 20 de la normatividad aplicable ya que no se presentaron lluvias, los pavimentos se encontraban secos al momento del monitoreo y la velocidad del viento no superó los 3 m/s. Para el presente informe no aplica la corrección  $K_s$ , que es un ajuste positivo o negativo para ciertas fuentes y situaciones, por bajas frecuencias (dB(A)), de acuerdo con el numeral 1 del Anexo II de la Resolución 627 de 2006, se considera la corrección si el ruido proviene de las instalaciones de ventilación y climatización: 5 dB (A) en período diurno y 8 dB(A) en período nocturno. Una vez corregidos los niveles de presión sonora continuos equivalentes ponderados A,  $L_{Aeq,T}$ , son comparados con los estándares máximos permisibles de ruido ambiental.

Para la corrección del nivel  $K_i$ , se debe calcular:

$$L_I = L_{AI} - L_A T_I$$

En donde:

$L_{AI}$ = Nivel de presión sonora ponderado A, determinado con la característica temporal impulso, promediado en el tiempo  $T_I$

$L_A$ = Nivel de presión sonora continua equivalente ponderado A, durante  $T_I$

Se determina la presencia o ausencia de componentes tonales, entre 20 a 125 Hz

Si  $L_I < 3 \text{ dB (A)}$ , no hay componentes impulsivos.

Si  $3 \text{ dB (A)} \leq L_I \leq 6 \text{ dB (A)}$  hay percepción neta de componentes impulsivos

Si  $L_I > 6 \text{ dB (A)}$ , hay percepción fuerte de componentes impulsivos

En la **Tabla 11** se describen los cálculos realizados y en el **Anexo 1. Soportes de campo** se encuentran los resultados sin corrección del presente informe.

**Tabla 11. Cálculos realizados para determinación de los valores de Ajustes K.**

No.	Valor Calculado	Fórmula	Observaciones
1	Ajustes	$L_{RA}(X),T$ $= L_A(X),T$ $+ (K_I, K_T, K_R, K_S)$	$K_I$ = Ajuste por impulsos (dB(A)) $K_T$ = Ajuste por tono y contenido de información (dB(A)) $K_R$ = Ajuste por la hora del día (dB(A)) $K_S$ = Ajuste (positivo o negativo) para ciertas fuentes y situaciones, por ejemplo, bajas frecuencias (dB(A)) (X)= Corresponde a cualquiera de los parámetros de medida de que trata el artículo 4 de la resolución 627 de 2006. <b>El nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, <math>L_{Aeq,T}</math>, solo se corrige por un solo factor K, el de mayor valor en dB(A).</b>
			<b>POR COMPONENTES TONALES*</b>
	Ajustes	$L = L_T - L_S$	$L_T$ = Nivel de presión sonora de la banda f que contiene el tono puro $L_S$ = Media de los niveles de las dos bandas situadas inmediatamente por encima y por debajo de f. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Por percepción nula de componentes tonales: 0 dB(A).</li> <li>• Por percepción neta de componentes tonales: 3 dB(A).</li> <li>• Por percepción fuerte de componentes tonales: 6 dB(A).</li> </ul>
			<b>POR COMPONENTES IMPULSIVOS**</b>
		$L_I = L_{AI} - L_A, T_I$	$L_{AI}$ = Nivel de presión sonora ponderado A, determinado con la característica temporal Impulso (Impulse; en inglés). $L_A, T_I$ = Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, durante $T_I$ , $L_A$ . <ul style="list-style-type: none"> <li>• Por percepción nula de componentes impulsivos: 0 dB(A).</li> <li>• Por percepción neta de componentes impulsivos: 3 dB(A).</li> <li>• Por percepción fuerte de componentes impulsivos: 6 dB(A).</li> </ul>

\* Se entiende por componentes tonales aquellos que mediante un análisis espectral de la señal en 1/3 (un tercio) de octava, si al menos uno de los tonos es mayor en 5 dBA que los adyacentes, o es claramente audible, la fuente emisora tiene características tonales. Frecuentemente las máquinas con partes rotativas tales como motores, cajas de cambios, ventiladores y bombas, crean tonos. Los desequilibrios o impactos repetidos causan vibraciones que, transmitidas a través de las superficies al aire, pueden ser oídas como tonos.

