



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL  
“ÁREA DE DESARROLLO LLANOS 141”

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA  
DE INFLUENCIA

CAPÍTULO 3

3.2.9 Atmósfera

3.2.9.2 Aire



---

**CONTENIDO**

	Pág.
3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA .....	1
3.2 MEDIO ABIÓTICO .....	1
3.2.9 Atmósfera .....	1
3.2.9.2 Calidad del aire.....	1
3.2.9.2.1 Identificación de fuentes de emisión.....	1
3.2.9.2.2 Descripción de las fuentes de emisión .....	15
3.2.9.2.3 Potenciales receptores .....	38
3.2.9.2.4 Monitoreo de calidad del aire.....	49
3.2.9.2.5 Ubicación de las estaciones .....	50
3.2.9.2.6 Métodos de toma de muestra .....	67
3.2.9.2.7 Análisis de resultados .....	71
3.2.9.2.8 Índice de calidad de aire (ICA) .....	87
3.2.9.2.9 Modelación de calidad del aire .....	91

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 3.2.9.2-1	Descripción de las fuentes de emisión identificadas en el área de Influencia del Área de Desarrollo Llanos 141 ..... 3
Tabla 3.2.9.2-2	Inventario de fuentes de emisiones atmosféricas ..... 5
Tabla 3.2.9.2-3	Vías existentes al interior del Área de Desarrollo Llanos 141 y de uso por el proyecto ..... 25
Tabla 3.2.9.2-4	Coordenadas puntos de aforo vehicular ..... 28
Tabla 3.2.9.2-5	Recategorización vehicular ..... 29
Tabla 3.2.9.2-6	Localización y movimientos aforados ..... 30
Tabla 3.2.9.2-7	Resultados del aforo vehicular ..... 33
Tabla 3.2.9.2-8	Resultados del TDP en los puntos de aforo vehicular ..... 34
Tabla 3.2.9.2-9	Receptores sociales identificados en el área de influencia del proyecto ..... 39
Tabla 3.2.9.2-10	Estaciones de calidad del aire del Área de Desarrollo Llanos 141 ..... 55
Tabla 3.2.9.2-11	Estaciones de calidad del aire AIRE_01 del Área de Desarrollo Llanos 141 ..... 56
Tabla 3.2.9.2-12	Estaciones de calidad del aire AIRE_02 del Área de Desarrollo Llanos 141 ..... 57
Tabla 3.2.9.2-13	Estaciones de calidad del aire AIRE_03 del Área de Desarrollo Llanos 141 ..... 59
Tabla 3.2.9.2-14	Estaciones de calidad del aire AIRE_04 del Área de Desarrollo Llanos 141 ..... 61
Tabla 3.2.9.2-15	Compuestos monitoreados ..... 63
Tabla 3.2.9.2-16	Compuestos monitoreados ..... 66
Tabla 3.2.9.2-17	Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio ..... 66
Tabla 3.2.9.2-18	Análisis de variables principales de las estaciones a nivel diario ..... 76
Tabla 3.2.9.2-19	Análisis de variables principales de las estaciones a nivel mensual ..... 76
Tabla 3.2.9.2-20	Análisis de variables principales de las estaciones a nivel anual ..... 76
Tabla 3.2.9.2-21	Análisis de variables principales de las estaciones a nivel diario ..... 77
Tabla 3.2.9.2-22	Análisis de variables principales de las estaciones a nivel mensual ..... 77
Tabla 3.2.9.2-23	Análisis de variables principales de las estaciones a nivel anual ..... 77
Tabla 3.2.9.2-24	Comparación de Concentraciones obtenidas para PM <sub>10</sub> contra Resolución 2254/2017 ..... 78
Tabla 3.2.9.2-25	Valores medios, máximos y mínimos de PM <sub>10</sub> ..... 79
Tabla 3.2.9.2-26	Comparación de Concentraciones obtenidas para PM <sub>2.5</sub> contra Resolución 2254/2017 ..... 79
Tabla 3.2.9.2-27	Valores medios, máximos y mínimos de PM <sub>2.5</sub> ..... 80
Tabla 3.2.9.2-28	Comparación de Concentraciones obtenidas para SO <sub>2</sub> contra Resolución 2254/2017 ..... 81
Tabla 3.2.9.2-29	Valores medios, máximos y mínimos de SO <sub>2</sub> ..... 81
Tabla 3.2.9.2-30	Comparación de Concentraciones obtenidas para NO <sub>2</sub> contra Resolución 2254/2017 ..... 82
Tabla 3.2.9.2-31	Valores medios, máximos y mínimos de NO <sub>2</sub> ..... 82

---

Tabla 3.2.9.2-32	Comparación de Concentraciones obtenidas para O <sub>3</sub> contra Resolución 2254/2017.....	83
Tabla 3.2.9.2-33	Valores medios, máximos y mínimos de O <sub>3</sub> .....	84
Tabla 3.2.9.2-34	Comparación de Concentraciones máximas horarias obtenidas contra Resolución 2254/2017.....	84
Tabla 3.2.9.2-35	Valores medios, máximos y mínimos horarios de CO.....	85
Tabla 3.2.9.2-36	Comparación de Concentraciones obtenidas para COV contra Resolución 2254/2017.....	86
Tabla 3.2.9.2-37	Valores medios, máximos y mínimos de COV's.....	86
Tabla 3.2.9.2-38	Clasificación por escala de valores - ICA.....	87
Tabla 3.2.9.2-39	Resultados diarios ICA.....	89
Tabla 3.2.9.2-40	Resumen resultados ICA.....	90

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 3.2.9.2-1	Clasificación por tipo de fuente ..... 2
Figura 3.2.9.2-2	Fuentes de emisión en el área de influencia del proyecto ..... 15
Figura 3.2.9.2-3	Fuentes de emisión lineales en el área de influencia del proyecto..... 27
Figura 3.2.9.2-4	Ubicación espacial de los puntos de aforo vehicular ..... 28
Figura 3.2.9.2-5	Resultados del TDP en los puntos de aforo vehicular ..... 34
Figura 3.2.9.2-6	Composición vehicular TDP – AV_01 ..... 35
Figura 3.2.9.2-7	Composición vehicular TDP – AV_02 ..... 35
Figura 3.2.9.2-8	Composición vehicular TDP – AV_03 ..... 36
Figura 3.2.9.2-9	Composición vehicular TDP – AV_04 ..... 36
Figura 3.2.9.2-10	Composición vehicular TDP – AV_05 ..... 37
Figura 3.2.9.2-11	Composición vehicular TDP – AV_06 ..... 37
Figura 3.2.9.2-12	Composición vehicular TDP – AV_07 ..... 38
Figura 3.2.9.2-13	Composición vehicular TDP – AV_08 ..... 38
Figura 3.2.9.2-14	Receptores sensibles identificados en el área de influencia del proyecto – Infraestructura social ..... 48
Figura 3.2.9.2-15	Estaciones meteorológicas cercanas al área de influencia del proyecto..... 51
Figura 3.2.9.2-16	Rosa de los vientos - Estación Aeropuerto Vanguardia..... 52
Figura 3.2.9.2-17	Rosa de los vientos - Estación Salinas De Upin - Aut ..... 52
Figura 3.2.9.2-18	Rosa de los vientos - Estación Unillanos ..... 53
Figura 3.2.9.2-19	Ubicación de las estaciones de calidad del Aire Área de Desarrollo Llanos 141 ..... 55
Figura 3.2.9.2-20	Equipo HI-Vol para monitoreo PM10..... 67
Figura 3.2.9.2-21	Equipo toma de muestra PM <sub>2.5</sub> ..... 68
Figura 3.2.9.2-22	Tren de muestras ..... 69
Figura 3.2.9.2-23	Equipo de toma de muestra NO <sub>2</sub> ..... 70
Figura 3.2.9.2-24	Equipo de toma de muestra O <sub>3</sub> ..... 70
Figura 3.2.9.2-25	Equipo de toma de muestra CO ..... 71
Figura 3.2.9.2-26	Temperatura promedio diaria ..... 72
Figura 3.2.9.2-27	Humedad relativa promedio diaria ..... 73
Figura 3.2.9.2-28	Precipitación diaria ..... 73
Figura 3.2.9.2-29	Rosa de vientos – Estación 1. Cumaral – Meta ..... 74
Figura 3.2.9.2-30	Rosa de vientos – Estación 2. Cumaral – Meta ..... 74
Figura 3.2.9.2-31	Rosa de vientos – Estación 3. Cumaral – Meta ..... 75
Figura 3.2.9.2-32	Rosa de vientos – Estación 4. Cumaral– Meta ..... 75
Figura 3.2.9.2-33	Radiación Solar mensual multianual - Estación Aeropuerto Vanguardia ..... 76
Figura 3.2.9.2-34	Presión atmosférica total anual - Estación La Libertad - Aut ..... 77
Figura 3.2.9.2-35	Distribución de los resultados vs norma – PM <sub>10</sub> ..... 78
Figura 3.2.9.2-36	Distribución de los resultados vs norma – PM <sub>2.5</sub> ..... 80
Figura 3.2.9.2-37	Distribución de los resultados vs norma – SO <sub>2</sub> ..... 81
Figura 3.2.9.2-38	Distribución de los resultados max horario día vs norma – NO <sub>2</sub> ..... 82
Figura 3.2.9.2-39	Distribución de los resultados media móvil (8 horas) vs norma – O <sub>3</sub> ..... 83

---

Figura 3.2.9.2-40	Distribución de los resultados máximo horario vs norma – CO .....	85
Figura 3.2.9.2-41	Distribución de los resultados vs norma – COV's .....	86
Figura 3.2.9.2-42	Resumen resultados ICA .....	91

---

**ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS**

	Pág.
Fotografía 3.2.9.2-1 Planta de extracción Hda. La Cabaña, Inspección Presentado.....	16
Fotografía 3.2.9.2-2 Frigorífico, vereda inspección Presentado .....	17
Fotografía 3.2.9.2-3 Quema de residuos, vereda Venturosa .....	18
Fotografía 3.2.9.2-4 Avioneta de aspersión, vereda San Nicolas .....	18
Fotografía 3.2.9.2-5 Crianza y tenencia de cerdos, Finca La Floresta.....	19
Fotografía 3.2.9.2-6 Avima, vereda inspección presentado .....	20
Fotografía 3.2.9.2-7 Avícola, vereda Venturosa .....	20
Fotografía 3.2.9.2-8 Ganadería, vereda San Nicolas .....	20
Fotografía 3.2.9.2-9 Finca La Bucana, vereda El Palmar.....	20
Fotografía 3.2.9.2-10 Tala de árboles, vereda Inspección Presentado.....	21
Fotografía 3.2.9.2-11 Aprovechamiento forestal doméstico en la vereda Inspección San Nicolas.....	21
Fotografía 3.2.9.2-12 Hacienda La Cabaña, vereda Inspección Presentado.....	22
Fotografía 3.2.9.2-13 Cultivo de palma La Iguanera, vereda Laguna Brava.....	22
Fotografía 3.2.9.2-14 Concesión de aguas superficiales del caño Mateguadua a la señora Fanny Ramos A, vereda Sardinata .....	22
Fotografía 3.2.9.2-15 Finca La Montana, veres San Nicolas.....	22
Fotografía 3.2.9.2-16 Filtros percoladores PTAR Cumaral.....	23
Fotografía 3.2.9.2-17 Tratamiento de aireación PTAR Cumaral .....	23
Fotografía 3.2.9.2-18 Camiones carga fruto de palma .....	24
Fotografía 3.2.9.2-19 Tractor vía área rural .....	24
Fotografía 3.2.9.2-20 Vía área rural.....	24
Fotografía 3.2.9.2-21 Vía acceso planta de aceite La Cabaña .....	24

### 3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

#### 3.2 MEDIO ABIÓTICO

##### 3.2.9 Atmósfera

En el documento denominado Capítulo 3.2.9.1 Clima, se encuentra la información relacionada a la caracterización climática del área de influencia. Así mismo en el documento Capítulo 3.2.9.3 Ruido, se presenta la caracterización de ruido ambiental realizada para el área de influencia del proyecto área de desarrollo Llanos 141.

##### 3.2.9.2 Calidad del aire

En este apartado se caracteriza el área de influencia desde el punto de vista de calidad del aire y su posible impacto a las comunidades aledañas. Para el presente estudio se efectuó una identificación y tipificación de las fuentes de emisión, obteniendo una visión preliminar de los diferentes contaminantes atmosféricos que pueden presentarse en el área de influencia del Área de Desarrollo Llanos 141. También se realizaron monitoreos de calidad de aire en cuatro (4) puntos ubicados, teniendo en cuenta la procedencia de los vientos analizada mediante rosa de vientos, determinando las concentraciones de siete (7) contaminantes criterio.

##### 3.2.9.2.1 Identificación de fuentes de emisión

La contaminación de la atmosfera es generada por la emisión, acumulación y mezcla de diferentes contaminantes provenientes de fuentes naturales o antropogénicas, que pueden implicar riesgo, daño o molestia para las personas, plantas y animales que se encuentran expuestas a dicho ambiente (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017).

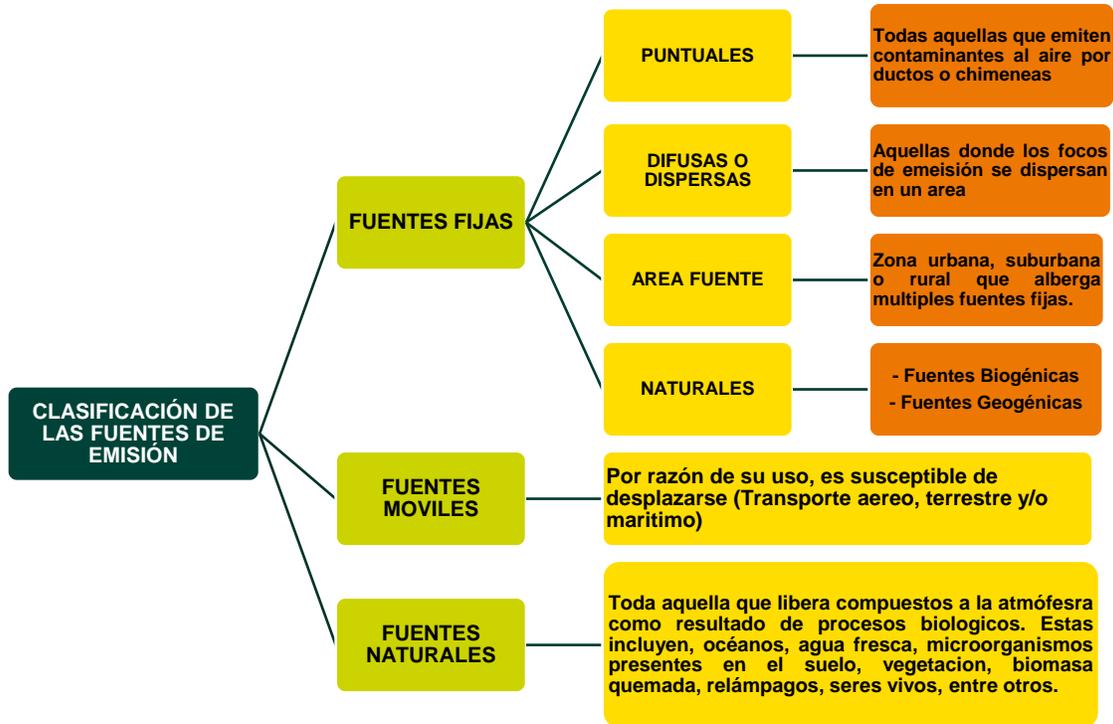
Los contaminantes en el aire pueden ser:

- **Contaminantes Primarios:** aquellos que son emitidos directamente a la atmósfera por una fuente de emisión.
- **Contaminantes Secundarios:** resultado de reacciones en la atmósfera a partir de contaminantes primarios y otras especies químicas presentes en el aire.

De conformidad con los procesos productivos desarrollados, las características de los combustibles utilizados y las tecnologías de combustión disponibles en la normativa mundial y nacional, el Ministerio de Ambiente mediante la resolución 2254 de 2017 determinó cuales son los niveles máximos permisibles de los contaminantes criterio para el país; dichos contaminantes son el material particulado – MP (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>), los óxidos de azufre SO<sub>x</sub>, los óxidos de nitrógeno NO<sub>x</sub>, el monóxido de carbono CO (contaminantes criterio) y el ozono O<sub>3</sub>. No obstante, existen otros contaminantes que tiene presencia de elementos como el metano, el etano, el propano, el benceno o el etileno, entre otros, que son producto de la quema de materias primas los cuales mezclados con los contaminantes previamente mencionados, son el origen de los contaminantes secundarios, por ende los COV'S son también de interés con el fin de conocer su concentración y determinar las posibles afectaciones que puedan generar en el área de influencia del proyecto.

A continuación, **Figura 3.2.9.2-1** se presenta la clasificación de las fuentes de emisión, las cuales son las encargadas de liberar los contaminantes previamente mencionados a la atmósfera:

Figura 3.2.9.2-1 Clasificación por tipo de fuente



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023) adaptado de (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017)

Para el área de influencia del proyecto no existe un inventario formal de emisiones en los instrumentos públicos de las autoridades ambientales, consultado en el Subsistema de Información Sobre Calidad del Aire –SISAIRE. No obstante, mediante comunicado formal ante la autoridad ambiental regional Cormacarena se realizó la consulta sobre los permisos o licencias de emisiones otorgadas para los municipios de Cumaral y Restrepo, sin embargo, no se obtuvo una respuesta con la información solicitada por parte de la autoridad ambiental. Como evidencia soporte de la solicitud de información, en el En el nexa 3\_Caracterización ambiental, 3.2.9.2\_Calidad aire Cormacarena; se detalla los comunicados radicados y las respuestas.

Las fuentes identificadas en la línea base del AI área de desarrollo Llanos 141, como de mayor intensidad relativa de emisión de contaminantes son:

- Uso de vías (pavimentadas y sin pavimentar) dada la dinámica económica de la región cuya fuente de emisión son fuentes móviles.
- Agroindustria palmera y sus cultivos asociados, con uso de fuentes de combustión en la planta extractora. La fuente de emisión fija asociada a la caldera de la planta extractora no fue posible su caracterización, debido a la negativa de la empresa por suministrar información y a la falta de respuesta por parte de la autoridad ambiental regional. Sin embargo, estas emisiones quedaron registradas en los monitoreos de calidad de aire realizados en el área de influencia, los cuales se detallan más adelante en el presente documento. Adicional a la fuente de emisión fija, esta actividad genera fuentes de emisiones fijas asociadas a la movilidad de maquinaria y camiones en los cultivos y transporte de personal que labora para la misma.
- Industria Agrícola, pecuaria, piscicultura y ganadería extensiva, a la cual se le caracteriza fuentes móviles de emisión asociadas al transporte de empleados y camiones de carga.

En menor intensidad se identifica las siguientes actividades y áreas:

- Zonas de pastoreo de ganado.
- Zonas de crianza avícola industrial.
- Plata de tratamiento de agua residual domestica
- Aspersión aérea de agroquímicos
- Quema de residuos en el área rural.
- Frigorífico

En conformidad a lo establecido en los términos de referencia HI-TER-1-03 y la Guía Metodológica para Estudios Ambientales (2018), se realizó un inventario de fuentes de emisión del área de influencia, entendiéndose este término como todas las actividades, procesos y operaciones, realizados por los seres humanos o mediante su intervención, susceptibles de emitir contaminantes al aire (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

La clasificación de las fuentes de emisión se realizó a partir de la guía para la Elaboración de Inventarios de Emisiones Atmosféricas del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, clasificándolos según el tipo de fuente. Para la identificación de las fuentes de emisiones atmosféricas en el área de influencia se realizó en primera instancia consulta de información secundaria con el fin de identificar actividades y zonas potenciales de generación de emisiones. Posteriormente, en visita de campo se recorrió el área de influencia físico-biótica del Área de Desarrollo Llanos 141, para identificar la ubicación exacta de focos de contaminación atmosférica.