\*\* Componentes impulsivos son aquellos en los que se presentan variaciones rápidas de un nivel de presión sonora en intervalos de tiempo mínimos, es breve y abrupto, por ejemplo, troqueladoras, pistolas, entre otras.

**Fuente:** Resolución 627 de 2006. MAVDT.

## 7.6.2. Incertidumbre de medición

Este parámetro, está asociado al resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores que pudieran ser razonablemente atribuidos a la magnitud a medir. El parámetro está relacionado con la desviación típica (o un múltiplo de ésta), o la amplitud del intervalo de confianza. La incertidumbre de medición comprende, en general, varios componentes. Algunos de ellos pueden ser evaluados a partir de la distribución estadística de los resultados de series de mediciones y pueden ser caracterizados mediante desviaciones típicas experimentales.

	ELABORADO POR: SOLAMCOL S.A.S	Página 24 de 42
	INF_576_2023	

Los otros componentes, que pueden también ser caracterizados por desviaciones típicas, son evaluados a partir de distribuciones de probabilidad asumida, basadas en la experiencia u otra información. Se entiende que el resultado de la medición es el mejor estimado del valor de la magnitud a medir y de todos los componentes de la incertidumbre que contribuyen a la dispersión, incluyendo aquellos que surgen de los efectos sistemáticos tales como los componentes asociados con las correcciones y los patrones de referencia.

En la **Tabla 12** se describen los cálculos realizados y en el **Anexo 1. Soportes de campo** se encuentran los documentos de resultados sin correcciones del presente informe.

**Tabla 12. Cálculos realizados.**

Valor Calculado	Fórmula	Observaciones
Ruido ambiental	$L_{Aeq} = 10 \log \frac{1}{5} \left( 10^{\frac{L_N}{10}} + 10^{\frac{L_O}{10}} + 10^{\frac{L_S}{10}} + 10^{\frac{L_E}{10}} + 10^{\frac{L_V}{10}} \right)$	L <sub>Aeq</sub> = Nivel equivalente resultante de la medición. L <sub>N</sub> = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido norte L <sub>O</sub> = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido oeste L <sub>S</sub> = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido sur L <sub>E</sub> = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido este L <sub>V</sub> = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientado en sentido vertical

*Fuente: Resolución 627 de 2006. MAVDT.*

### 7.6.3. Interpretación de resultados

#### 7.6.3.1. Ruido ambiental:

De acuerdo con lo establecido en la Resolución No. 627 del 7 de abril de 2006 del MAVDT hoy MADS, el resultado final de las mediciones se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$L_{Aeq} = 10 \log \frac{1}{5} \left( 10^{\frac{L_N}{10}} + 10^{\frac{L_O}{10}} + 10^{\frac{L_S}{10}} + 10^{\frac{L_E}{10}} + 10^{\frac{L_V}{10}} \right)$$

Donde:

**L<sub>Aeq</sub>** = Nivel equivalente resultado medición.

**L<sub>N</sub>** = Nivel equivalente medio en la posición del micrófono orientada en sentido Norte.

$L_o$  = Nivel equivalente medio en la posición del micrófono orientada en sentido Oeste.

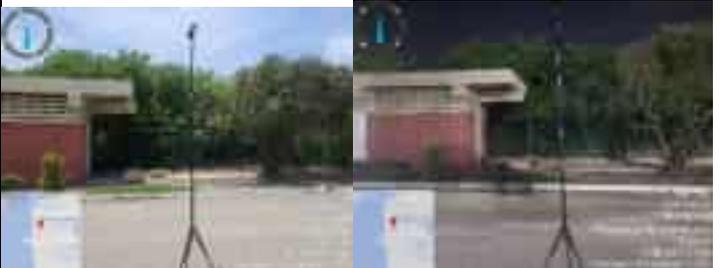
$L_s$  = Nivel equivalente medio en la posición del micrófono orientada en sentido Sur.

$L_E$  = Nivel equivalente medio en la posición del micrófono orientada en sentido Este.

$L_v$  = Nivel equivalente medio en la posición del micrófono orientada en sentido vertical.

Dicho resultado permitirá establecer los niveles de presión sonora para el área en estudio para posteriormente ser comparados con los estándares máximos permisibles establecidos para los sectores de restricción que apliquen al estudio, asociando con las fuentes presentes en cada punto de monitoreo.

**8. LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN**

Punto de Monitoreo	Imagen Monitoreo	Coordenadas		Altura (m.s.n.m.)	Sector de Restricción Resolución 627 de 2006
		Geográficas WGS 84	Datum Magna Sirgas Origen Nacional		
<b>Ruido ambiental</b>					
RA5		<p>10°19'40.452" N 75°30'20.802" W</p>	<p>2700335.599 N 4725685.143 E</p>	7.7	C
RA6		<p>10°19'40.488" N 75°30'30.912" W</p>	<p>2700339.120 N 4725377.523 E</p>	4.9	C

Punto de Monitoreo	Imagen Monitoreo	Coordenadas		Altura (m.s.n.m.)	Sector de Restricción Resolución 627 de 2006
		Geográficas WGS 84	Datum Magna Sirgas Origen Nacional		
RA7		<p>10°19'34.284" N 75°30'32.688" W</p>	<p>2700148.911 N 4725321.990 E</p>	4.5	C
RA8		<p>10°19'34.35" N 75°30'16.446" W</p>	<p>2700147.057 N 4725816.215 E</p>	2.5	C

Imagen 1. Localización general de los puntos de monitoreo de ruido ambiental en el área de estudio.



Fuente: Google Earth, 2023.

## 9. RESULTADOS

A continuación, se realiza una valoración de los niveles de ruido ambiental, durante los horarios diurno y nocturno, en los puntos ubicados en el área del proyecto, teniendo en cuenta los usos del suelo. Esta valoración toma las mediciones en campo (Leq) hechas en ponderación A y tiempo de respuesta S y las compara con la normatividad ambiental vigente.

### 9.1. Ruido Ambiental

Se realizó una evaluación de los niveles de ruido ambiental durante los horarios diurno y nocturno en jornada hábil y no hábil en los puntos ubicados en el área del proyecto, teniendo en cuenta las características de uso del sector (**Tabla 2**).

**Tabla 13. Comparación resultados obtenidos con límite permisible horario diurno y nocturno (Sector C).**

DIA	HORARIO	Dirección					L <sub>Aeq</sub> dB(A) sin corrección	LR <sub>Aeq</sub> dB(A) corregido	Estándar máximo permisible de nivel de ruido ambiental en dB (A)	
		Punto	N	E	S	O				V
HÁBIL	DIURNO	RA5	47,20	50,30	41,00	40,90	41,80	41,66	46,01	75,00
		RA6	49,90	44,30	40,20	47,20	49,80	43,45	47,53	75,00
		RA7	49,90	55,10	47,10	45,20	48,10	48,26	50,57	75,00
		RA8	51,50	51,50	59,30	57,10	50,50	54,95	55,46	75,00
	NOCTURNO	RA5	43,60	44,50	44,60	54,30	44,70	45,79	48,79	70,00
		RA6	46,10	47,30	46,00	46,20	46,90	43,53	46,53	70,00
		RA7	39,90	44,70	46,80	54,50	52,40	47,36	50,36	70,00
		RA8	45,90	55,40	54,30	56,90	54,70	48,71	54,59	70,00
FESTIVO	DIURNO	RA5	61,10	61,90	53,70	50,10	50,00	57,79	58,16	75,00
		RA6	52,60	57,50	47,90	49,40	50,50	50,03	53,03	75,00
		RA7	51,60	50,00	49,70	43,00	47,70	45,38	49,21	75,00
		RA8	53,20	58,20	55,70	51,40	56,50	51,56	55,63	75,00
	NOCTURNO	RA5	43,60	44,50	44,60	54,30	44,70	45,79	48,79	70,00
		RA6	46,10	47,30	46,00	46,20	46,90	43,53	46,53	70,00
		RA7	39,90	44,70	46,80	54,50	52,40	47,36	50,36	70,00
		RA8	45,90	55,40	54,30	56,90	54,70	48,71	54,59	70,00

N: Norte. E: Este. S: Sur. O: Oeste. V: Vertical.