En la **Tabla 3.2.9.2-1** se describe de forma general las características de las fuentes de emisión encontradas en el área de influencia del Área de Desarrollo Llanos 141.

**Tabla 3.2.9.2-1 Descripción de las fuentes de emisión identificadas en el área de Influencia del Área de Desarrollo Llanos 141**

FUENTE DE EMISIÓN ATMOSFÉRICA	TIPO DE EMISOR	ACTIVIDAD	PRINCIPALES CONTAMINANTES
Fuente Dispersa o Difusa	Antrópico/ Agroindustrial	Quema de residuos sólidos	La quema de residuos emite diversos contaminantes como material particulado, compuestos gaseosos como óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono además de metales pesados los cuales son transportados por la dinámica del viento.
		Avícolas	La producción intensiva de aves genera el aumento de compuestos de nitrógeno en la atmosfera debido al uso intensivo de gallinaza, el alojamiento de excremento en el área y en general los bioprocesos que llevan a cabo estas aves, lo cual genera olores fuertes y desagradables en las zonas donde hay fincas dedicadas en este sector agrícola.
		Porcícolas	La afectación en la calidad del aire derivada de la actividad porcina está directamente ligada a la generación de olores y gases derivados de la biodigestión, tales como el metano, el ácido sulfhídrico y el amoniaco.
		Pecuaría	La ganadería contribuye al total de las emisiones de gases de efecto invernadero en el mundo, siendo el metano proveniente de la fermentación entérica responsable de más de un tercio de estas emisiones.
		Quema de madera o leña	La combustión incompleta producto del uso de leña provoca emisión de contaminantes como material particulado y gases.
		Aspersión aérea de agroquímicos	En el área de influencia se evidencia grandes extensiones de cultivos los cuales con manejados con aspersión aérea con agroquímicos.

FUENTE DE EMISIÓN ATMOSFÉRICA	TIPO DE EMISOR	ACTIVIDAD	PRINCIPALES CONTAMINANTES
Fuente área	Antrópico/ Agroindustrial	Acuicultura	La calidad del agua del estanque o piscinas destinadas para la producción de peces, asociado al manejo y/o renovación del agua, uso de insumos de fertilizantes químicos, determinan la calidad de esta. Así mismo, el control de peses indeseables o el manejo de sus residuos pueden generar gases precursores de olores por inadecuados manejos.
	Antrópico	PTAR	De origen doméstico, la planta cuenta con tratamiento preliminar, primario, secundario y terciario; estos procesos de descomposición orgánica que realizan a partir de la aplicación de aditivos a lo largo de los tratamientos y de su interacción con la atmosfera, generan emisiones de CO2 y de metano (CH4).
	Antrópico/ Agroindustrial	Cultivos Agroindustriales	La fertilización de cultivos genera emisiones de GEI, tanto por su producción como por su aplicación. Un inadecuado manejo de los fertilizantes de las plantaciones (que superen la capacidad de absorción de la planta) causa pérdida del producto por volatilización, lixiviación y escorrentía. Así mismo, durante la degradación de materia orgánica se produce biogas, el cual está compuesto por metano y dióxido de carbono.
Fuentes Móviles	Antrópico/ Agroindustrial	Tránsito de vehículos	Gases generados por la quema de combustibles fósiles (gasolina y/o diésel), por la utilización de automóviles y vehículos de carga liviana.
		Tránsito de avionetas	En el área de influencia se encuentra una pista de avioneta utilizada para aspersión de cultivos con agroquímicos
Fuentes Lineales	Antrópico	Vía secundarias y terciarias parcialmente pavimentadas o sin pavimento en su totalidad.	Material particulado por re-suspensión de partículas en vías destapadas al circular los vehículos y gases generados por la combustión de diferentes tipos de vehículos.
Fuentes Fija industrial	Agroindustrial	Industria de producción de palma de aceite	En el área de influencia se evidencia la presencia de la industria de transformación del fruto de palma en aceite, la cual utiliza biomasa para la producción energética, generando gases de emisión por combustión de fuentes generadoras de energía térmica. Así mismo, los sistemas de tratamiento asociado al sistema de producción de aceite pueden llegar a generar gases precursores de olores ofensivos.
		Frigorífico	Los refrigerantes utilizados en los sistemas de refrigeración pueden presentar pérdidas las cuales se emiten a la atmosfera. Así mismo, una inadecuada gestión interna de los desechos que se generen en esta instalación puede generar gases precursores de olores ofensivos.

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

A continuación **Tabla 3.2.9.2-2**, se muestran los puntos georreferenciados de las fuentes de emisión identificadas en el área de influencia del Área de Desarrollo Llanos 141, mediante la recopilación de información primaria en campo. Como tal, las emisiones que se generan en la zona son resultantes de las actividades agropecuarias, agroindustriales e industriales relacionadas a las actividades económicas que caracterizan al municipio de Cumaral y Restrepo. En el nexo 3\_Caracterización\_ambiental, 3.2.9.2\_Calidad\_aire, información\_campo; se detallan los registros de campo de recopilación primaria de información.

Tabla 3.2.9.2-2 Inventario de fuentes de emisiones atmosféricas

ID	NOMBRE	TIPO DE FUENTE				ESTE	NORTE	ALTURA m.s.n.m	MUNICIPIO	VEREDA	ACTIVIDAD QUE GENERA LA EMISIÓN	OBSERVACIÓN	EMISIONES ASOCIADAS				REGISTRO FOTOGRÁFICO		
		Fuente fija											Material Particulado	Gases	Ruido	Olores			
		Puntual	Difusa	Área fuente	Natural														
A1	Quema de residuos		x			4955138,33	2024652,62	350	Cumaral	Inspeccion San Nicolas	Quema de residuos sólidos domésticos	Como método de disposición final de los residuos sólidos, en algunas viviendas rurales es usual la quema a cielo abierto, especialmente de hojarasca, residuos agrícolas y de jardín, considerando esto como una fuente de emisión de CO2 y material particulado.	x				x		
A2	Quema de residuos		x			4948172,12	2022790,71	352	Cumaral	El Palmar	Quema de residuos sólidos domésticos	Quema de residuos sólidos domésticos		x				x	
A3	Granja María del Carmen		x			4964346,34	2027764,57	299	Cumaral	Venturosa	avícola	La producción intensiva de aves genera el aumento de compuestos de nitrógeno en la atmosfera debido al uso intensivo de gallinaza, el alojamiento de excremento en el área y en general los bioprocesos que llevan a cabo estas aves, lo cual genera olores fuertes y desagradables en las zonas donde hay fincas dedicadas en este sector agrícola.		x	x		x		
A4	Avima		x			4955670,66	2032594,80	327	Cumaral	Inspección Presentado	avícola	avícola		x	x		x		

ID	NOMBRE	TIPO DE FUENTE				ESTE	NORTE	ALTURA m.s.n.m	MUNICIPIO	VEREDA	ACTIVIDAD QUE GENERA LA EMISIÓN	OBSERVACIÓN	EMISIONES ASOCIADAS				REGISTRO FOTOGRÁFICO
		Fuente fija											Material Particulado	Gases	Ruido	Olores	
		Puntual	Difusa	Área fuente	Natural												
A5	Granja San José		x			4956519,19	2031790,69	323	Cumaral	Inspección Presentado	Avícola			x	x	x	---
A6	Granja San Julián		x			4954699,01	2027237,61	353	Cumaral	Chepero	Avícola			x	x	x	
A7	Hocotec		x			4958925,56	2021988,53	331	Cumaral	Inspeccion San Nicolas	Porcicola	La afectación en la calidad del aire derivada de la actividad porcina está directamente ligada a la generación de olores y gases derivados de la biodigestión, tales como el metano, el ácido sulfhídrico y el amoniacó.		x	x	x	
A8	Quema de residuos		x			4966030,27	2027311,90	278	Cumaral	Venturosa	Quema de residuos sólidos domésticos	Se observa quema de residuos sólidos domésticos donde la combustión genera material particulado y gases a la atmosfera.	x			x	

ID	NOMBRE	TIPO DE FUENTE				ESTE	NORTE	ALTURA m.s.n.m	MUNICIPIO	VEREDA	ACTIVIDAD QUE GENERA LA EMISIÓN	OBSERVACIÓN	EMISIONES ASOCIADAS				REGISTRO FOTOGRÁFICO
		Fuente fija											Material Particulado	Gases	Ruido	Olores	
		Puntual	Difusa	Área fuente	Natural												
A9	Próximo frigorífico	x				4958672,35	2032261,37	314	Cumaral	Inspección Presentado	Sacrificio de ganado	Los refrigerantes utilizados en los sistemas de refrigeración pueden presentar pérdidas las cuales se emiten a la atmosfera. Así mismo los desechos que se manejan sin las adecuadas medidas de higiene generan olores.			x	x	
A10	Planta de extracción Hda. La Cabaña	x				4960544,24	2033294,61	309	Cumaral	Inspección Presentado	Extracción aceite de palma	La generación de energía para el proceso de transformación de fruto de la palma en aceite, mediante la combustión de biomasa, genera emisiones de gases y material particulado a la atmosfera	x	x	x	x	
A11	Porcicola Daniel		x			4956590,76	2018224,18	291	Cumaral	Inspeccion San Nicolas	Porcicola	La afectación en la calidad del aire derivada de la actividad porcina está directamente ligada a la generación de olores y gases derivados de la biodigestión, tales como el metano, el ácido sulfhídrico y el amoniaco.		x	x	x	
A12	Promotora Herrera Vargas SAS			x		4954094,72	2033041,42	348	Cumaral	Chepero	Cultivo de palma	Una proporción del agroquímico utilizado que se aplica no alcanza el cultivo ni la superficie del suelo sino que pasa al aire en estado gaseoso, siendo aportante a los GEI.		x	x		

ID	NOMBRE	TIPO DE FUENTE				ESTE	NORTE	ALTURA m.s.n.m	MUNICIPIO	VEREDA	ACTIVIDAD QUE GENERA LA EMISIÓN	OBSERVACIÓN	EMISIONES ASOCIADAS				REGISTRO FOTOGRÁFICO
		Fuente fija											Material Particulado	Gases	Ruido	Olores	
		Puntual	Difusa	Área fuente	Natural												
A13	Pista avionetas		x			4962600,84	2017260,65	258	Cumaral	Inspeccion San Nicolas	Fumigación aérea	Los plaguicidas contaminan el suelo y el agua; Aun cuando éstos se usan correctamente, algunas sustancias químicas se quedan en el medio ambiente durante años, se evaporan en la atmósfera y contaminan	x	x	x	x	 
A14	Quema de residuos		x			4952603,01	2019500,67	315	Cumaral	El Palmar	Quema de residuos sólidos domésticos	Como método de disposición final de los residuos sólidos, en algunas viviendas rurales es usual la quema a cielo abierto, especialmente de hojarasca, residuos agrícolas y de jardín, considerando esto como una fuente de emisión de CO2 y material particulado.	x			x	

ID	NOMBRE	TIPO DE FUENTE				ESTE	NORTE	ALTURA m.s.n.m	MUNICIPIO	VEREDA	ACTIVIDAD QUE GENERA LA EMISIÓN	OBSERVACIÓN	EMISIONES ASOCIADAS				REGISTRO FOTOGRÁFICO
		Fuente fija											Material Particulado	Gases	Ruido	Olores	
		Puntual	Difusa	Área fuente	Natural												
A15	ganadería		x			4956000,32	2017279,69	292	Cumaral	Inspeccion San Nicolas	Ganadería	Una de las actividades económicas predominantes de los municipios son la ganadería; en las diferentes unidades territoriales que componen el área de influencia del proyecto, se evidencio la práctica extensiva de esta actividad, la cual genera emisiones de metano.		x		x	
A16	Fanny Ramos A. - Acuicultura			x		4943605,19	2027275,17	406	Restrepo	Sardinata	Acuicultura	La calidad del agua del estanque o piscinas destinadas para la producción de peces, asociado al manejo y/o renovación del agua, uso de insumos de fertilizantes químicos, determinan la calidad de esta. Así mismo, el control de peses indeseables o el manejo de sus residuos pueden generar olores por inadecuados manejos.				x	 

ID	NOMBRE	TIPO DE FUENTE				ESTE	NORTE	ALTURA m.s.n.m	MUNICIPIO	VEREDA	ACTIVIDAD QUE GENERA LA EMISIÓN	OBSERVACIÓN	EMISIONES ASOCIADAS				REGISTRO FOTOGRÁFICO
		Fuente fija											Material Particulado	Gases	Ruido	Olores	
		Puntual	Difusa	Área fuente	Natural												
A17	17. Finca la Montana			x		4955275,32	2020209,25	310	Cumaral	El Palmar	Acuicultura					x	
A18	ganadería		X			4954765,86	2018622,78	302	Cumaral	El Palmar	ganadería	En las diferentes unidades territoriales que componen el área de influencia del proyecto, se evidencio la práctica extensiva de esta actividad, la cual genera emisiones de metano.		x		x	
A19	Ganadería		X			4961993,07	2017013,51	259	Cumaral	Inspección San Nicolas	ganadería			x		x	
A20	Hda. La Cabaña			x		4960724,03	2032749,42	313	Cumaral	Inspección Presentado	Cultivo de palma	Una proporción del agroquímico utilizado que se aplica no alcanza el cultivo ni la superficie del suelo sino que pasa al aire en estado gaseoso, siendo aportante a los GEI.		x	x		

ID	NOMBRE	TIPO DE FUENTE				ESTE	NORTE	ALTURA m.s.n.m	MUNICIPIO	VEREDA	ACTIVIDAD QUE GENERA LA EMISIÓN	OBSERVACIÓN	EMISIONES ASOCIADAS				REGISTRO FOTOGRÁFICO	
		Fuente fija											Material Particulado	Gases	Ruido	Olores		
		Puntual	Difusa	Área fuente	Natural													
A21	ganadería		X			4962437,52	2033301,87	288	Cumaral	Inspección Presentado	ganadería	En las diferentes unidades territoriales que componen el área de influencia del proyecto, se evidencio la práctica extensiva de esta actividad, la cual genera emisiones de metano.		x			x	
A22	Quema de madera o leña		x			4955952,47	2017313,25	292	Cumaral	Inspección San Nicolas	Tala de árboles para quema de madera	La combustión incompleta producto del uso de leña provoca emisión de contaminantes como material particulado y gases.	x					
A23	Ganadería		x			4961046,32	2016923,03	262	Cumaral	Inspección San Nicolas	Ganadería	En las diferentes unidades territoriales que componen el área de influencia del proyecto, se evidencio la práctica extensiva de esta actividad, la cual genera emisiones de metano.		x			x	
A24	Quema de madera o leña		x			4962293,92	2033230,48	288	Cumaral	Inspección Presentado	Tala de árboles para quema de madera	La combustión incompleta producto del uso de leña provoca emisión de contaminantes como material particulado y gases.	x					

ID	NOMBRE	TIPO DE FUENTE				ESTE	NORTE	ALTURA m.s.n.m	MUNICIPIO	VEREDA	ACTIVIDAD QUE GENERA LA EMISIÓN	OBSERVACIÓN	EMISIONES ASOCIADAS				REGISTRO FOTOGRÁFICO
		Fuente fija											Material Particulado	Gases	Ruido	Olores	
		Puntual	Difusa	Área fuente	Natural												
A25	Ganadería		x			4954480,76	2027666,98	352	Cumaral	Chepero	ganadería	En las diferentes unidades territoriales que componen el área de influencia del proyecto, se evidenció la práctica extensiva de esta actividad, la cual genera emisiones de metano.		x			
A26	Finca La Bucana		X			4951401,80	2019899,49	321	Cumaral	El Palmar	ganadería			x			
A27	maíz			x		4958093,08	2017535,08	284	Cumaral	Inspección San Nicolas	Cultivo maíz	Una proporción del agroquímico utilizado que se aplica no alcanza el cultivo ni la superficie del suelo sino que pasa al aire en estado gaseoso, siendo aportante a los GEI.			x		
A28	Cítricos			x		4943856,63	2024417,48	379	Restrepo	La_Floresta	Cultivo Naranjos				x		

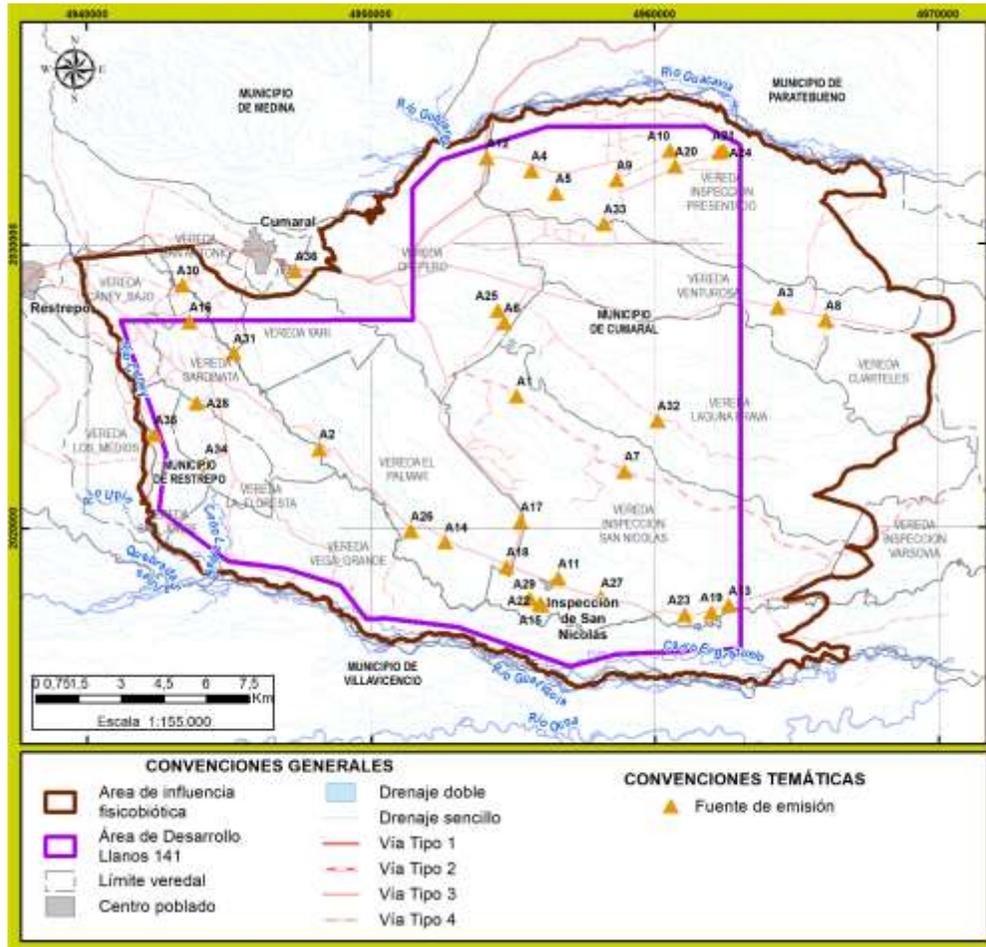
ID	NOMBRE	TIPO DE FUENTE				ESTE	NORTE	ALTURA m.s.n.m	MUNICIPIO	VEREDA	ACTIVIDAD QUE GENERA LA EMISIÓN	OBSERVACIÓN	EMISIONES ASOCIADAS				REGISTRO FOTOGRÁFICO	
		Fuente fija											Material Particulado	Gases	Ruido	Olores		
		Puntual	Difusa	Área fuente	Natural													
A29	Ganadería		x			4955597,30	2017504,12	290	Cumaral	Inspección San Nicolas	ganadería	En las diferentes unidades territoriales que componen el área de influencia del proyecto, se evidenció la práctica extensiva de esta actividad, la cual genera emisiones de metano.		x			x	
A30	Piscícola			x		4943361,00	2028579,32	418	Cumaral	San Antonio	Acuicultura	La calidad del agua del estanque o piscinas destinadas para la producción de peces, asociado al manejo y/o renovación del agua, uso de insumos de fertilizantes químicos, determinan la calidad de esta. Así mismo, el control de peses indeseables o el manejo de sus residuos pueden generar olores por inadecuados manejos.					x	--
A31	Piscícola			x		4945160,75	2026175,51	386	Restrepo	Sardinata	Acuicultura	La calidad del agua del estanque o piscinas destinadas para la producción de peces, asociado al manejo y/o renovación del agua, uso de insumos de fertilizantes químicos, determinan la calidad de esta. Así mismo, el control de peses indeseables o el manejo de sus residuos pueden generar olores por inadecuados manejos.					x	--
A32	La Iguanera			x		4960105,41	2023776,65	325	Cumaral	Laguna Brava	Cultivo de palma	Una proporción del agroquímico utilizado que se aplica no alcanza el cultivo ni la superficie del suelo sino que pasa al aire en estado gaseoso, siendo aportante a los GEI.					x	