Mediciones realizadas en día no hábil

Fuente: SOLAMCOL SAS., 2023.

### 9.1.1. Análisis de resultados

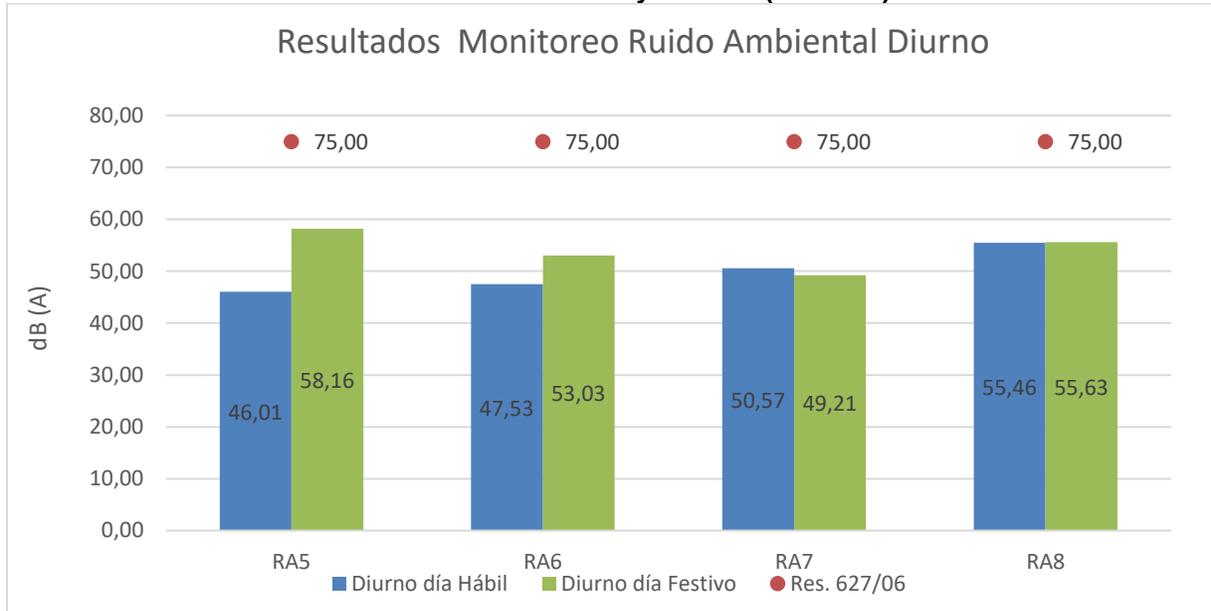
#### 9.1.1.1. Horario diurno

En la **Tabla 13** se presentan los resultados para los puntos localizados en el sector de restricción actividades que se realizan en el área del proyecto, según la **Tabla 2** estos se clasificaron en el Sector C Ruido Intermedio Restringido, Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas., en el cual el límite máximo establecido para el horario diurno es de 75 dB.

Para los puntos de ruido ambiental evaluados, clasificados en el sector de restricción C, acorde a las actividades evidenciadas, en horario diurno se evidenciaron niveles de presión sonora en día hábil de 46.01 dB, 47.53 dB, 50.57 dB y 55.46 dB en los puntos RA1, RA2, RA3 y RA4, respectivamente y en día no hábil de 58.16 dB para RA1, de 53.03 dB para RA2, de 49.21 dB para RA3 y de 55.63 dB para RA4, presentando total cumplimiento respecto al límite máximo permisible (75 dB) establecido en la Resolución N° 627 del 7 de abril de 2006, en los cuatro (4) puntos analizados en este sector. Los valores registrados se relacionan con las fuentes de ruido identificadas durante el monitoreo. En la **Gráfica 1**, se ilustra el comportamiento de los niveles de presión sonora en el sector C.

La totalidad de los puntos de monitoreo de ruido ambiental registraron valores por debajo del límite permisible establecido en la Resolución No. 627 de 2006 para este subsector, que es de 75 dB. Donde se registraron leve flujo vehicular, actividades esporádicas en el tema portuario y paso esporádico de personal en inmediaciones de la zona.

**Gráfica 1. Niveles de presión sonora registrados durante el monitoreo de ruido ambiental en el horario diurno día hábil y no hábil (Sector C)**



Fuente: SOLAMCOL SAS, 2023.

### 9.1.1.2. Horario nocturno

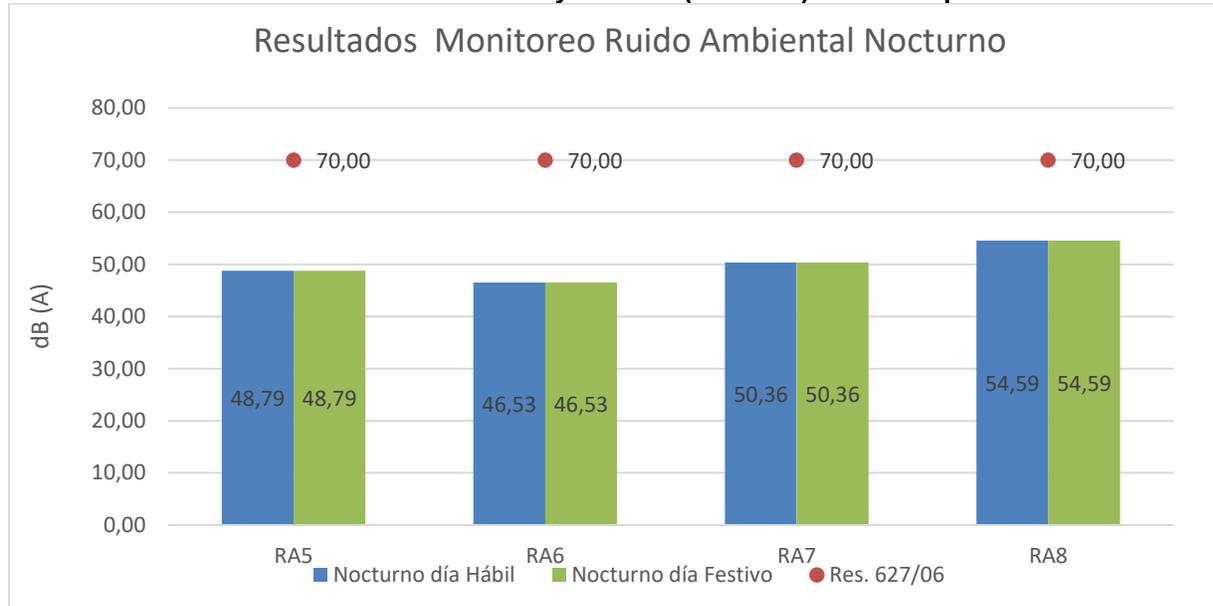
En la **Tabla 13** se presentan los resultados para los puntos localizados en el sector de restricción Sector C Ruido Intermedio Restringido, Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas., en el cual el límite máximo establecido para el horario nocturno es de 70 dB.

De acuerdo con los puntos de ruido ambiental analizados en el área de influencia de MAMONAL, clasificados en el sector de restricción C, acorde a las actividades evidenciadas, en horario nocturno se obtuvieron niveles de presión sonora que se encontraron en un rango de 46.53 dB (RA6) a 54.59 dB (RA8) en día hábil y no hábil, presentando total cumplimiento respecto al límite máximo permisible (70 dB) establecido en la Resolución N° 627 del 7 de abril de 2006, como se observa en la **Gráfica 2**.