ID	NOMBRE	TIPO DE FUENTE				ESTE	NORTE	ALTURA m.s.n.m	MUNICIPIO	VEREDA	ACTIVIDAD QUE GENERA LA EMISIÓN	OBSERVACIÓN	EMISIONES ASOCIADAS				REGISTRO FOTOGRÁFICO
		Fuente fija											Material Particulado	Gases	Ruido	Olores	
		Puntual	Difusa	Área fuente	Natural												
A33	Avícola		X			4958221,10	2030712,95	313	Cumaral	Inspección Presentado	avícola	La producción intensiva de aves genera el aumento de compuestos de nitrógeno en la atmosfera debido al uso intensivo de gallinaza, el alojamiento de excremento en el área y en general los bioprocesos que llevan a cabo estas aves, lo cual genera olores fuertes y desagradables en las zonas donde hay fincas dedicadas en este sector agrícola.		x	x	x	
A34	JhonyVes - Avícola		X			4944153,73	2022281,62	362	Restrepo	La_Floresta	avícola				x	x	----
A35	La Garza 1 - avícola		X			4942382,78	2023302,50	377	Restrepo	San_Jorge	avícola				x	x	
A36	PTAR del Municipio de Cumaral				x	4947335,22	2029063,81	355	Cumaral	Chepero	PTAR	De origen doméstico, la planta cuenta con tratamiento preliminar, primario, secundario y terciario; estos procesos de descomposición orgánica que realizan a partir de la aplicación de aditivos a lo largo de los tratamientos y de su interacción con la atmosfera, generan emisiones de CO2 y de metano (CH4).		x		x	

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

En la **Figura 3.2.9.2-2** se evidencia la distribución geográfica de las fuentes de emisión identificadas en el área de influencia del Área de Desarrollo Llanos 141 asociadas a fuentes fijas, móviles y lineales.

**Figura 3.2.9.2-2 Fuentes de emisión en el área de influencia del proyecto**



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

### 3.2.9.2.2 Descripción de las fuentes de emisión

Una emisión, es la descarga de una sustancia o elementos al aire en estado sólido, líquido o gaseoso, o en alguna combinación de éstos, proveniente de una fuente fija o móvil.

De acuerdo con la forma en que son liberados los contaminantes al aire, las fuentes de emisión se clasifican en: fuentes fijas cuando las emisiones se generan en un lugar determinado e inamovible (Ej. Industrias) y fuentes móviles en las que, por razón de su uso o propósito, las emisiones se generan durante el desplazamiento de la fuente (Ej. vehículos) (IDEAM, 2019).

#### ➤ Fuentes fijas

Las identificadas corresponden a aquellas fuentes puntuales, dispersas y de área, donde dependiendo de la actividad, varía su tipo de descarga:

El municipio de Cumaral y Restrepo tiene en el sector agropecuario la base de su economía y la mayor fuente de generación de empleo. Debido a la variedad topográfica de su territorio, encontramos diversos tipos de explotaciones agropecuarias, predominando la Ganadería en el sector pecuario con una cabaña bovina y los cultivos de Arroz y Palma Africana en el sector agrícola, encontrándose en este territorio dos empresas que se dedican al cultivo y beneficio de esta. Por una parte, en la vereda Inspección Presentado, se encuentra Hacienda La Cabaña S.A., que cuenta con planta extractora de aceite de Palma, aceite de Palmiste, elaboración de aceite de cocina, margarina y subproductos para la alimentación animal. También los cítricos y la piscicultura denotan un marcado adelanto en la comercialización de sus productos en sus empresas líderes.

#### ➤ Fuentes puntuales

Se identificaron en esta categoría todas aquellas que emiten contaminantes a la atmósfera mediante el uso de ductos y/o chimeneas, como es el caso de la industria de palma de aceite, actividad que se localiza en la vereda Inspección Presentado, del municipio de Cumaral. Debido a la fuente de combustible que utiliza esta industria como fuente energética, puede generar emisiones de material particulado y gases tales como óxidos de nitrógeno (NOx), óxidos de azufre (SOx), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

#### Fotografía 3.2.9.2-1 Planta de extracción Hda. La Cabaña, Inspección Presentado



Fecha: 28-02-2023

Coordenadas E4960544,24-N2033294,61

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Esta fuente de emisión no se tendrá en cuenta para el modelamiento de aire, debido a que no se cuenta con la información de emisiones para poderlas incorporar en el modelo. Sin embargo, en las mediciones de calidad de aire realizadas para la línea base para el presente estudio se valoran las emisiones de fondo presentes en el área de influencia.

#### ✓ Frigorífico

Se evidencia las instalaciones de dos frigoríficos uno en operación y el otro en construcción el cual se encuentra en la vereda Inspección presentado, en el municipio de Cumaral. Los refrigerantes utilizados en los sistemas de refrigeración pueden presentar pérdidas las cuales se emiten a la atmósfera. Así mismo, una inadecuada gestión interna de los desechos que se generen en esta instalación puede generar gases precursores de olores ofensivos.

**Fotografía 3.2.9.2-2 Frigorífico, vereda inspección Presentado**



Fecha: 28-02-2023

Coordenadas E4958672,35-N2032261,37

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

➤ **Fuentes dispersas**

Se identificaron aquellas donde los contaminantes atmosféricos se dispersan con facilidad debido a que la emisión se desplaza rápidamente por la interacción continua con el viento.

✓ **Quema de residuos**

El municipio Cumaral no tienen establecido un Plan de Gestión Integral de residuos Sólidos – PGIRS, en la zona suburbana o rural, por tal motivo los predios de las veredas del área de influencia en su mayoría se evidencia la quema a cielo abierto de residuos, especialmente de hojarasca, residuos agrícolas y de jardín, entre otros.

El municipio de Restrepo cuenta con un PGIRS, donde define frecuencias de recolección a través de la empresa de servicios públicos AGUA VIVA S.A E.S.P. estableciendo una recolección 4 veces por semana en la parte urbana y una vez en la parte rural (5 veredas y los predios ubicados sobre la vía Restrepo – Villavicencio hasta el peaje de Puente Amarillo)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Plan de Gestión Integral de Residuos sólidos-PGIRS, Restrepo Meta, 2015

**Fotografía 3.2.9.2-3 Quema de residuos, vereda Venturosa**



Fecha: 28-02-2023

Coordenadas E4966030,27-N2027311,90

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

✓ **Aspersión aérea de agroquímicos**

En el área de influencia del estudio, se evidencia una pista con aeronaves para aspersión de agroquímicos y área de acopio de este. Los plaguicidas contaminan el suelo y el agua; aun cuando éstos se usan correctamente, algunas sustancias químicas se quedan en el medio ambiente durante años, evaporándose en la atmósfera y generando contaminación.

**Fotografía 3.2.9.2-4 Avioneta de aspersión, vereda San Nicolas**



Fecha: 28-02-2023

Coordenadas E4962600,84-N2017260,65

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)



Fecha: 28-02-2023

Coordenadas E4962600,84-N2017260,65

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

✓ **Porcicultura**

La afectación en la calidad del aire derivada de la actividad porcina está directamente ligada a la generación de olores por los gases derivados de la biodigestión, tales como el metano, el ácido sulfhídrico y el amoníaco.

Según las cifras del Instituto Colombiano Agropecuario – ICA en un censo Nacional Porcino a corte en según reporte en mayo del 2023, en el área de influencia del proyecto se contabilizó un total de 37.166 cerdos, en 55 predios totales en el municipio de Cumaral y en el municipio de Restrepo se reporta 15.181 cerdos en un total de 122 predios porcícolas. El tipo de producción tecnificada reporta su mayor valor en el municipio de Cumaral con una cantidad de 37.166 porcinos, seguida de la tecnificada con 535 unidades en el mismo municipio<sup>2</sup>.

**Fotografía 3.2.9.2-5 Crianza y tenencia de cerdos, Finca La Floresta**



Fecha: 28-02-2023

Coordenadas E4956590,76-N2018224,18

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

✓ **Avicultura**

La producción intensiva de aves genera el aumento de compuestos de nitrógeno en la atmósfera debido al uso intensivo de gallinaza, el alojamiento de excremento en el área y en general los bioprocesos que llevan a cabo estas aves, lo cual genera olores fuertes y desagradables en las zonas donde hay fincas dedicadas en este sector agrícola.

Esta actividad se desarrolla a lo largo del área de influencia determinando por medio de las cifras del Censo Nacional de Aves del año 2023 realizado por el Instituto Colombiano Agropecuario – ICA, un total de aves con capacidad instalada de 989.000, distribuidas en 9 predios para el municipio de Cumaral y en el municipio de Restrepo se registró una capacidad instalada para 364 aves distribuidas en 4 predios<sup>3</sup>. Así mismo, en el área de influencia se identificó esta actividad desarrollada a manera industrial representada con la empresa Avima, ubicada en el municipio de Inspección presentado, la Garza en la vereda San Jorge, entre otras.

<sup>2</sup> Instituto Colombiano Agropecuario – ICA, Censo Porcino en Colombia, 2023

<sup>3</sup> Instituto Colombiano Agropecuario – ICA, Censo nacional aves, 2023

**Fotografía 3.2.9.2-6 Avima, vereda**  
**inspección presentado**



**Fecha: 28-02-2023**  
**Coordenadas E4955670,66-N2032594,80**  
**Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)**

vereda

**Fotografía 3.2.9.2-7 Avícola, vereda**  
**Venturosa**



**Fecha: 28-22-2023**  
**Coordenadas E 4958221,10-N 2030712,95**  
**Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)**

✓ **Ganadería**

La ganadería contribuye al total de las emisiones de gases de efecto invernadero en el mundo, siendo el metano proveniente de la fermentación entérica responsable de más de un tercio de estas emisiones. En las diferentes unidades territoriales que componen el área de influencia del proyecto, se evidenció la práctica extensiva de esta actividad; en general la ganadería, contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero mediante los consumos de energía y del manejo de estiércol y purinas. Estas emisiones incluyen tanto el dióxido de carbono, metano y óxidos de nitrógeno, sobre todo en forma de óxido nítrico.

**Fotografía 3.2.9.2-8 Ganadería, vereda**  
**San Nicolas**



**Fecha: 28-02-2023**  
**Coordenadas E 4961046,32-N 2016923,03**  
**Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)**

vereda

**Fotografía 3.2.9.2-9 Finca La Bucana, vereda**  
**El Palmar**



**Fecha: 28-2-2023**  
**Coordenadas E 4951401,80-N 2019899,49**  
**Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)**

✓ **Quema de madera o leña**

El aprovechamiento forestal doméstico o tala de madera ha causado a lo largo de los años la extracción selectiva de diversas especies de madera, las cuales son utilizadas como fuentes de

combustión para cocinas. La combustión incompleta producto del uso de leña provoca emisión de contaminantes como material particulado y gases. En el área de influencia se identificaron algunos predios realizando esta actividad netamente para fines domésticos como se evidencia en las **Fotografía 3.2.9.2-10** y **Fotografía 3.2.9.2-11**.

**Fotografía 3.2.9.2-10 Tala de árboles, vereda Inspección Presentado**



Fecha: 28-02-2023  
 Coordenadas E 4962293,92-N 2033230,48  
 Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2020)

**Fotografía 3.2.9.2-11 Aprovechamiento forestal doméstico en la vereda Inspección San Nicolas**



Fecha: 28-02-2023  
 Coordenadas E 4962293,92-N 2033230,48  
 Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2020)

➤ **Fuentes de área**

En esta categoría se identificaron aquellas zonas rurales y suburbanas que albergan diferentes actividades y/o focos de emisión de contaminantes atmosféricos

✓ **Cultivos agroindustriales**

Una proporción del producto de agroquímicos que se aplica no alcanza el cultivo ni la superficie del suelo, sino que pasa al aire en estado gaseoso. Un factor importante es el tamaño de la gota en que se aplica el producto. Las gotas de menor tamaño poseen una menor velocidad de sedimentación, por ende, caen más lentamente al suelo que las de mayor tamaño y tienden a viajar largas distancias. Los factores climáticos influyen el grado en que los agroquímicos contaminan la atmósfera. Por ejemplo, la volatilización es más rápida cuando la temperatura ambiente es mayor. En general, factores ambientales como la velocidad del viento, la temperatura y la humedad necesitan ser tenidos en cuenta cuando se planea aplicar aerosoles para maximizar la cantidad de agroquímico que alcanza su objetivo y minimizar la contaminación aérea.

En estado gaseoso el contaminante se puede mover por difusión o transporte en masa. La difusión puede darse a través de un gradiente de concentración, desde sitios de mayor a menor concentración del contaminante o por diferencias en temperatura desde sitios de mayor a menor temperatura. Cuanto más pronunciado es el gradiente, más rápido el movimiento. La altura a la que se liberan estos productos también determina la distancia a la que son transportados. Así, los agroquímicos liberados desde aviones pueden viajar largas distancias y así generar problemas de contaminación de índole “global”.

**Fotografía 3.2.9.2-12 Hacienda La Cabaña, vereda Inspección Presentado**



Fecha: 28-02-2023  
 Coordenadas E 4958093,08-N 2017535,08  
 Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Fotografía 3.2.9.2-13 Cultivo de palma La Iguanera, vereda Laguna Brava**



Fecha: 28-02-2023  
 Coordenadas E 4960105,41 -N 2023776,65  
 Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

✓ **Acuicultura**

La actividad de acuicultura es bastante desarrollada en el área de influencia del proyecto, como la producción de alevinos de especies de cultivo de aguas cálidas. Los centros de producción están ubicados en los municipios de Restrepo y Cumaral, donde se cuenta con diferentes fuentes hídricas que permiten un manejo de reproductores para garantizar la producción de semilla a lo largo de todo el año. El control de peses indeseables, el manejo de sus residuos y el inadecuado manejo de las aguas pueden generar gases potenciadores de olores ofensivos por inadecuados manejos.

La acuicultura intensiva puede causar alguna polución orgánica como resultado de la acumulación de subproductos metabólicos de las especies cultivadas y la demanda biológica de oxígeno causada por el alimento no utilizado, especialmente en ambientes limitados donde el intercambio del agua es lento y el proceso de mezcla reducido.

**Fotografía 3.2.9.2-14 Concesión de aguas superficiales del caño Mateguadua a la señora Fanny Ramos A, vereda Sardinata**



Fecha: 28-02-2023  
 Coordenadas E 4943605,19-N 2027275,17  
 Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Fotografía 3.2.9.2-15 Finca La Montana, veres San Nicolas**



Fecha: 28-02-2023  
 Coordenadas E 4955275,32- N 2020209,25  
 Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

✓ **PTAR municipal de Cumaral**

Actualmente la planta trata la totalidad de las aguas residuales generadas en el casco urbano del municipio, estas aguas provienen únicamente de las viviendas por lo tanto el agua residual generada es de tipo doméstico, además el desarrollo industrial se da en el sector agropecuario y este solo está dado en la zona rural por la vocación del municipio como se mencionó anteriormente. La planta de tratamiento de agua residual Caño Mayuga, fue construida por EDESA SA ESP, empresa que presta los servicios públicos en el municipio y que actualmente también realiza la operación. El sistema de tratamiento se basa en un filtro biológico o Filtro Percolador de lecho fijo que opera bajo condiciones aeróbicas principalmente, también cuenta con lechos de secados de lodos. Estos procesos descritos para el tratamiento de las ARD generan gases precursores de olores ofensivos, si no se realiza un adecuado manejo y gestión de estos<sup>4</sup>.

**Fotografía 3.2.9.2-16 Filtros percoladores PTAR Cumaral**



Fecha: 28-02-2023  
Coordenadas E 4947335,222-N 2029063,80  
Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Fotografía 3.2.9.2-17 Tratamiento de aireación PTAR Cumaral**



Coordenadas E 4947335,222-N 2029063,80  
Fuente: Donado H., Roger, 2013

➤ **Fuentes móviles**

El tránsito vehicular identificado en el área de influencia es utilizado por la comunidad y la actividad agroindustrial para transportar personal, mercancía, semovientes, maquinaria pesada, entre otros.

Entre la flota vehicular que se identificó se encuentran las motocicletas, automóviles, camiones livianos, semipesados y pesados, utilizados para el desarrollo de las actividades económicas características de la zona dentro de las cuales predominan las actividades de la agroindustria y ganaderas; dichos automotores al transitarse aportan en gran manera emisiones de contaminantes; estos contaminantes incluyen: precursores de ozono (CO, NOX, COV'S, gases efecto invernadero (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O), sustancias acidificantes (NH<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>), material particulado (MP), especies carcinogénicas (hidrocarburos aromáticos policíclicos (PHA) y compuestos orgánicos persistentes (COP), sustancias tóxicas (dioxinas y furanos) y metales pesados (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017). En el numeral Aforos vehiculares, del presente documento se detalla la identificación de tráfico vehicular del área de influencia.

<sup>4</sup> Donado H., Roger, 2013. Plan de gestión para lodos generados en las PTAR-D de los municipios de Cumaral y Restrepo de los llanos en el departamento del Meta. Tesis/Trabajo de grado - Monografía - Maestría

**Fotografía 3.2.9.2-18 Camiones carga fruto de palma**



Fecha: 28-02-2023  
 Coordenadas E4951612,2- N2028847  
 Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Fotografía 3.2.9.2-19 Tractor vía área rural**



Fecha: 28-02-2023  
 Coordenadas E4955181- N2029914  
 Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

➤ **Fuentes lineales**

Son aquellas que se asocian a una geometría lineal, siendo las más comunes las vías del área de influencia que son utilizadas para el desplazamiento vehicular<sup>5</sup>. En esta clasificación se encuentran las vías que permiten el acceso al proyecto (pavimentada, afirmado y mixta por tramos).

Cuando un vehículo viaja en este tipo de carreteras la acción física de los neumáticos contra la superficie del camino causa pulverización del material en la superficie, sumado a la turbulencia generada por el desplazamiento del vehículo, lo que genera la re-suspensión de partículas en vías sin pavimentar, adicionalmente se realiza un aumento en los niveles de presión sonora producto del ruido de dichos motores.

**Fotografía 3.2.9.2-20 Vía área rural**



Fecha: 06-05-2023  
 Coordenadas E4958772- N2031805  
 Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Fotografía 3.2.9.2-21 Vía acceso planta de aceite La Cabaña**



Fecha: 06-05-2023  
 Coordenadas: E4960968 – N2032792  
 Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

A continuación, se presenta la identificación de las fuentes lineales de emisión presentes para el área de influencia del Área de Desarrollo Llanos 141:

<sup>5</sup> Guía para la elaboración de inventarios de emisiones atmosféricas MADS, 2017

Tabla 3.2.9.2-3 Vías existentes al interior del Área de Desarrollo Llanos 141 y de uso por el proyecto

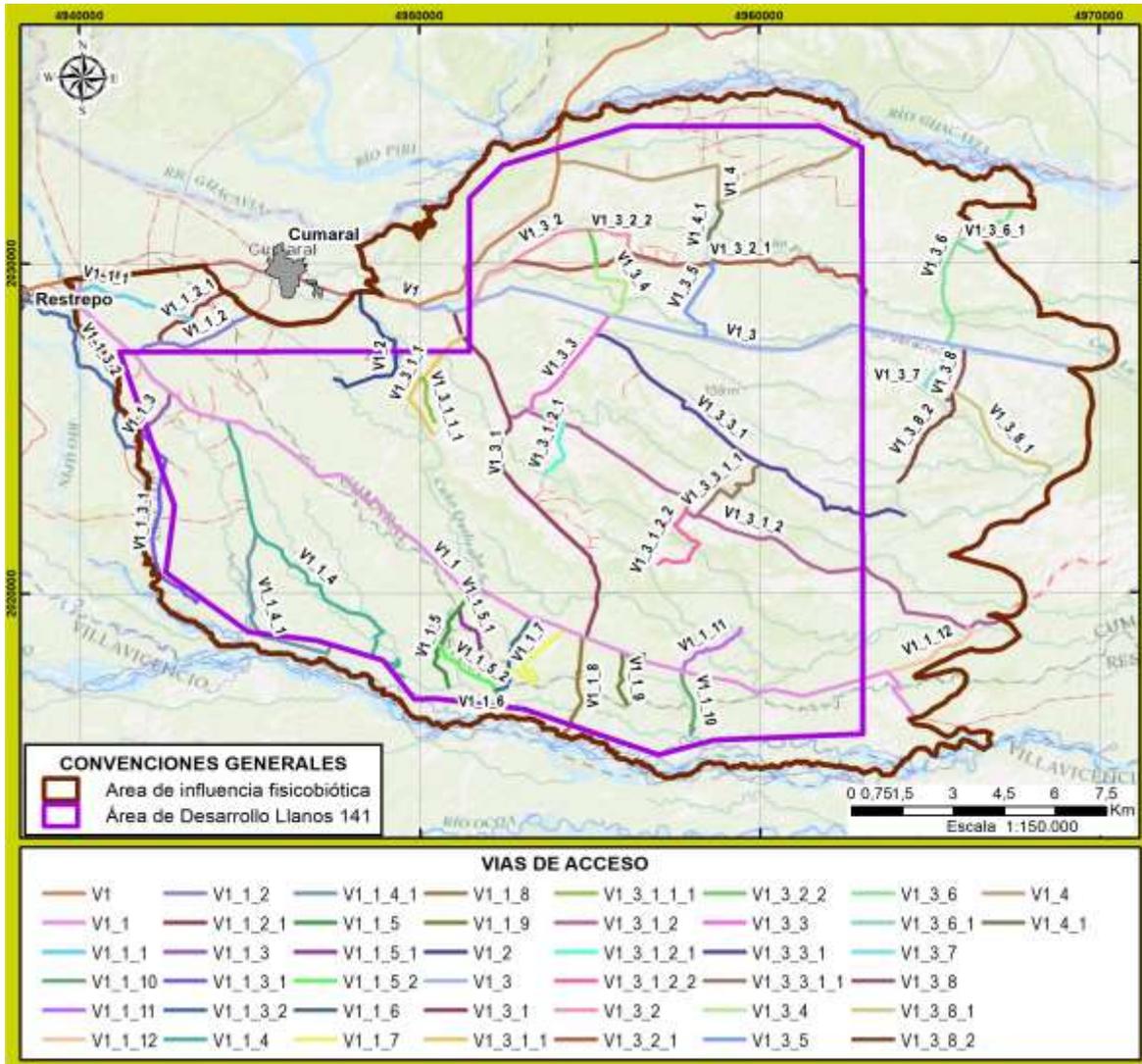
NOMBRE VÍA	TIPO INVIAS	TIPO IGAC	ESTADO	CALIDAD	LONGITUD (Km)	ANCHO PROMEDIO (m)	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL			
							ESTE_INICIO	NORTE_INICIO	ESTE_FIN	NORTE_FIN
V1	Primaria	1	Existente	Buena	35,68	7	4932922,26	2020704,35	4957298,92	2037085,46
V1_1	Terciaria	3	Existente	Buena	30,97	5	4940048,89	2029549,78	4964659,17	2016226,87
V1_1_1	Terciaria	4	Existente	Buena	3,51	5	4940007,81	2029239,12	4943251,85	2028323,54
V1_1_2	Terciaria	3	Existente	Buena	3,94	5	4941604,29	2027229,14	4945148,41	2028503,73
V1_1_2_1	Terciaria	3	Existente	Buena	2,77	5	4942382,21	2027605,80	4944313,30	2029155,77
V1_1_3	Terciaria	3	Existente	Buena	2,43	5	4942662,42	2026105,77	4941336,27	2024428,68
V1_1_3_1	Terciaria	4	Existente	Buena	6,13	5	4941821,87	2024833,87	4943425,87	2019801,41
V1_1_3_2	Terciaria	3	Existente	Buena	6,46	5	4941336,27	2024428,68	4938196,08	2028982,37
V1_1_4	Terciaria	3	Existente	Buena	11,33	5	4944320,00	2025216,65	4949505,75	2017465,57
V1_1_4_1	Terciaria	4	Existente	Buena	5,60	5	4945174,56	2021847,84	4947369,13	2018444,91
V1_1_5	Terciaria	4	Existente	Buena	3,29	5	4951419,50	2019913,63	4950840,50	2017168,91
V1_1_5_1	Terciaria	5	Existente	Buena	1,56	5	4951166,76	2019558,82	4951748,34	2018310,57
V1_1_5_2	Terciaria	5	Existente	Buena	2,74	5	4950586,82	2018412,22	4952490,27	2016706,68
V1_1_6	Terciaria	5	Existente	Buena	2,71	5	4953268,73	2019226,98	4952232,00	2017061,51
V1_1_7	Terciaria	5	Existente	Buena	3,36	5	4954200,23	2018933,99	4952597,96	2017745,84
V1_1_8	Terciaria	5	Existente	Buena	3,24	5	4954775,20	2018696,61	4954201,56	2015765,00
V1_1_9	Terciaria	5	Existente	Buena	1,78	5	4955921,91	2018227,02	4956094,77	2016633,50
V1_2	Terciaria	5	Existente	Buena	4,92	5	4948270,71	2029156,53	4947491,07	2026492,52
V1_3	Terciaria	3	Existente	Buena	21,52	5	4949797,61	2028796,13	4970399,65	2026940,04
V1_3_1	Terciaria	3	Existente	Buena	11,61	5	4951013,29	2028534,95	4954876,82	2018653,69
V1_3_1_1	Terciaria	5	Existente	Buena	3,81	5	4951250,48	2027806,25	4950383,36	2024831,47
V1_3_1_1_1	Terciaria	5	Existente	Buena	1,50	5	4950033,73	2026512,73	4950454,46	2025201,52
V1_3_1_2	Terciaria	2	Existente	Buena	17,38	7	4952592,37	2025375,68	4967086,07	2019191,28
V1_3_1_2_1	Terciaria	4	Existente	Buena	1,92	5	4954232,68	2025134,32	4953668,73	2023564,08
V1_3_1_2_2	Terciaria	5	Existente	Buena	3,08	5	4957837,18	2022490,11	4957013,21	2020887,86
V1_3_2	Terciaria	4	Existente	Buena	6,04	5	4951607,66	2028829,52	4956117,35	2030315,24
V1_3_2_1	Terciaria	4	Existente	Buena	11,57	5	4952779,25	2030058,60	4963069,81	2028976,26
V1_3_2_2	Terciaria	4	Existente	Buena	1,13	5	4954978,50	2031001,40	4955222,34	2029908,93
V1_3_3	Terciaria	4	Existente	Buena	3,89	5	4955608,99	2028434,67	4953239,18	2025494,79
V1_3_3_1	Terciaria	4	Existente	Buena	11,54	5	4955180,11	2027863,74	4964263,03	2022345,14
V1_3_3_1_1	Terciaria	5	Existente	Buena	3,29	5	4960066,61	2023908,41	4958106,49	2022304,99

NOMBRE VÍA	TIPO INVIAS	TIPO IGAC	ESTADO	CALIDAD	LONGITUD (Km)	ANCHO PROMEDIO (m)	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL			
							ESTE_INICIO	NORTE_INICIO	ESTE_FIN	NORTE_FIN
V1_3_4	Terciaria	4	Existente	Buena	2,45	5	4955605,90	2028435,71	4955187,65	2029905,83
V1_3_5	Terciaria	4	Existente	Buena	2,92	5	4958412,83	2027774,46	4958633,80	2030018,94
V1_3_6	Terciaria	5	Existente	Buena	5,33	5	4965509,84	2027533,16	4967436,52	2031564,19
V1_3_6_1	Terciaria	4	Existente	Buena	1,60	5	4965815,43	2030599,88	4967288,73	2030591,04
V1_3_7	Terciaria	5	Existente	Buena	1,59	5	4965753,22	2027485,93	4964930,95	2026229,95
V1_3_8	Terciaria	5	Existente	Buena	1,76	5	4966038,92	2027434,52	4965518,51	2025832,12
V1_3_8_1	Terciaria	4	Existente	Buena	4,09	5	4965723,56	2026105,24	4968536,43	2023643,56
V1_3_8_2	Terciaria	5	Existente	Buena	3,32	5	4965656,51	2025941,96	4964072,39	2023363,26
V1_4	Terciaria	3	Existente	Buena	10,63	5	4954083,70	2033046,55	4962939,42	2033732,81
V1_4_1	Terciaria	4	Existente	Buena	1,95	5	4958772,30	2031798,86	4958614,00	2030016,31
V1_1_10	Terciaria	5	Existente	Buena	2,15	5	4957684,18	2017644,40	4957972,51	2015715,44
V1_1_11	Terciaria	5	Existente	Buena	2,35	5	4957745,52	2017625,29	4959437,77	2018927,20
V1_1_12	Terciaria	4	Existente	Buena	2,98	4	4963750,30	2017590,17	4966138,01	2018918,95

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

A continuación, se presenta la distribución geográfica de las fuentes lineales de emisión.

**Figura 3.2.9.2-3 Fuentes de emisión lineales en el área de influencia del proyecto**



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

➤ **Aforos vehiculares**

El análisis y estudio de las fuentes móviles y lineales es de gran importancia, ya que son requeridas para el desarrollo del proyecto en las etapas de movilización y transporte de personal, materiales y equipos, y es fundamental para poder evidenciar los impactos generados por esta actividad.

Para el desarrollo del análisis se aforaron 8 puntos, los cuales se seleccionaron teniendo como objetivo caracterizar los diferentes tipos de vías por medio de análisis de flujos y direccionalidad vehicular. Estos puntos se ubicaron en vías de categorías primarias, secundarias y terciarias, de doble sentido y con superficie en afirmado. En el **Anexo 3 Caracterización ambiental, 3.2.9.2. Calidad de aire, F\_movil\_aforo\_vehicular**, se detallan los soportes de campo.

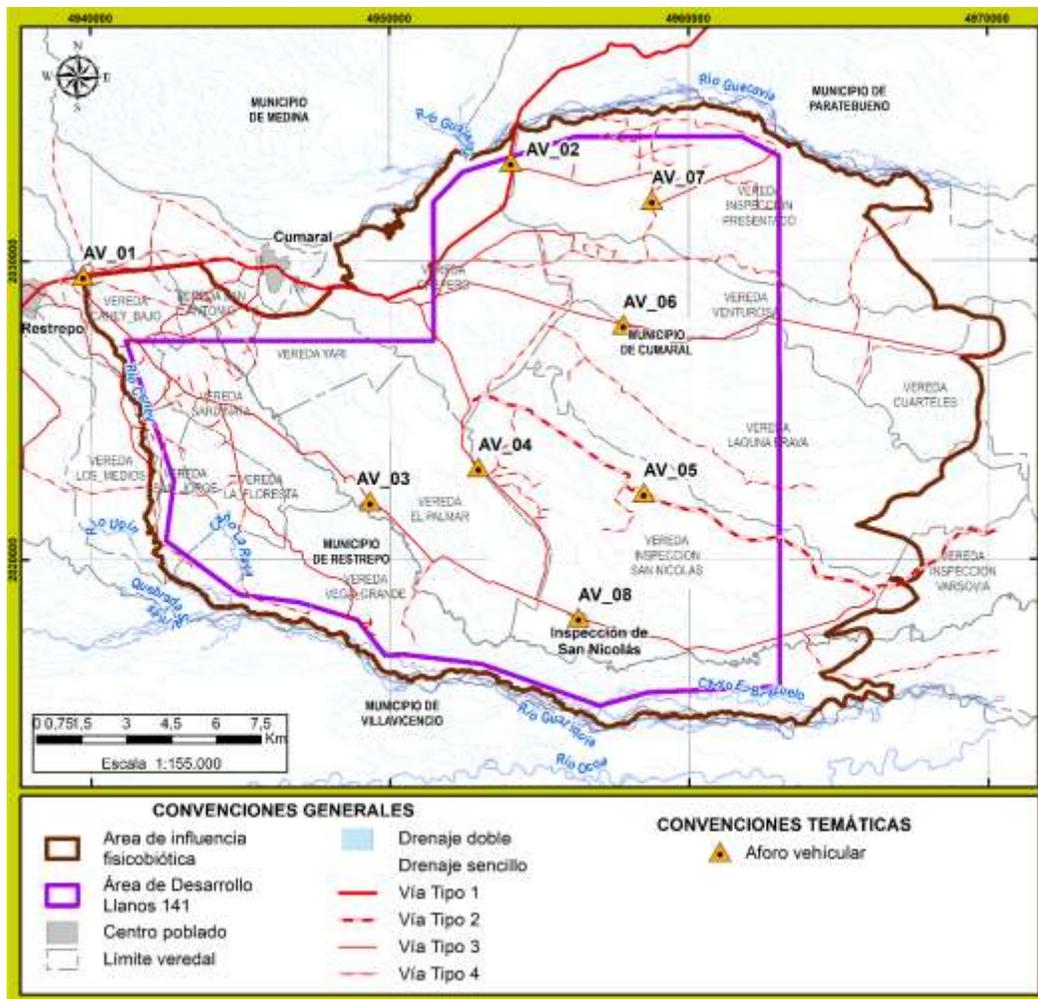
En la **Tabla 3.2.9.2-4** se presentan la ubicación espacial y las coordenadas de ubicación de los puntos establecidos y en la **Figura 3.2.9.2-4** se ilustra la distribución espacial de los mismos.

**Tabla 3.2.9.2-4** Coordenadas puntos de aforo vehicular

ID PUNTO	ID_AFORO	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL		VEREDA	TIPO DE VÍA IGAC	SENTIDO DE LA VÍA
		ESTE	NORTE			
1	AV_01	4939760.27	2029521.69	Caney Bajo	1	Bidireccional
2	AV_02	4954062.08	2033307.89	Chepero	1	Bidireccional
3	AV_03	4949346.96	2021947.29	El Palmar	3	Bidireccional
4	AV_04	4952968.67	2023084.44	San Nicolas	3	Bidireccional
5	AV_05	4958499.10	2022227.19	San Nicolas	2	Bidireccional
6	AV_06	4957819.20	2027862.94	Laguna Brava	3	Bidireccional
7	AV_07	4958782.30	2032032.33	Insp. Presentado	3	Bidireccional
8	AV_08	4956302.56	2018061.12	San Nicolas	3	Bidireccional

Fuente: Antea Colombia S.A.S, 2023.

**Figura 3.2.9.2-4** Ubicación espacial de los puntos de aforo vehicular



Fuente: Antea Colombia S.A.S, 2023.

En cada uno de los puntos de aforo vehicular se realizaron conteos vehiculares durante cinco (5) horas diarias en día hábil y no hábil, en tres jornadas, mañana, media día y tarde en los siguientes horarios que se detallan a continuación. Las jornadas fueron seleccionadas de acuerdo a que se contempla operación del área de desarrollo Llanos 141 en una jornada diurna, empezando alrededor de las 7:00 y finalizando por máximo a las 19:00, por ende, se tomaron las franjas que podrían ser más críticas a nivel de tráfico vehicular en el área de estudio, ya que en dichas horas es cuando se proyecta movimiento constante de vehículos, en la mañana por el ingreso de diferentes vehículos para el inicio de operaciones a las locaciones, al medio día, por almuerzo y en la noche por movilización de vehículos de las locaciones a los sitios de descanso de los trabajadores.

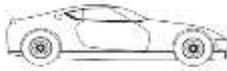
- Mañana: 7:00 – 9:00
- Medio día: 12:00 – 13:00
- Tarde-noche: 16:00 – 18:00

Para un total de diez (10) horas monitoreadas para cada punto, entre el periodo del 5 de febrero y 13 de febrero del 2023; se tuvieron en cuenta las siguientes categorías vehiculares:

- LDV (Automóviles): Vehículos de pasajeros con máximo dos (2) ejes, delantero y trasero, con llanta trasera sencilla;
- LDT (Camiones livianos): Vehículos de carga liviana de máximo dos (2) ejes, delantero y trasero, con llanta trasera sencilla (también microbuses);
- MHDDE (Camiones semipesados): Vehículos de carga pesada de dos (2) ejes, delantero y trasero, con llanta trasera doble (incluye buses);
- HDT (Camiones pesados): Vehículos de carga pesada de más de dos (2) ejes, con llantas traseras dobles;
- MC (Motocicletas): Vehículos con motor de combustión interna de dos o cuatro tiempos, con cuatro (4) o menos llantas (motos, cuatrimotos o moto triciclos).

Así mismo, se reclasificaron las categorías identificadas en campo, con el fin de obtener el factor de emisión de material particulado según las características de cada tipo de vehículo, como se presenta a continuación:

**Tabla 3.2.9.2-5 Recategorización vehicular**

Tipología	Imagen	Velocidad promedio (Km/h)	Velocidad promedio (milla/h)	N <sub>axle</sub> (Numero de ejes)	LF (Factor de carga)	Peso vehicular (t)
Automóviles		30	18.6	ND	ND	2
Camionetas		30	18.6	ND	ND	2
Buses		23.28	14.5	2	0.600	18

Tipología	Imagen	Velocidad promedio (Km/h)	Velocidad promedio (milla/h)	N <sub>axle</sub> (Numero de ejes)	LF (Factor de carga)	Peso vehicular (t)
Busetas		23.28	14.5	ND	ND	7.8
Camiones livianos		30	18.6	ND	ND	7.8
Camiones semipesados		30	18.6	2	0.600	12.5
Camiones pesados		30	18.6	3	0.600	15
Motocicletas		30	18.6	ND	ND	0.2

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Tabla 3.2.9.2-6 Localización y movimientos aforados**

PUNTO DE AFORO	FOTOGRAFÍA	MOVIMIENTOS
AV_01		Se realiza conteo de vehículos en dirección vía principal de Cumaral hacia la vereda Caney Bajo y viceversa. Durante el tiempo de aforo se contaron 1478 vehículos (suma de resultados día hábil y no hábil), se registró en su mayoría motocicletas y automóviles, así mismo se evidencio mayor movimiento vehicular durante la jornada tarde-noche en día no hábil.