El formato nocturno del monitoreo se caracterizó por poco tránsito de vehículos y peatones, así como la poca actividad efectuada en el puerto. En la **Gráfica 2** se puede observar los valores obtenidos para el formato día hábil y no hábil respectivamente, cumpliendo con los límites permisibles de la norma.

Las anteriores observaciones se encuentran en el **Anexo 1. Soportes de Campo**.

**Gráfica 2. Niveles de presión sonora registrados durante el monitoreo de ruido ambiental en el horario nocturno día hábil y no hábil (Sector C) - multitemporal**



Fuente: SOLAMCOL SAS, 2023.

### 9.1.2. Correcciones por tonalidad e impulsividad

Respecto a las correcciones por tonalidad e impulsividad, los cálculos efectuados se pueden observar en el Anexo 4 adjunto a este documento.

### 9.1.3. Incertidumbre de la medición

Los resultados obtenidos tienen un grado de error inherente que depende entre otros de los siguientes factores:

- **La precisión del instrumento utilizado:** Se utilizó un sonómetro tipo I, para el cual está definido un error máximo de  $\pm 0,21$  dB.
- **La propagación del error en los cálculos:** Cuando se realizan operaciones con datos que tiene un error, el resultado presenta también un error distinto que se puede calcular. Sin embargo, en estos casos su magnitud es por lo general menor que el error considerado anteriormente y no se justifica su determinación.

**Tabla 14. Incertidumbre de la medición.**

Incertidumbre					
Incertidumbre típica dB				Incertidumbre típica combinada dB	Incertidumbre de medición expandida dB
Instrumentación	Condiciones de funcionamiento	Condiciones meteorológicas y del terreno	Sonido residual		
0,5	0	0,5	0	0,105	0,21

Fuente: SOLAMCOL SAS 2023.

#### 9.1.4. Intervalos de confianza

Debido a que la medición tiene implícito un error relacionado con la variación de los niveles de ruido de un ciclo a otro a causa de fluctuaciones de variables no controladas y al error propio del instrumento de medición, los niveles de ruido obtenidos deben interpretarse más como un intervalo dentro del cual puede estar el nivel real, que, como un resultado puntual indiscutible, a dicho intervalo se le conoce como intervalo de confianza. Para el monitoreo diurno se presentaron intervalos de confianza de 2.42 dB a 5.20 dB, y en horario nocturno los intervalos oscilaron entre 0,52 dB y 5.27 dB, dichos datos son establecidos propiamente por el sonómetro.

**Tabla 15. Intervalos de confianza Ruido Ambiental**

DIA	HORARIO	Punto	LR,Aeq dB(A) corregido	Valor dB		Estándar máximo permisible de nivel de ruido ambiental en dB (A)
HÁBIL	DIURNO	RA5	46,01	±	3,83	75,00
		RA6	47,53	±	3,67	75,00
		RA7	50,57	±	3,37	75,00
		RA8	55,46	±	3,54	75,00
	NOCTURNO	RA5	48,79	±	4,00	70,00
		RA6	46,53	±	0,52	70,00
		RA7	50,36	±	5,27	70,00
		RA8	54,59	±	3,87	70,00
FESTIVO	DIURNO	RA5	58,16	±	5,20	75,00
		RA6	53,03	±	3,34	75,00
		RA7	49,21	±	2,97	75,00
		RA8	55,63	±	2,42	75,00
	NOCTURNO	RA5	48,79	±	4,00	70,00
		RA6	46,53	±	0,52	70,00
		RA7	50,36	±	5,27	70,00
		RA8	54,59	±	3,87	70,00

Fuente: SOLAMCOL SAS 2023.