PUNTO DE AFORO	FOTOGRAFÍA	MOVIMIENTOS
AV_02		<p>Se realiza conteo de vehículos en dirección Cumaral - Paratebuena y viceversa. Durante el tiempo de aforo se contaron 2674 vehículos (suma de resultados día hábil y no hábil), se registró en su mayoría automóviles y motocicletas, así mismo se evidencio mayor movimiento vehicular durante la jornada tarde-noche en día no hábil. Adicional, se registra alto flujo de vehículos pesados por la cercanía al cultivo de palma.</p>
AV_03		<p>Se realiza conteo de vehículos en dirección Vereda El Palmar – Vereda San Nicolas y viceversa. Durante el tiempo de aforo se contaron 249 vehículos (suma de resultados día hábil y no hábil), se registró en su mayoría motocicletas y automóviles, así mismo se evidencio mayor movimiento vehicular durante la jornada tarde-noche en día no hábil y alto flujo de bicicletas en la mañana del día no hábil.</p>
AV_04		<p>Se realiza conteo de vehículos en dirección Cumaral – Vereda San Nicolas y viceversa. Durante el tiempo de aforo se contaron 227 vehículos (suma de resultados día hábil y no hábil), se registró en su mayoría motocicletas y automóviles, así mismo se evidencio mayor movimiento vehicular durante la jornada tarde-noche en día hábil.</p>
AV_05		<p>Se realiza conteo de vehículos en dirección Vereda San Nicolas Norte – Vereda Varsovia y viceversa. Durante el tiempo de aforo se contaron 73 vehículos (suma de resultados día hábil y no hábil), se registró en su mayoría motocicletas y automóviles, así mismo se evidencio mayor movimiento vehicular durante la jornada de la mañana en día hábil.</p>

PUNTO DE AFORO	FOTOGRAFÍA	MOVIMIENTOS
AV_06		<p>Se realiza conteo de vehículos en dirección Vereda Laguna Brava – Vereda Venturosa y viceversa. Durante el tiempo de aforo se contaron 507 vehículos (suma de resultados día hábil y no hábil), se registró en su mayoría motocicletas y automóviles, así mismo se evidencio mayor movimiento vehicular durante la jornada de la tarde-noche en día hábil.</p>
AV_07		<p>Se realiza conteo de vehículos en dirección Cumaral – Vereda Inspección Presentado y viceversa. Durante el tiempo de aforo se contaron 549 vehículos (suma de resultados día hábil y no hábil), se registró en su mayoría motocicletas y automóviles, así mismo se evidencio mayor movimiento vehicular durante la jornada tarde-noche en día hábil. Adicional, se registra alto flujo de vehículos pesados por la cercanía al cultivo de palma.</p>
AV_08		<p>Se realiza conteo de vehículos en dirección Vereda San Nicolás – Vereda Varsovia y viceversa. Durante el tiempo de aforo se contaron 401 vehículos (suma de resultados día hábil y no hábil), se registró en su mayoría motocicletas y automóviles, así mismo se evidencio mayor movimiento vehicular durante la mañana en día no hábil y alto flujo de bicicletas.</p>

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

El resumen de los resultados del aforo se presenta a continuación y el soporte de la información recopilada en campo de detalla en el en el nexa 3\_Caracterización\_ambiental, 3.2.9.2\_Calidad\_aire, F\_movil\_aforo\_vehicular.

Tabla 3.2.9.2-7 Resultados del aforo vehicular

FECHA		AV_01				
		Automóviles	Camiones livianos	Camiones semipesados	Camiones pesados	Motocicletas
HÁBIL	6/2/2023	282	15	40	0	413
NO HÁBIL	5/2/2023	381	9	6	1	331
FECHA		AV_02				
		Automóviles	Camiones livianos	Camiones semipesados	Camiones pesados	Motocicletas
HÁBIL	13/2/2023	357	58	111	155	367
NO HÁBIL	12/2/2023	665	160	59	136	606
FECHA		AV_03				
		Automóviles	Camiones livianos	Camiones semipesados	Camiones pesados	Motocicletas
HÁBIL	6/2/2023	21	9	11	1	76
NO HÁBIL	5/2/2023	36	4	5	1	85
FECHA		AV_04				
		Automóviles	Camiones livianos	Camiones semipesados	Camiones pesados	Motocicletas
HÁBIL	6/2/2023	63	0	5	0	47
NO HÁBIL	5/2/2023	45	1	4	0	62
FECHA		AV_05				
		Automóviles	Camiones livianos	Camiones semipesados	Camiones pesados	Motocicletas
HÁBIL	13/2/2023	10	1	3	0	29
NO HÁBIL	12/2/2023	6	0	0	0	24
FECHA		AV_06				
		Automóviles	Camiones livianos	Camiones semipesados	Camiones pesados	Motocicletas
HÁBIL	6/2/2023	61	35	14	2	152
NO HÁBIL	5/2/2023	81	11	7	1	143
FECHA		AV_07				
		Automóviles	Camiones livianos	Camiones semipesados	Camiones pesados	Motocicletas
HÁBIL	13/2/2023	54	8	18	19	261
NO HÁBIL	12/2/2023	34	0	19	27	109
FECHA		AV_08				
		Automóviles	Camiones livianos	Camiones semipesados	Camiones pesados	Motocicletas
HÁBIL	6/2/2023	37	3	2	4	143
NO HÁBIL	5/2/2023	52	4	3	0	153

Fuente: Fuente especificada no válida.

De forma general se identifica un leve aumento de fuentes móviles durante los días hábiles en comparación con los días no hábiles, especialmente en los puntos de aforo 1, 4, 5, 6 y 7.

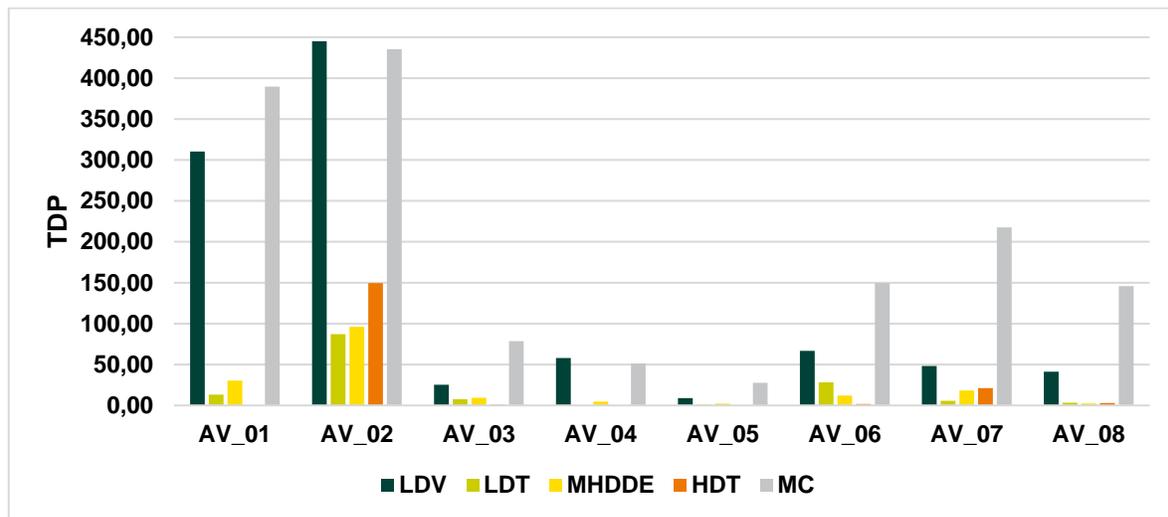
➤ **Trafico promedio diario (TPD)**

De acuerdo con los resultados de aforo vehicular, se estimó el Tráfico Promedio Diario (TDP) en los ocho (8) puntos donde se realizaron los aforos vehiculares. La metodología utilizada para el cálculo del TDP se basó en el libro “Ingeniería de Transito – Fundamentos y Aplicaciones” de Cal, Retes y Cárdenas (1994), utilizando la siguiente expresión, la cual permite establecer un promedio ponderado del tráfico, obteniendo los valores asociados a los días de conteo de conteo:

$$TDP = \frac{\sum \text{Día Típico} * 5 + \sum \text{Día Atípico} * 2}{7}$$

De esta forma, en la **Tabla 3.2.9.2-8** y **Figura 3.2.9.2-5** se presentan los resultados del TDP en cada uno de los puntos, evidenciando que el mayor tráfico vehicular se presentó en los puntos de aforos AV\_02, AV\_01 y AV\_07 respectivamente, esto se presenta ya que AV\_02 se encuentra entre el municipio de Cumaral y Paratebueno pasando el peaje Veracruz, la mayor cantidad de vehículos que circulan son motocicletas aparentemente por los trabajadores para llegar y regresar de su trabajo, AV\_01 se encuentra en el cruce que desvía hacia las veredas de Restrepo, seguidamente por las veredas de Cumaral, varios habitantes del sector prefieren desviar por este punto para evitar el ingreso al municipio de Cumaral y el punto AV\_07 se encuentra entre el municipio de Cumaral y la vereda Inspección Presentado, hacia esta vereda se encuentra una empresa grande (Hacienda La Cabaña), adicional a esto, es un cruce que puede utilizarse para llegar a Paratebueno evitando el peaje Veracruz.

**Figura 3.2.9.2-5 Resultados del TDP en los puntos de aforo vehicular**



LDV: automóviles – LDT camiones livianos – MHDDE camiones semipesados HDT camiones pesados MC motocicletas  
Fuente: Fuente especificada no válida.

**Tabla 3.2.9.2-8 Resultados del TDP en los puntos de aforo vehicular**

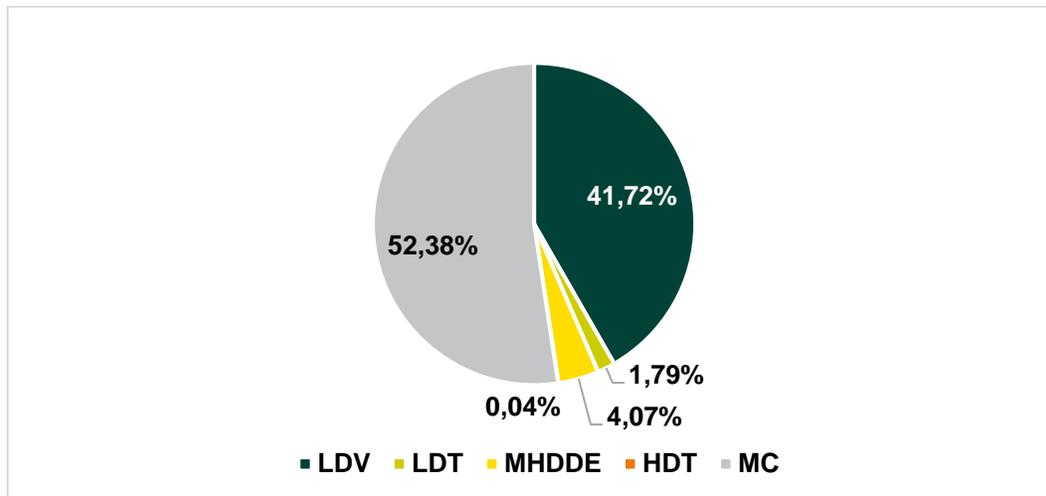
ID PUNTO DE AFORO	LDV	LDT	MHDDE	HDT	MC
AV_01	310.29	13.29	30.29	0.29	389.57
AV_02	445.00	87.14	96.14	149.57	435.29
AV_03	25.29	7.57	9.29	1.00	78.57

ID PUNTO DE AFORO	LDV	LDT	MHDDE	HDT	MC
AV_04	57.86	0.29	4.71	0.00	51.29
AV_05	8.86	0.71	2.14	0.00	27.57
AV_06	66.71	28.14	12.00	1.71	149.43
AV_07	48.29	5.71	18.29	21.29	217.57
AV_08	41.29	3.29	2.29	2.86	145.86

LDV: automóviles – LDT camiones livianos – MHDDE camiones semipesados HDT camiones pesados MC motocicletas  
Fuente: Fuente especificada no válida.

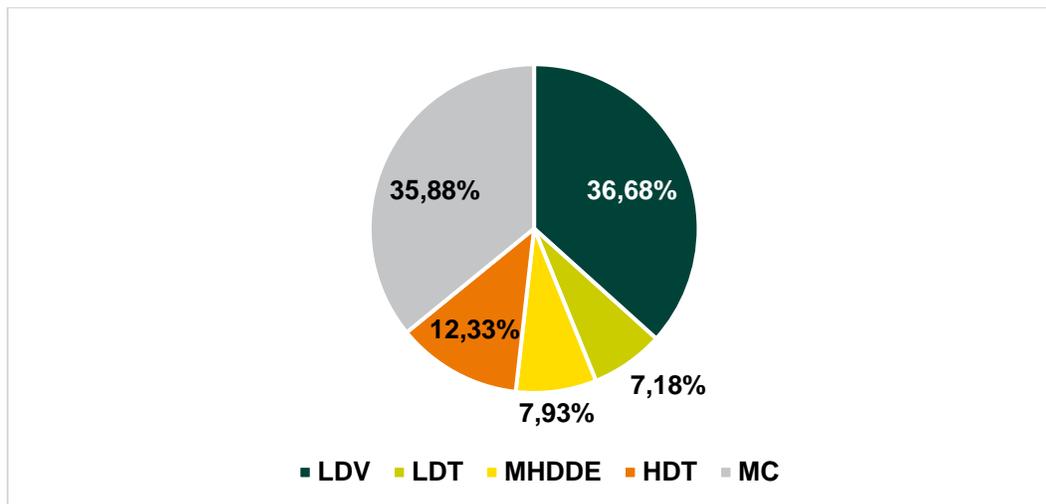
Los resultados evidencian que las motocicletas son el medio de transporte más utilizado seguidos de los automóviles. Finalmente, los vehículos menos concurridos en las vías caracterizadas corresponden a los camiones livianos (ver **Figura 3.2.9.2-6** a **Figura 3.2.9.2-13**).

**Figura 3.2.9.2-6 Composición vehicular TDP – AV\_01**



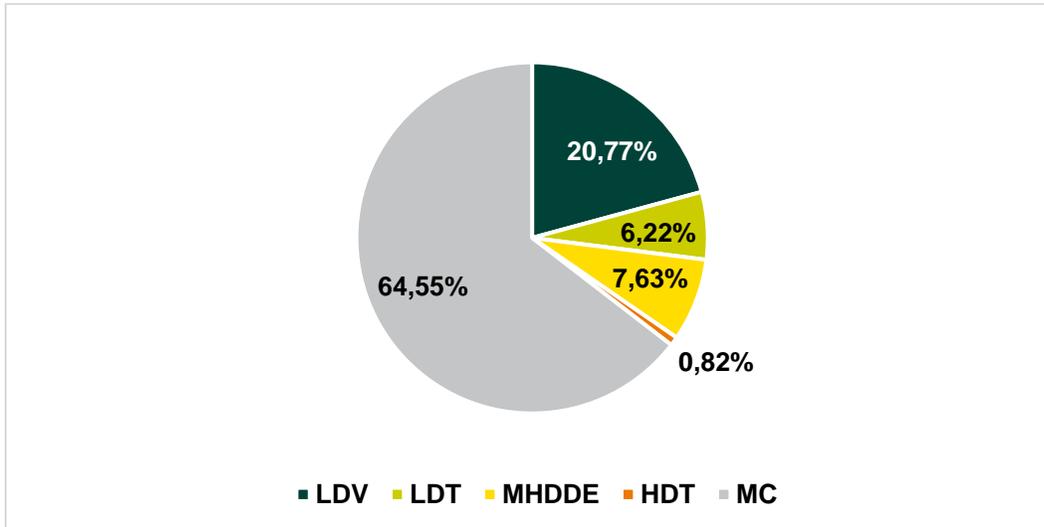
LDV: automóviles – LDT camiones livianos – MHDDE camiones semipesados HDT camiones pesados MC motocicletas  
Fuente: Fuente especificada no válida.

**Figura 3.2.9.2-7 Composición vehicular TDP – AV\_02**



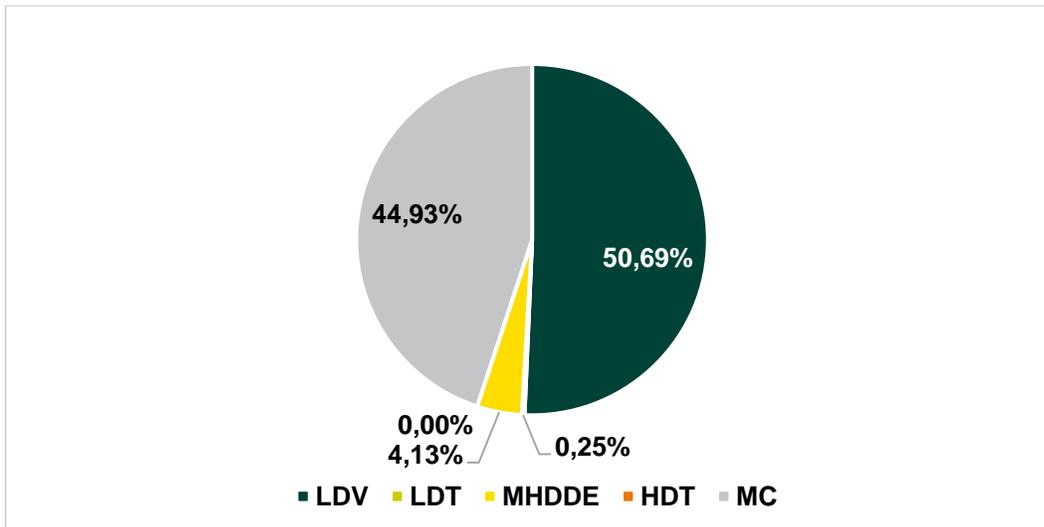
LDV: automóviles – LDT camiones livianos – MHDDE camiones semipesados HDT camiones pesados MC motocicletas  
Fuente: Fuente especificada no válida.

Figura 3.2.9.2-8 Composición vehicular TDP – AV\_03



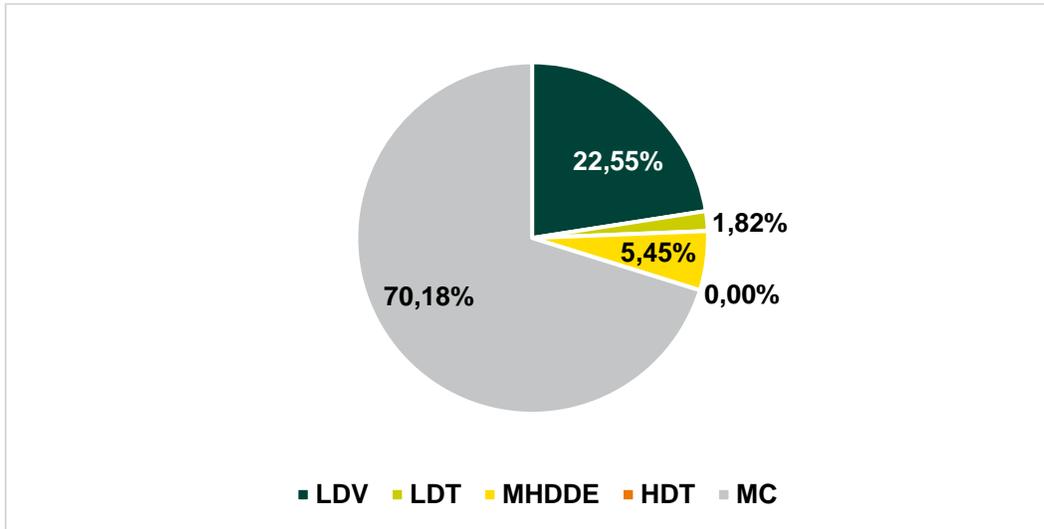
LDV: automóviles – LDT camiones livianos – MHDDE camiones semipesados HDT camiones pesados MC motocicletas  
Fuente: Fuente especificada no válida.

Figura 3.2.9.2-9 Composición vehicular TDP – AV\_04



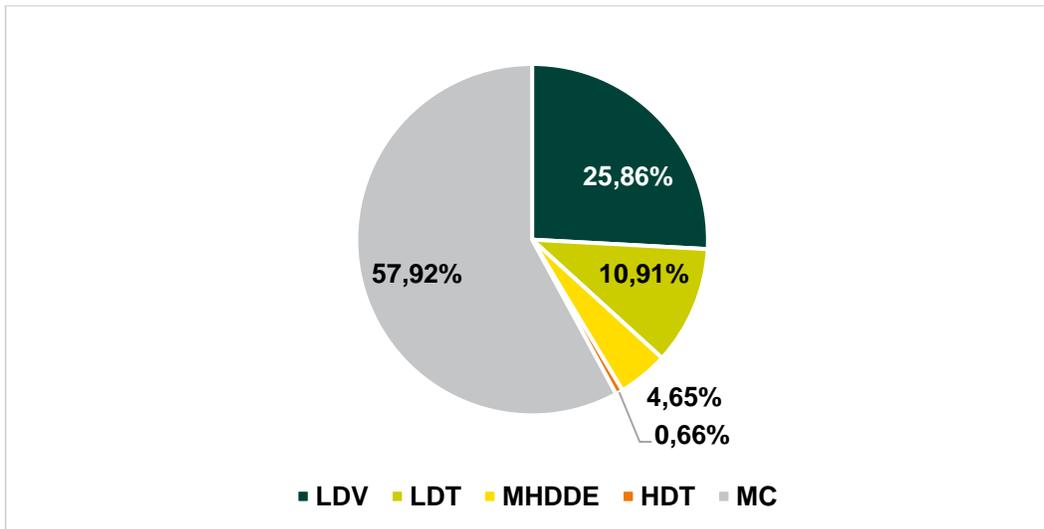
LDV: automóviles – LDT camiones livianos – MHDDE camiones semipesados HDT camiones pesados MC motocicletas  
Fuente: Fuente especificada no válida.

Figura 3.2.9.2-10 Composición vehicular TDP – AV\_05



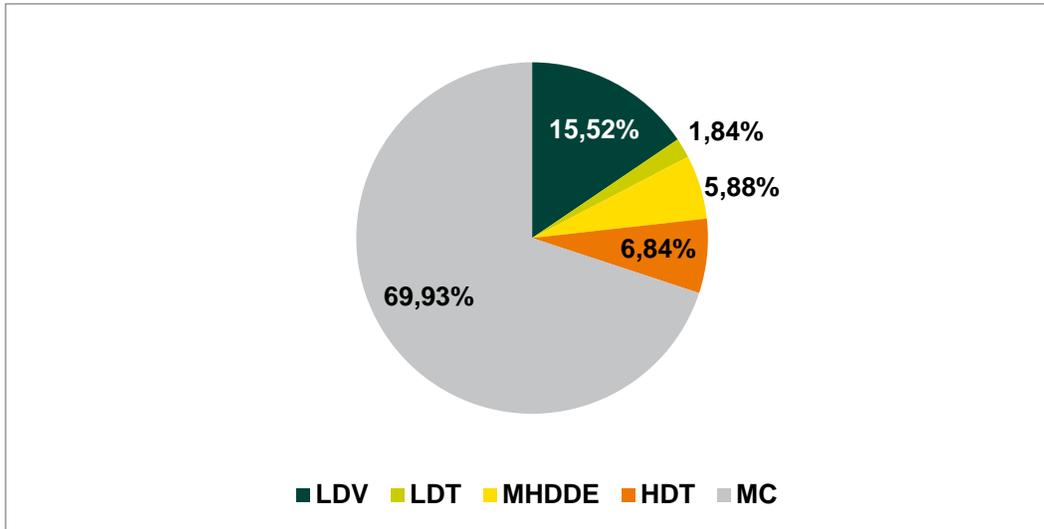
LDV: automóviles – LDT camiones livianos – MHDDE camiones semipesados HDT camiones pesados MC motocicletas  
 Fuente: Fuente especificada no válida.

Figura 3.2.9.2-11 Composición vehicular TDP – AV\_06



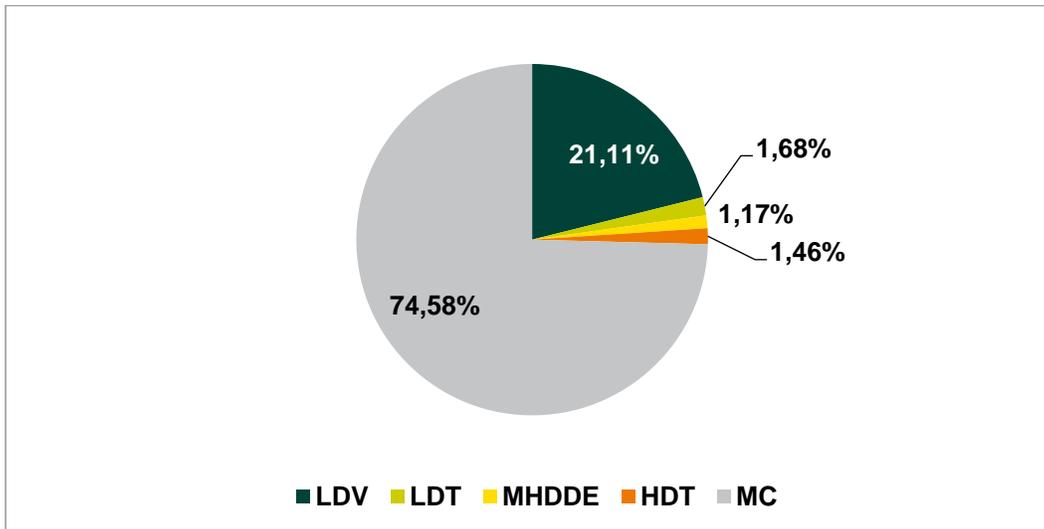
LDV: automóviles – LDT camiones livianos – MHDDE camiones semipesados HDT camiones pesados MC motocicletas  
 Fuente: Fuente especificada no válida.

Figura 3.2.9.2-12 Composición vehicular TDP – AV\_07



LDV: automóviles – LDT camiones livianos – MHDDE camiones semipesados HDT camiones pesados MC motocicletas  
Fuente: Fuente especificada no válida.

Figura 3.2.9.2-13 Composición vehicular TDP – AV\_08



LDV: automóviles – LDT camiones livianos – MHDDE camiones semipesados HDT camiones pesados MC motocicletas  
Fuente: Fuente especificada no válida.

### 3.2.9.2.3 Potenciales receptores

Con la finalidad de identificar los potenciales receptores que están expuestos a los contaminantes atmosféricos y teniendo en cuenta lo descrito por la Resolución 2254 del 2017 respecto a los niveles máximos permisibles, tiempos de exposición y rangos de concentración a nivel nacional para la declaratoria de los niveles de prevención, alerta y emergencia, ante posibles emisiones generadas por las actividades desarrolladas en el proyecto Área de Desarrollo Llanos 141. Para la identificación de receptores en el área de influencia del proyecto se identificaron como receptores potenciales las construcciones asociadas a las instalaciones recreativas, el tejido urbano discontinuo donde se

encuentran viviendas, centros educativos, iglesias, entre otros; y las zonas industriales y comerciales identificados en la base cartográfica del estudio. Ver **Figura 3.2.9.2-14**.

Adicional a lo señalado anteriormente, como soporte a la identificación de los receptores sociales, se realizó una caracterización en campo, como fuente de recopilación de información primaria, donde se identificaron algunas infraestructuras sociales como tiendas, balnearios, áreas recreativas, salones comunales, escuelas, cementerios, iglesias, entre otras. Los cuales se relacionan en la **Tabla 3.2.9.2-9** y **Figura 3.2.9.2-14**.

**Tabla 3.2.9.2-9 Receptores sociales identificados en el área de influencia del proyecto**

No.	MUNICIPIO	VEREDA	NOMBRE RECEPTOR	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL		FOTO
				ESTE	NORTE	
Rec1	Cumaral	Chepero	Tienda Mata de Bambú	4956406,54	2018025,41	
Rec2	Cumaral	Chepero	Balneario	4956410,26	2018009,17	
Rec3	Cumaral	Chepero	ÁREA DEPORTIVA (CANCHA)	4956187,92	2018020,59	
Rec4	Cumaral	Chepero	Tienda Chepero	4956169,92	2018040,39	
Rec5	Cumaral	Chepero	Tienda	4956327,32	2018138,63	
Rec6	Cumaral	Chepero	Tienda	4956262,28	2018036,54	

No.	MUNICIPIO	VEREDA	NOMBRE RECEPTOR	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL		FOTO
				ESTE	NORTE	
Rec7	Cumaral	Chepero	Granja San Julián	4966123,79	2018992,68	
Rec8	Cumaral	Chepero	Tienda Borinque	4965468,65	2019236,40	
Rec9	Cumaral	Chepero	Tienda	4959274,72	2022110,92	
Rec10	Cumaral	Chepero	Tienda	4955879,77	2023926,53	
Rec11	Cumaral	Chepero	centro Comercial Ganadero	4957508,86	2021838,60	
Rec12	Cumaral	Cuarteles	Escuela	4966141,68	2027403,52	
Rec13	Cumaral	Venturosa	Tienda	4965987,51	2026805,69	
Rec14	Cumaral	Cuarteles	Casa - Tienda	4965744,43	2028040,71	

No.	MUNICIPIO	VEREDA	NOMBRE RECEPTOR	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL		FOTO
				ESTE	NORTE	
Rec15	Cumaral	El Palmar	Escuela	4965540,43	2028555,31	
Rec16	Cumaral	El Palmar	Agrícola Internacional	4962825,24	2028074,58	
Rec17	Cumaral	Inspección San Nicolás	Escuela	4964380,08	2027799,62	
Rec18	Cumaral	Inspección San Nicolás	Parque principal	4954238,16	2032959,65	
Rec19	Cumaral	Inspección San Nicolás	Tienda	4961010,57	2032840,93	
Rec20	Cumaral	Inspección San Nicolás	Tienda	4960975,01	2032784,22	
Rec21	Cumaral	Inspección San Nicolás	Antiguo punto de salud (infraestructura)	4960564,19	2032608,90	
Rec22	Cumaral	Inspección San Nicolás	Salón comunal	4960575,86	2032615,10	

No.	MUNICIPIO	VEREDA	NOMBRE RECEPTOR	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL		FOTO
				ESTE	NORTE	
Rec23	Cumaral	Inspección San Nicolás	Granja San Nicolás	4960663,35	2032659,09	
Rec24	Cumaral	Inspección San Nicolás	Inspección de policía	4960692,10	2032660,61	
Rec25	Cumaral	Inspección San Nicolás	Tienda	4960755,57	2032698,77	
Rec26	Cumaral	Inspección San Nicolás	Tienda y restaurante	4960766,92	2032703,52	
Rec27	Cumaral	Inspección San Nicolás	Tienda	4960801,70	2032713,90	
Rec28	Cumaral	Inspección San Nicolás	Panadería	4960819,70	2032723,62	
Rec29	Cumaral	Inspección San Nicolás	Tienda	4960796,95	2032717,46	
Rec30	Cumaral	Inspección San Nicolás	Tienda y miscelánea	4960818,24	2032722,76	

No.	MUNICIPIO	VEREDA	NOMBRE RECEPTOR	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL		FOTO
				ESTE	NORTE	
Rec31	Cumaral	Inspección San Nicolás	Expendio de gas casero	4960836,75	2032724,98	
Rec32	Cumaral	Inspección San Nicolás	Capilla	4960510,86	2032599,32	
Rec33	Cumaral	Inspección San Nicolás	Taller de motos	4960870,14	2032748,06	
Rec34	Cumaral	Inspección San Nicolás	Granja la Viña	4960874,97	2032745,22	
Rec35	Cumaral	Inspección San Nicolás	Iglesia Cristiana	4960965,46	2032779,17	
Rec36	Cumaral	San Nicolás Norte	Finca Arrocería La Cristalina	4961002,99	2032795,16	
Rec37	Cumaral	Inspección San Nicolás	Antigua escuela Guayabal	4961084,24	2032822,66	
Rec38	Cumaral	San Nicolás Norte	Hocoter (Criadero de marranos)	4961152,91	2032834,79	

No.	MUNICIPIO	VEREDA	NOMBRE RECEPTOR	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL		FOTO
				ESTE	NORTE	
Rec39	Cumaral	San Nicolás Norte	Betania (Criadero de marranos)	4961182,32	2032835,54	
Rec40	Cumaral	San Nicolás Norte	Palmera Buenos Aires	4961218,70	2032843,37	
Rec41	Cumaral	Venturosa	Tienda	4961241,49	2032843,73	
Rec42	Cumaral	Venturosa	Tienda Arcala aventura	4961245,89	2032840,83	
Rec43	Cumaral	Venturosa	Escuela	4961413,13	2032920,15	
Rec44	Cumaral	Venturosa	Oficinas acueducto veredal	4960946,67	2032775,61	
Rec45	Cumaral	Venturosa	Tienda	4956406,54	2018025,41	
Rec46	Cumaral	Venturosa	Granja María del Carmen	4956410,26	2018009,17	

No.	MUNICIPIO	VEREDA	NOMBRE RECEPTOR	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL		FOTO
				ESTE	NORTE	
Rec47	Cumaral	Inspección presentado	Estación de Policía	4956187,92	2018020,59	
Rec48	Cumaral	Inspección presentado	Escuela	4956169,92	2018040,39	
Rec49	Cumaral	Inspección presentado	Parque 2	4956327,32	2018138,63	
Rec50	Cumaral	Inspección presentado	Tienda	4956262,28	2018036,54	
Rec51	Cumaral	Inspección presentado	Tienda	4966123,79	2018992,68	
Rec52	Cumaral	Inspección presentado	Discoteca	4965468,65	2019236,40	
Rec53	Cumaral	Inspección presentado	Tienda	4959274,72	2022110,92	
Rec54	Cumaral	Inspección presentado	Restaurante	4955879,77	2023926,53	

No.	MUNICIPIO	VEREDA	NOMBRE RECEPTOR	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL		FOTO
				ESTE	NORTE	
Rec55	Cumaral	Inspección presentado	Restaurante	4957508,86	2021838,60	
Rec56	Cumaral	Inspección presentado	Iglesia cristiana	4966141,68	2027403,52	
Rec57	Cumaral	Inspección presentado	Tienda	4965987,51	2026805,69	
Rec58	Cumaral	Inspección presentado	Expendio de gas casero	4965744,43	2028040,71	
Rec59	Cumaral	Inspección presentado	Servicio de pagos y recargas	4965540,43	2028555,31	
Rec60	Cumaral	Inspección presentado	Parqueadero	4962825,24	2028074,58	
Rec61	Cumaral	Inspección presentado	Parque 1	4964380,08	2027799,62	
Rec62	Cumaral	Inspección presentado	Tienda	4954238,16	2032959,65	

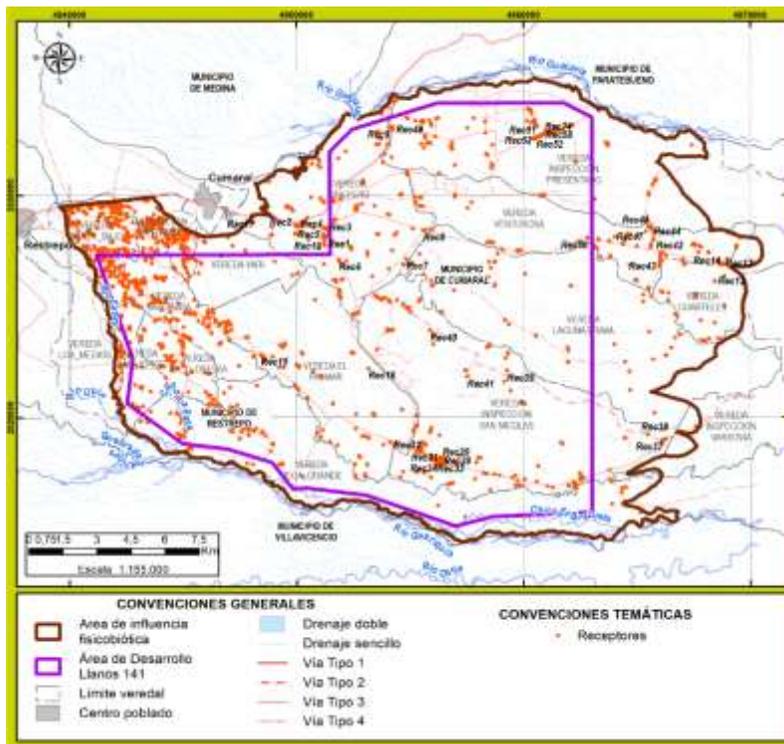
No.	MUNICIPIO	VEREDA	NOMBRE RECEPTOR	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL		FOTO
				ESTE	NORTE	
Rec63	Cumaral	Inspección presentado	Tienda	4961010,57	2032840,93	
Rec64	Cumaral	Inspección presentado	Jardín ICBF	4960975,01	2032784,22	
Rec65	Cumaral	Inspección presentado	Capilla	4960564,19	2032608,90	
Rec66	Cumaral	Inspección presentado	Tienda	4960575,86	2032615,10	
Rec67	Cumaral	Inspección presentado	Tienda	4960663,35	2032659,09	
Rec68	Cumaral	Inspección presentado	Tienda	4960692,10	2032660,61	
Rec69	Cumaral	Inspección presentado	Tienda	4960755,57	2032698,77	
Rec70	Cumaral	Inspección presentado	Tienda	4960766,92	2032703,52	

No.	MUNICIPIO	VEREDA	NOMBRE RECEPTOR	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL		FOTO
				ESTE	NORTE	
Rec71	Cumaral	Inspección presentado	Billares los amigos	4960801,70	2032713,90	
Rec72	Cumaral	Inspección presentado	Centro de eventos deportivos	4960819,70	2032723,62	
Rec73	Cumaral	Inspección presentado	Hacienda la cabaña	4960796,95	2032717,46	

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

En **anexo 3\_Caracterización ambiental, 3.2.9.2\_Calidad aire, Receptores sociales**, y **Anexo 3\_Caracterización ambiental, 3.2.9.2\_Calidad aire, Información campo**; se detalla el listado de los receptores sociales identificados con la información secundaria.

**Figura 3.2.9.2-14 Receptores sensibles identificados en el área de influencia del proyecto – Infraestructura social**



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Es importante tener en cuenta que hay un gran número de vivienda suburbanas y rurales dispersas en el área de influencia del proyecto, principalmente se evidencio que sobre las vías donde se ubicaron puntos de aforo hay presencia de viviendas campestres a lo largo de estas. En el capítulo de descripción del medio Socioeconómico del presente estudio, se detalla la descripción demográfica del área de influencia.