## 10. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos del monitoreo de Ruido Ambiental realizado en el área de influencia para el proyecto del cliente COTECMAR ubicado en la ciudad de Cartagena, Bolívar, clasificado en Sector C Sector C Ruido Intermedio Restringido, Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas, el límite máximo establecido para el horario diurno es de 75 dB y para el nocturno de 70 dB. Se puede concluir que:

- Del análisis realizado en jornada diurna día hábil y no hábil, se evidencia que las mediciones realizadas se encuentran dentro del límite permisible de acuerdo con lo observado en el monitoreo, con factores comunes (flujo vehicular, transeúntes y maquinaria portuaria) que contribuyen con las variaciones en los niveles de presión sonora en el entorno industrial.
- En la jornada nocturna en el formato hábil y no hábil, los datos recolectados presentan cumplimiento de acuerdo con la Resolución No. 627 de 2006, ya que de acuerdo con las fuentes evidenciadas por el equipo de medición hubo poca o nulas actividades nocturnas provenientes de la zona.

### Recomendaciones

Las mediciones efectuadas en jornada diurna y nocturna en formato diurna hábil y no hábil se presenta cumplimiento normativo bajo las especificaciones de la Resolución 0627 de 2006 emitida por el Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial ahora Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, se puede considerar que no hay alteraciones significativas de nivel de presión sonora en los puntos, Asimismo se recomienda seguir implementando medidas de control de ruido, con el fin de controlar y/o apaciguar posibles fuentes de alto nivel sonoro.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

**APHA INTERSOCIETY COMMITTEE.** *Methods of Air Sampling and Analysis. Second Edition.* American Public Health Association. Washington D.C. 1985.

**DE NEVERS, N.** Ingeniería de Control de la Contaminación del Aire. MC Graw Hill. 1998.

**E.P.A. – ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY.** Compilation of air Pollutant Emission Factors. Supplement 14. Chapter 11.2.3. 1977.

\_\_\_\_\_. Compilation of Air Pollutant Emission Factors. 1995.

**E ROBERTS ALLEY & ASSOCIATES, INC.** Air Quality Control Handbook. 1998.

\_\_\_\_\_. Protocolo para la vigilancia y seguimiento del módulo aire del sistema de información ambiental. 2005.

**ICONTEC.** Norma NTC ISO/IEC 17025:1999.

\_\_\_\_\_. Norma NTC 3704. Gestión Ambiental. Aire Ambiente. Determinación de la Concentración de Partículas en el Aire Ambiente. 1995.

**MCS CONSULTORÍA & MONITOREO AMBIENTAL.** Protocolo General para el Muestreo y Manejo de Equipos de Calidad de Aire. Código I-PMO01-07, Revisión 1. 2009

**MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL.** Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire. *Manual de diseño de sistemas de vigilancia de la calidad del aire.* Bogotá, octubre 2010.

**MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL (MAVDT, hoy**

**MADS).** Resolución 627 de 2006. Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental. Bogotá, D.C. Colombia.

**OPS/OMS & CEPIS/OPS.** Guías para la Calidad del Aire. Publicación 04.110 .2004.

**REDAIRE (Red de Vigilancia de la Calidad del Aire).** Protocolo para el muestreo de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) utilizando el equipo tres gases. 2006.

\_\_\_\_\_. Protocolo para el muestreo de partículas suspendidas totales (PST y PM<sub>10</sub>) utilizando el equipo muestreador de calidad del aire alto volumen Hi-Vol. 2006.

**SEINFELD, J.E.** Contaminación Atmosférica; Fundamentos Físicos y Químicos. Instituto de Estudios de Administración Local. Madrid, 1978.

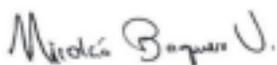
**TISCH ENVIRONMENTAL, INC.** OPERATIONS MANUAL, Particulate Matter 10 Microns and less High Volume Air Sampler, based on U.S. EPA Federal Reference Number RFPS-0202- 141. 2006.

**UNITED NATIONS.** Urban air pollution in megacities of the world. United Nations Environmental Program and World Health Organization. Appendix 1.

**USEPA.** CFR Title 40 Parts 52-59, 1995.

El presente informe fue elaborado y aprobado por:

Elaborado por:



---

Nicolas Baquero Vargas  
Ingeniero de Proyectos  
SOLAMCOL S.A.S

Aprobado por:



---

Juan David Varón C.  
Gerente General  
SOLAMCOL S.A.S