Respecto a la identificación de áreas con elementos naturales susceptibles que puedan ser afectados durante el desarrollo de cada una de las fases del proyecto, se realizó la consulta a la autoridad ambiental regional Cormacarena, la cual dio respuesta mediante comunicado PM.GA 3.22.11104 (ver En el **Anexo 3\_Caracterización ambiental, 3.2.9.2\_Calidad aire, Cormacarena**), donde manifiesta que “basados en la información registrada en el registro único nacional de áreas protegidas – RUNAP y Calibras, actualmente en el área de desarrollo del proyecto de los municipios de Restrepo y Cumaral, no se encuentran establecidos tanto santuarios de flora y fauna como áreas importantes para la conservación de aves – AICAS, respectivamente. Mientras que si presenta gran variedad de corredores ecológicos que comunican las partes altas que comprenden la Cordillera Oriental compuestos por áreas de paramo y bosque alto andino, los cuales en el piedemonte como área transitoria conecta con las partes bajas la cual comprende ecosistemas de sabana, morichales entre otros. Estos municipios presentan una variedad de pisos térmicos que sobresalen por presentar una variada biodiversidad de especies de fauna y flora que habitan y se encuentran en amplios corredores biológicos que generan conectividad entre la zona Andina con la Orinoquense...” No obstante, al interior del área de influencia del proyecto se presenta un área protegida correspondiente a la Reserva Natural de la Sociedad Civil La Cosmopolitana, declarada en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas – SINAP por la Resolución 049 de 2014.

Para mayor detalle sobre las zonas de reserva forestal, consultar en el presente estudio el capítulo de zonificación de manejo ambiental y en el capítulo 3.3.1 Ecosistemas estratégicos.

#### **3.2.9.2.4 Monitoreo de calidad del aire**

En el presente apartado se presentan los resultados de monitoreo de calidad del aire a nivel de inmisión en el área de influencia del proyecto Área de Desarrollo Llanos 141, para determinar las concentraciones y cumplimiento normativo de los parámetros partículas con diámetro aerodinámico menor a 10 micras (PM10), partículas con diámetro aerodinámico menor a 2.5 micras (PM2.5), Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>), Monóxido de Carbono (CO), Ozono (O<sub>3</sub>) y Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs), benceno y tolueno, de acuerdo con los parámetros establecidos en la Resolución 2254 de 2017 del MADS. Así mismo fueron tomados en cuenta criterios sociales y socioeconómicos para definir la relación que existe entre las emisiones y posibles receptores al igual que factores climáticos, topográficos y dinámicas sociales en el área de influencia para la toma de muestra.

Los monitoreos de calidad del aire se realizaron en cuatro (4) estaciones de calidad del aire para el área de influencia físico-biótica del Área de Desarrollo Llanos 141, buscando caracterizar la época húmeda para lo cual se realizó un monitoreo durante 36 días de monitoreo, siguiendo lo establecido en el Manual de Diseño de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; comprendidos entre el 25 de noviembre al 30 de diciembre de 2022, también, se ubicaron 4 estaciones meteorológicas en los cuatro puntos de monitoreo, registrando datos con un intervalo de 30 minutos, por parte del laboratorio acreditado IDEAM bajo la resolución 1357 del 13 de noviembre de 2019, Instituto de Higiene Ambiental S.A.S. Ver En el **anexo 3\_Caracterización ambiental, 3.2.9.2\_Calidad aire, Monitoreo calidad aire**

### 3.2.9.2.5 Ubicación de las estaciones

La ubicación de las estaciones de medición fue establecida previo a la campaña de monitoreo de calidad de aire, la localización de estas se rige a lo establecido en el protocolo de calidad de aire y a la información meteorológica que permitió determinar la incidencia del viento en el área de estudio. A continuación, se presentan los criterios establecidos para la micro localización y macro localización y su relación con las fuentes de emisiones atmosféricas presentes, proyectadas, y los receptores sensibles en el área de influencia.

#### ➤ Criterios para la Macrolocalización de las estaciones de calidad del aire

Dentro del análisis de macrolocalización de las estaciones, se tuvo en cuenta la caracterización del comportamiento de los vientos y la topografía de la zona, lo cual permito establecer adecuadamente la instalación de las estaciones. De acuerdo con lo mencionado se realizó el análisis del comportamiento meteorológico regional, presentado en el **capítulo 3.2.9.1 Clima**, el cual indicó homogeneidad en las condiciones meteorológicas de la región.

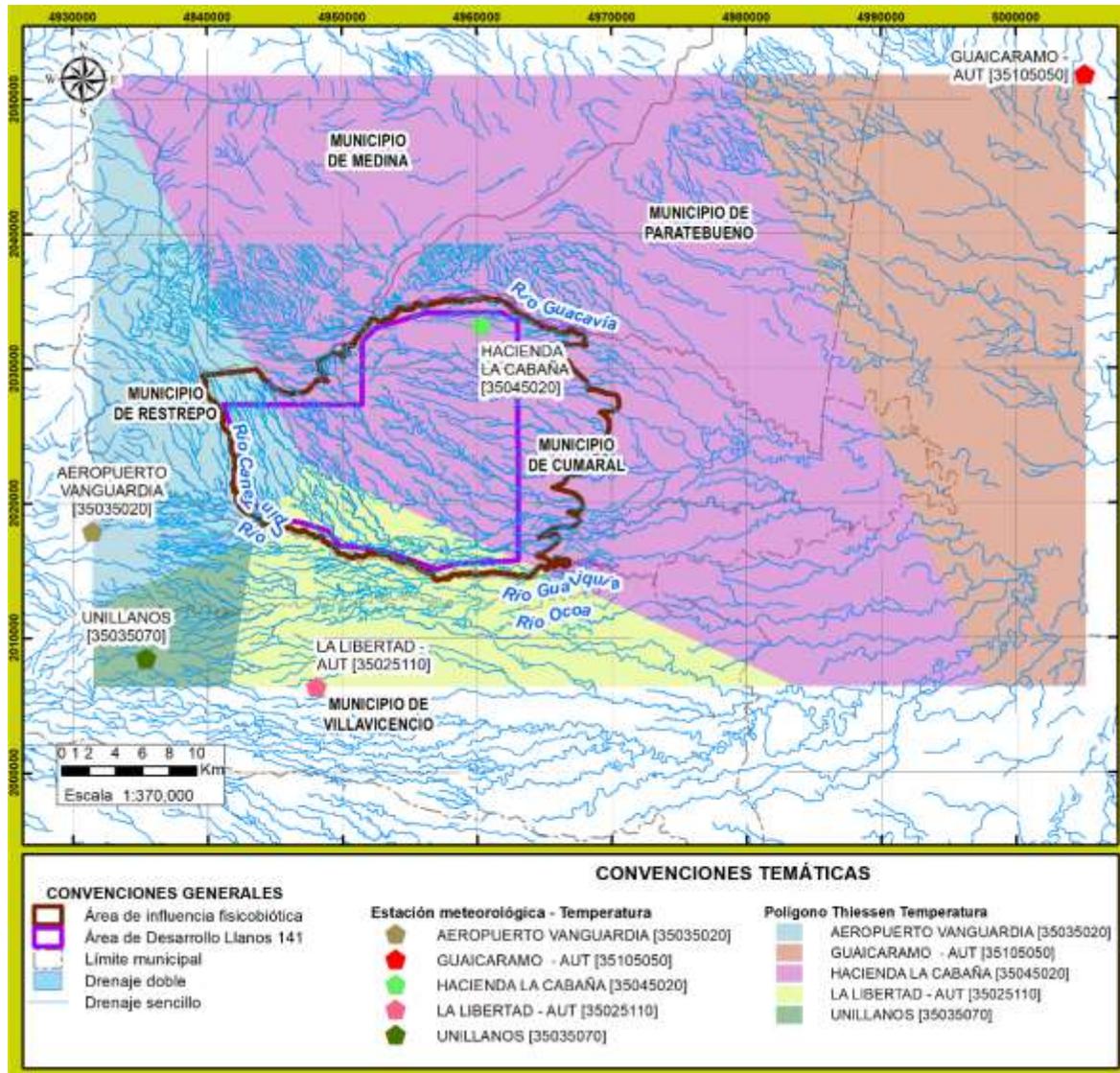
Según los criterios establecidos en el protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad el aire, existen diferentes criterios para el diseño de un sistema de vigilancia de calidad del aire, entre esos se encuentran:

- Meteorología de la zona.
- Receptores de interés.
- Presencia de parques o reservas naturales
- Fuentes de emisión identificadas preliminarmente.

Respecto a la información meteorológica principalmente la dirección predominante del viento se revisó en el catálogo de estaciones Climatológicas del IDEAM presentes en la zona, las estaciones que contenía una mejor información del comportamiento y dirección vientos era la del Aeropuerto Vanguardia, Salinas de Upin y Unillanos cuya localización se detalla en la figura que se presenta a continuación

El polígono de Thiessen resultante para la zona de estudio comprende las estaciones Acueducto La Esmeralda (35030040), Aeropuerto Vanguardia (35035020) El Retiro (35040010), Hacienda La Cabaña (35045020), La Libertad - Aut (35025110), Monfort (35030020), Ojo De Agua (35030050), Pompeya (35020060), Puerto López (35010010), San Juanito (35050020), Sena (35030030) y Unillanos (35035070). Sin embargo, como se muestra en la **Figura 3.2.9.2-15**, el área de interés es cubierta solamente por las estaciones Aeropuerto Vanguardia (35035020) El Retiro (35040010), Hacienda La Cabaña (35045020), Ojo De Agua (35030050) y Pompeya (35020060).

Figura 3.2.9.2-15 Estaciones meteorológicas cercanas al área de influencia del proyecto



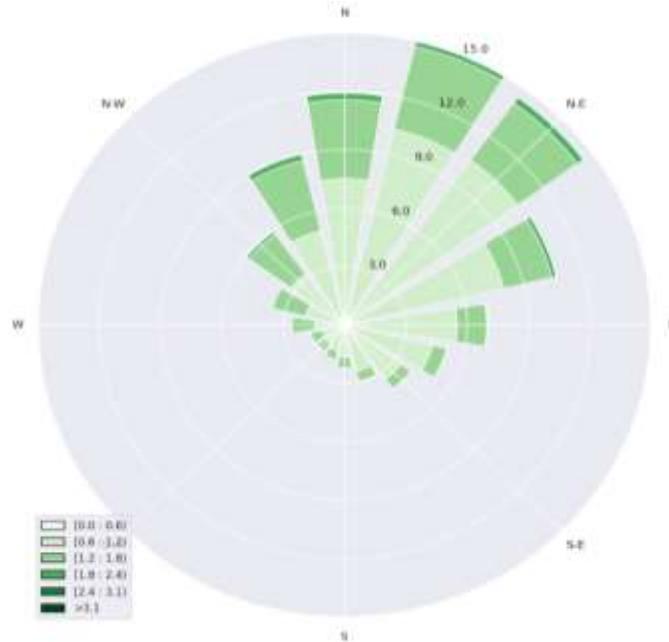
Fuente: Antea Colombia S.A.S., 2023.

Se realizó la rosa de los vientos para determinar la frecuencia y su trayectoria. Cabe resaltar que en los análisis correspondientes se generaron las rosas de los vientos a nivel diurno debido a que, las bases de datos del IDEAM registran valores en un único horario (7:00 am). A continuación, los resultados para cada una de las estaciones.

✓ **Estación Aeropuerto Vanguardia (35035020)**

En la **Figura 3.2.9.2-16**, se presenta la rosa de vientos para el período descrito. Se evidencia que los vientos se dirigen predominantemente al Noreste (NE), con una frecuencia de 15 %.

Figura 3.2.9.2-16 Rosa de los vientos - Estación Aeropuerto Vanguardia

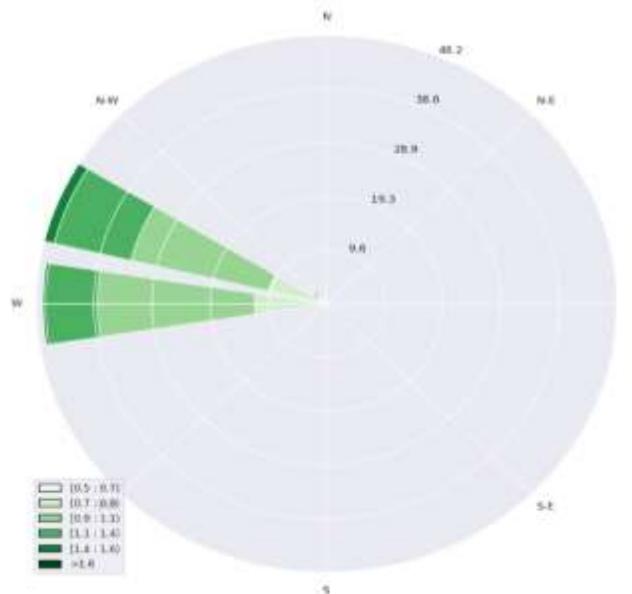


Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

✓ Estación Salinas De Upin - Aut (35035110)

En la **Figura 3.2.9.2-17** se presenta la rosa de vientos para el período descrito. Se evidencia que los vientos se dirigen predominantemente al Noroeste (NW), con una frecuencia de 48,2 %.

Figura 3.2.9.2-17 Rosa de los vientos - Estación Salinas De Upin - Aut

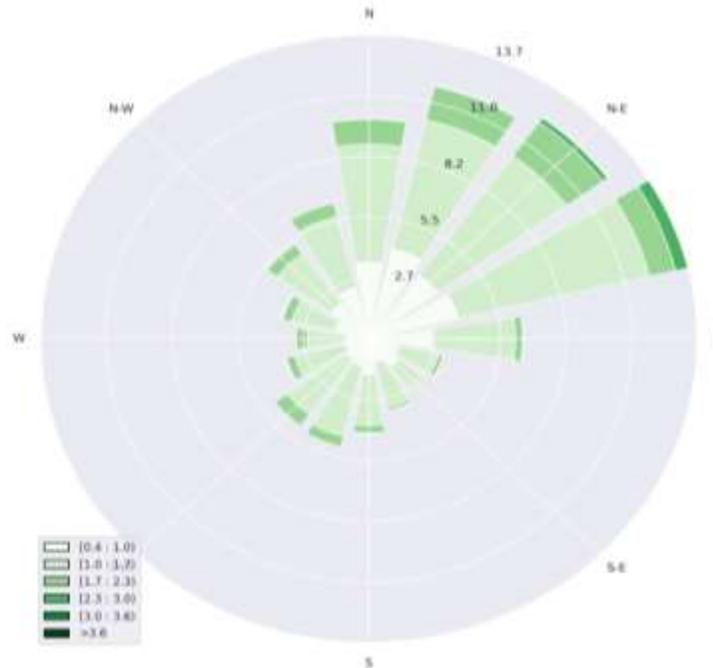


Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

✓ Estación Unillanos (35035070)

En la **Figura 3.2.9.2-18**, se presenta la rosa de vientos para el período descrito. Se evidencia que los vientos se dirigen predominantemente al Noreste (NE), con una frecuencia de 13,7 %.

**Figura 3.2.9.2-18 Rosa de los vientos - Estación Unillanos**



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

De acuerdo con lo anterior, se observa que los vientos se dirigen principalmente al Noreste (NE) para las estaciones Aeropuerto Vanguardia y Unillanos. Para la estación Salinas de Upin se presenta la mayor frecuencia con un valor de 48,2 % con vientos predominantes a la dirección Noroeste (NW). Por lo anterior la estación de fondo debe ser ubicada principalmente en la dirección noreste, en segunda medida se puede ubicar otra en el sector noroeste u oeste del polígono del tanque. Respecto a la estación viento abajo esta puede ubicarse en el sector suroeste o en el este del campo. Ver **Figura 3.2.9.2-19**.

En cuanto a la ubicación de receptores de interés, mediante el uso de la imagen satelital de la zona, se pudo observar que en el sector norte se encuentra el casco urbano del municipio de Cumaral, y hacia el sur oeste se encuentran las veredas del municipio de Restrepo, este como múltiples viviendas dispersas. En lo que refiere a la existencia de reservas o parques naturales, basados en la información registrada en el Registro Único Nacional de Áreas Protegidas – RUNAP y Calibras, actualmente en el área de desarrollo del proyecto de los municipios de Restrepo y Cumaral, no se encuentran establecidos tanto santuarios de flora y fauna como áreas importantes para la conservación de aves – AICAS, respectivamente. Sin embargo de acuerdo al Sistema Nacional de Áreas Protegidas-SINAP por Resolución 049 del 2014 se establece la Reserva Natural de la Sociedad Civil La Cosmopolitana como área protegida - A su vez se presenta gran variedad de corredores ecológicos que comunican las partes altas que comprenden la Cordillera Oriental compuestos por áreas de paramo y bosque alto andino, los cuales en el piedemonte como área transitoria conecta con las partes bajas la cual comprende ecosistemas de sabana, morichales entre otros.

Las fuentes de emisión fijas y móviles actuales, fueron identificadas durante la caracterización del área de influencia. Como resultado del proceso de macrolocalización de manera inicial se establecieron 4 zonas o sectores donde se podrían ubicar las estaciones de calidad del aire, las cuales se presentan a continuación.

Para la ubicación de las estaciones de calidad de aire de acuerdo con lo establecido en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad de Aire (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible, 2010), específicamente para Sistemas de Vigilancia de la Calidad de Aire Industrial SVCAI, se contempla dos estaciones vientos abajo y dos estaciones vientos arriba de las fuentes de emisión.

➤ **Criterios para la Microlocalización de las estaciones de calidad del aire**

Posterior al planteamiento de los posibles sitios de monitoreo de calidad del aire, estos fueron objeto de verificación en campo, ya que se deben cumplir diferentes requisitos de micro localización.

Para la realización del monitoreo de calidad del aire se dio cumplimiento al Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire desarrollado por el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT,2008), ahora Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, respecto a los aspectos para la micro localización de estaciones de monitoreo de calidad de aire en donde fueron instaladas priorizando entre la estación de medición lo relacionado con:

- Se ubicó lejos de fuentes menores de contaminación, como actividades de quema de basura o leña, chimeneas, fogones de leña
- No se ubicó cercana a vías sin pavimentar.
- Se garantizó una altura de los equipos de 4 metros.
- Área despejada de cobertura de palma
- Alejada de infraestructuras (viviendas y corrales).
- Se garantizó el suministro de energía eléctrica
- Seguridad para la ubicación de equipos, ante posibles robos, caídas por movimientos de animales o paso de vehículos.
- Exposición de los toma-muestras y sensores: El punto AIRE\_01 se ubicó a 30 metros de la carretera (la cual presenta bajo flujo vehicular) que da ingreso a la finca donde se instaló la estación. El punto AIRE\_02 se situó a 30 metros de la única carretera cerca, la cual, está sin pavimentar. El punto AIRE\_03 se asentó a poco menos de 40 metros de la vía de entrada de la finca donde se ubicó la estación. La estación AIRE\_04 está a unos 15 metros de una vía secundaria, sin embargo, presenta bajo flujo vehicular. Los toma- muestras se instalaron evitando sitios cubiertos y estancamientos locales como por ejemplo callejones de vientos formados entre edificios altos.
- Condiciones de logística: Los puntos cuentan con facilidades de acceso para los operadores de las estaciones y el medio de transporte de estos.
- Alrededor de las estaciones no hubo sistemas de aire acondicionado o ventilaciones de edificios, zonas de paqueo, depósitos de químicos, almacenamiento de residuos sólidos o líquidos. Parte de la finalidad del monitoreo es hallar las concentraciones de inmisión de los contaminantes primarios locales.

A continuación, en la **Tabla 3.2.9.2-10** se detalla la ubicación georreferenciada para cada uno de los puntos de monitoreo. Las estaciones se nombraron de la siguiente manera: La estación 1 como AIRE\_01, la estación 2 como AIRE\_02, la estación 3 como AIRE\_03 y la estación 4 como AIRE\_04.

**Tabla 3.2.9.2-10 Estaciones de calidad del aire del Área de Desarrollo Llanos 141**

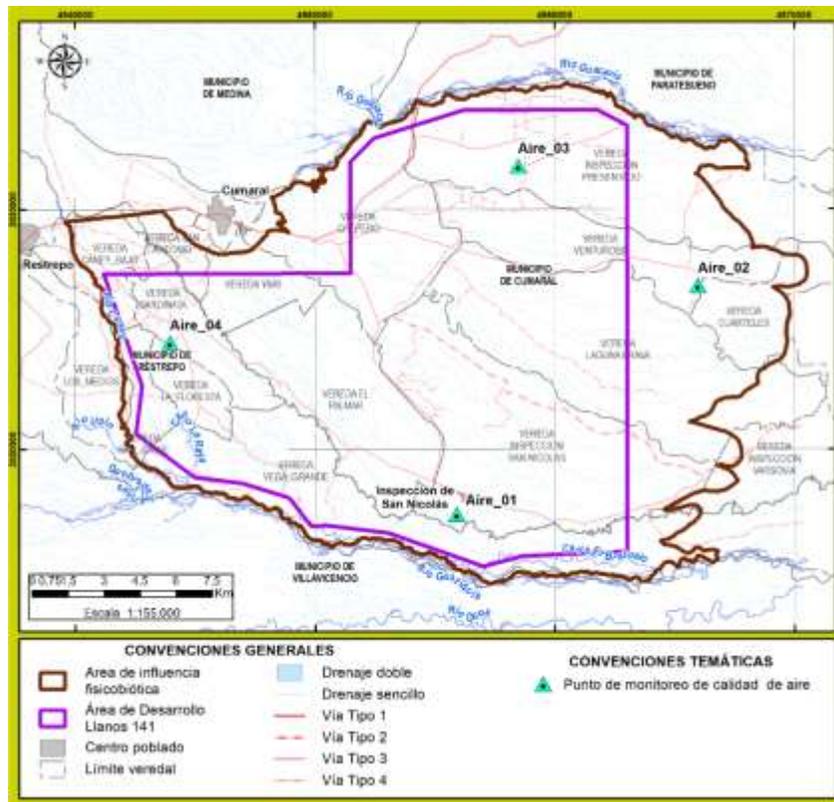
Punto de Monitoreo	Fecha de muestreo	Coordenadas Origen Nacional		Vereda
		Este	Norte	
AIRE_01	25 de noviembre al 30 de diciembre de 2022	4955906,17	2017284,87	Inspección San Nicolás
AIRE_02		4965978,19	2026813,40	La Venturosa
AIRE_03		4958486,16	2031806,81	Inspección Presentado
AIRE_04		4943947,04	2024448,11	La Floresta

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Las estaciones de medición se clasifican de acuerdo con varios niveles descritos en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire; con relación a lo anterior se estableció la representatividad de los datos de acuerdo con el nivel 1 (según el tipo de área) se clasifica como rural, puesto que se evidencian parcelas rurales y áreas no urbanizadas. En cuanto al nivel 2 (según el tiempo de muestreo), las estaciones son de tipo indicativo ya que permanecieron en los puntos por un periodo de tiempo inferior a un año, el tiempo de monitoreo fue de 36 días período lluvioso con toma de muestra día por medio, obteniendo así 18 muestras para cada parámetro en cada punto de monitoreo.

En la **Figura 3.2.9.2-19** se presenta la ubicación espacial de los puntos monitoreados, con respecto al área de influencia físico-biótica del Área de Desarrollo Llanos 141.

**Figura 3.2.9.2-19 Ubicación de las estaciones de calidad del Aire Área de Desarrollo Llanos 141**



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

A continuación, en la se describe cada una de las estaciones de calidad del aire, detallando las características que se tuvieron en cuenta en la localización, las condiciones o características que las rodeaba en los predios instalados. Es de aclarar que las cuatro estaciones funcionaron durante todo el monitoreo de calidad del aire con suministro de energía eléctrica.

**Tabla 3.2.9.2-11 Estaciones de calidad del aire AIRE\_01 del Área de Desarrollo Llanos 141**

IDENTIFICACIÓN ESTACIÓN AIRE_01				
Estación	AIRE_01	Nombre	Finca Coro Coro	
LOCALIZACIÓN				
Departamento: Meta	Municipio: Cumaral	Vereda: Inspección San Nicolas	Coordenadas Origen Único Nacional	E: 4955906,17
				N: 2017284,87
			H	303 M
ESPECIFICACIONES				
PARÁMETRO	MÉTODO	REGISTRO FOTOGRÁFICO		
PM10	Muestreadores activos de tipo manual de alto volumen (Hi-Vol)			
PM2.5	Se empleó un equipo automático que utiliza la técnica de dispersión láser marca GRIMM modelo EDM 180			
NO <sub>2</sub>	Analizador de Óxidos de Nitrógeno (Nox) – Horiba APNA-370			
SO <sub>2</sub>	Se utilizaron equipos conocidos como "RAC" que captan simultáneamente las muestras para el análisis de SO <sub>2</sub>			
O <sub>3</sub>	Analizador de Ozono (O <sub>3</sub> )–Horiba APOA-370			
CO	Analizador de Monóxido de Carbono (CO) – Horiba APMA-370			
COV'S	Analizador Horiba APOA-370			
<p><b>CLASIFICACIÓN DE LA ESTACIÓN:</b> La tecnología de las estaciones de medición fue de tipo manual para los parámetros PM10, SO<sub>2</sub> y COVs y método automático para PM2.5, NO<sub>2</sub>, CO Y O<sub>3</sub></p>				
Nivel I: Tipo Área		RURAL	Días monitoreado 36	
Nivel II: Tiempo de muestreo		INDICATIVA	Época de monitoreo Seca / Húmeda	
Nivel III: Estaciones dominantes		FONDO		

IDENTIFICACIÓN ESTACIÓN AIRE_01			
CRITERIO		OBSERVACIONES	
CRITERIOS DE UBICACIÓN	Seguridad y entorno		Bueno
	Conexiones eléctricas		Generador eléctrico
	Estabilidad de la estructura		Andamio certificado
	¿Existen salidas de sistemas de aire acondicionado o ventilaciones cerca?		No
	¿Existen zonas de parqueo, depósitos de químicos o de combustibles?		No
	¿Existen acumulaciones de residuos sólidos o líquidos en las cercanías?		No
	¿Existen fuentes menores cercanas de contaminación como hornos, o quemadores de basuras?		No
	¿Existen carreteras destapadas, campos deportivos o lotes sin vegetación en cercanía?		No
	Flujo no restringido de aire 270° alrededor de la toma muestra		Si, es superior a 270°
	Altura de la toma muestra (m)*		3.5 m
	Características de la superficie en el que se instala el punto de monitoreo		Suelo con cobertura vegetal
	Diferencia de altura entre el muestreador y el obstáculo elevado (m)		No se cuenta con obstáculo
	Distancia vertical desde las estructuras de soporte hasta el toma muestra (m)		Los equipos se ubicaron a partir de 1,5 metros de altura desde el nivel del suelo. La toma de muestra del equipo Rack de Gases, se realizó a 3,5 metros de altura desde el nivel del suelo
CRITERIOS DE UBICACIÓN	Técnicos	La ubicación de las estaciones sigue lo contemplado en el Manual de Diseño del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, para los Sistemas Indicativos de Vigilancia de Calidad de Aire adoptada mediante la Resolución 650 de 2010, los cuales son relacionados en cada uno de los criterios anterior mente nombrados.	
	Físicos	Hacia el norte se halla un corral de ganado a unos 70 metros de distancia, en la cual, se realizan actividades de ordeño todos los días. Al sur se observa un área de pastizal para pastoreo de animales. Al costado este del punto, a aproximadamente 50 metros, hay una zona de cultivo de plátano. Finalmente, hacia el oeste, se encuentra la vivienda de la finca, a poco más de 50 metros. La carretera de ingreso a la finca esta sin pavimentar. La operación del punto de monitoreo duro desde el 25 de noviembre de 2022 al 30 de diciembre del 2022.	
	Sociales	El control y monitoreo de la calidad del aire permite identificar y cuantificar los impactos que generan algunos contaminantes atmosféricos sobre la salud humana, con esta estación se abarca el área del proyecto, así como los alrededores más cercanos, que hacen parte del municipio.	

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Tabla 3.2.9.2-12 Estaciones de calidad del aire AIRE\_02 del Área de Desarrollo Llanos 141**

IDENTIFICACIÓN ESTACIÓN AIRE_02				
Estación	AIRE_02	Nombre	Hacienda Alejandría	
<b>LOCALIZACIÓN</b>				
Departamento: Meta	Municipio: Cumaral	Vereda: La Venturosa	Coordenadas Origen Único Nacional	E: 4965978,19
				N: 2026813,40
				H: 290 M

IDENTIFICACIÓN ESTACIÓN AIRE_02			
ESPECIFICACIONES			
PARÁMETRO	MÉTODO	REGISTRO FOTOGRÁFICO	
PM10	Muestreadores activos de tipo manual de alto volumen (Hi-Vol)		
PM2.5	Se empleó un equipo automático que utiliza la técnica de dispersión láser marca GRIMM modelo EDM 180		
NO <sub>2</sub>	Analizador de Óxidos de Nitrógeno (Nox) – Horiba APNA-370		
SO <sub>2</sub>	Se utilizaron equipos conocidos como “RAC” que captan simultáneamente las muestras para el análisis de SO <sub>2</sub>		
O <sub>3</sub>	Analizador de Ozono (O <sub>3</sub> )–Horiba APOA-370		
CO	Analizador de Monóxido de Carbono (CO) – Horiba APMA-370		
COV'S	Analizador Horiba APOA-370		
<p><b>CLASIFICACIÓN DE LA ESTACIÓN:</b> La tecnología de las estaciones de medición fue de tipo manual para los parámetros PM10, SO<sub>2</sub> y COVs y método automático para PM2.5, NO<sub>2</sub>, CO Y O<sub>3</sub></p>			
Nivel I: Tipo Área		RURAL	Días monitoreado 36
Nivel II: Tiempo de muestreo		INDICATIVA	Época de monitoreo Seca / Húmeda
Nivel III: Estaciones dominantes		FONDO	
CRITERIO			OBSERVACIONES
CRITERIOS DE UBICACIÓN	Seguridad y entorno		Bueno
	Conexiones eléctricas		Generador eléctrico
	Estabilidad de la estructura		Andamio certificado
	¿Existen salidas de sistemas de aire acondicionado o ventilaciones cerca?		No
	¿Existen zonas de parqueo, depósitos de químicos o de combustibles?		No
	¿Existen acumulaciones de residuos sólidos o líquidos en las cercanías?		No
	¿Existen fuentes menores cercanas de contaminación como hornos, o quemadores de basuras?		No
	¿Existen carreteras destapadas, campos deportivos o lotes sin vegetación en cercanía?		No
	Flujo no restringido de aire 270° alrededor de la toma muestra		Si, es superior a 270°
Altura de la toma muestra (m)*		3.5 m	

IDENTIFICACIÓN ESTACIÓN AIRE_02		
CRITERIO		OBSERVACIONES
CRITERIOS DE UBICACIÓN	Características de la superficie en el que se instala el punto de monitoreo	Suelo con cobertura vegetal
	Diferencia de altura entre el muestreador y el obstáculo elevado (m)	No se cuenta con obstáculo
	Distancia vertical desde las estructuras de soporte hasta el toma muestra (m)	Los equipos se ubicaron a partir de 1,5 metros de altura desde el nivel del suelo. La toma de muestra del equipo Rack de Gases, se realizó a 3,5 metros de altura desde el nivel del suelo
CRITERIOS DE UBICACIÓN	Técnicos	La ubicación de las estaciones sigue lo contemplado en el Manual de Diseño del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, para los Sistemas Indicativos de Vigilancia de Calidad de Aire adoptada mediante la Resolución 650 de 2010, los cuales son relacionados en cada uno de los criterios anterior mente nombrados.
	Físicos	La estación se ubicó en una zona de pastizal. Existe presencia de ganado. A unos 30 metros del punto hay una carretera sin pavimentar (es la única vía que hay cerca). A lo largo de esta vía, hacia los costados, hay varios predios de viviendas y tiene tránsito vehicular moderado de vehículos livianos y lecheros. Alrededor de la estación se observan áreas de pastizal. La operación del punto de monitoreo duro desde el 25 de noviembre de 2022 al 20 de diciembre del 2022.
	Sociales	El control y monitoreo de la calidad del aire permite identificar y cuantificar los impactos que generan algunos contaminantes atmosféricos sobre la salud humana, con esta estación se abarca el área del proyecto, así como los alrededores más cercanos, que hacen parte del municipio.

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Tabla 3.2.9.2-13 Estaciones de calidad del aire AIRE\_03 del Área de Desarrollo Llanos 141

IDENTIFICACIÓN ESTACIÓN AIRE_03					
Estación	AIRE_03	Nombre	Finca Las Marías de José		
LOCALIZACIÓN					
Departamento: Meta	Municipio: Cumaral	Vereda: Inspección Presentado	Coordenadas Origen Único Nacional	E: 4958486,16	
				N: 2031806,81	
				H	325 M
ESPECIFICACIONES					
PARÁMETRO	MÉTODO	REGISTRO FOTOGRÁFICO			
PM10	Muestreadores activos de tipo manual de alto volumen (Hi-Vol)				
PM2.5	Se empleó un equipo automático que utiliza la técnica de dispersión láser marca GRIMM modelo EDM 180				
NO <sub>2</sub>	Analizador de Óxidos de Nitrógeno (Nox) – Horiba APNA-370				
SO <sub>2</sub>	Se utilizaron equipos conocidos como "RAC" que captan simultáneamente las muestras para el análisis de SO <sub>2</sub> .				

IDENTIFICACIÓN ESTACIÓN AIRE_03		
ESPECIFICACIONES		
PARÁMETRO	MÉTODO	REGISTRO FOTOGRÁFICO
O <sub>3</sub>	Analizador de Ozono (O <sub>3</sub> )–Horiba APOA-370	
CO	Analizador de Monóxido de Carbono (CO) – Horiba APMA-370	
COV'S	Analizador Horiba APOA-370	
<p><b>CLASIFICACIÓN DE LA ESTACIÓN:</b> La tecnología de las estaciones de medición fue de tipo manual para los parámetros PM10, SO<sub>2</sub> y COVs y método automático para PM2.5, NO<sub>2</sub>, CO Y O<sub>3</sub></p>		
Nivel I: Tipo Área	RURAL	Días monitoreado 36
Nivel II: Tiempo de muestreo	INDICATIVA	Época de monitoreo Seca / Húmeda
Nivel III: Estaciones dominantes	FONDO	
CRITERIO		OBSERVACIONES
CRITERIOS DE UBICACIÓN	Seguridad y entorno	Bueno
	Conexiones eléctricas	Generador eléctrico
	Estabilidad de la estructura	Andamio certificado
	¿Existen salidas de sistemas de aire acondicionado o ventilaciones cerca?	No
	¿Existen zonas de parqueo, depósitos de químicos o de combustibles?	No
	¿Existen acumulaciones de residuos sólidos o líquidos en las cercanías?	No
	¿Existen fuentes menores cercanas de contaminación como hornos, o quemadores de basuras?	No
	¿Existen carreteras destapadas, campos deportivos o lotes sin vegetación en cercanía?	No
	Flujo no restringido de aire 270° alrededor de la toma muestra	Si, es superior a 270°
	Altura de la toma muestra (m)*	3,5 m
	Características de la superficie en el que se instala el punto de monitoreo	Suelo con cobertura vegetal
Diferencia de altura entre el muestreador y el obstáculo elevado (m)	No se cuenta con obstáculo	
Distancia vertical desde las estructuras de soporte hasta él toma muestra (m)	Los equipos se ubicaron a partir de 1,5 metros de altura desde el nivel del suelo. La toma de muestra del equipo Rack de Gases, se realizó a 3,5 metros de altura desde el nivel del suelo	
CRITERIOS DE UBICACIÓN	Técnicos	La ubicación de las estaciones sigue lo contemplado en el Manual de Diseño del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, para los Sistemas Indicativos de Vigilancia de Calidad de Aire adoptada mediante la Resolución 650 de 2010, los cuales son relacionados en cada uno de los criterios anterior mente nombrados.

IDENTIFICACIÓN ESTACIÓN AIRE_03		
CRITERIO		OBSERVACIONES
CRITERIOS DE UBICACIÓN	Físicos	A poco más de 25 metros se encuentra un corral de ordeño de ganado. El corral cuenta con una planta para ordeño que funciona con un motor eléctrico y un motor diésel, este último, se enciende cuando se corta el suministro de energía eléctrica. Aproximadamente a 15 metros esta la vía de acceso a la finca, la cual está sin pavimentar; a unos 10 metros se encuentra la vivienda de la finca. Aproximadamente a 400 metros esta la vía principal, la cual, también se encuentra sin pavimentar y a 200 metros se halla un área de cobertura vegetal arbórea. Hacia el norte y el este, hay amplios cultivos de palma. La operación del punto de monitoreo duro desde el 25 de noviembre de 2022 al 20 de diciembre del 2022.
	Sociales	El control y monitoreo de la calidad del aire permite identificar y cuantificar los impactos que generan algunos contaminantes atmosféricos sobre la salud humana, con esta estación se abarca el área del proyecto, así como los alrededores más cercanos, que hacen parte del municipio.

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Tabla 3.2.9.2-14 Estaciones de calidad del aire AIRE\_04 del Área de Desarrollo Llanos 141

IDENTIFICACIÓN ESTACIÓN AIRE_04					
Estación	AIRE_04	Nombre		La Floresta	
LOCALIZACIÓN					
Departamento: Meta	Municipio: Cumaral	Vereda: La Floresta	Coordenadas Origen Único Nacional	E: 4943947,04	
				N: 2024448,11	
				H	392 M
ESPECIFICACIONES					
PARÁMETRO	MÉTODO	REGISTRO FOTOGRÁFICO			
PM10	Muestreadores activos de tipo manual de alto volumen (Hi-Vol)				
PM2.5	Se empleó un equipo automático que utiliza la técnica de dispersión láser marca GRIMM modelo EDM 180				
NO <sub>2</sub>	Analizador de Óxidos de Nitrógeno (Nox) – Horiba APNA-370				
SO <sub>2</sub>	Se utilizaron equipos conocidos como "RAC" que captan simultáneamente las muestras para el análisis de SO <sub>2</sub>				

IDENTIFICACIÓN ESTACIÓN AIRE_04		
ESPECIFICACIONES		
PARÁMETRO	MÉTODO	REGISTRO FOTOGRÁFICO
O <sub>3</sub>	Analizador de Ozono (O <sub>3</sub> )–Horiba APOA-370	 
CO	Analizador de Monóxido de Carbono (CO) – Horiba APMA-370	
COV'S	Analizador Horiba APOA-370	
<p><b>CLASIFICACIÓN DE LA ESTACIÓN:</b> La tecnología de las estaciones de medición fue de tipo manual para los parámetros PM10, SO<sub>2</sub> y COVs y método automático para PM2.5, NO<sub>2</sub>, CO Y O<sub>3</sub></p>		
Nivel I: Tipo Área	RURAL	Días monitoreado 36
Nivel II: Tiempo de muestreo	INDICATIVA	Época de monitoreo Seca / Húmeda
Nivel III: Estaciones dominantes	FONDO	
CRITERIO		OBSERVACIONES
CRITERIOS DE UBICACIÓN	Seguridad y entorno	Bueno
	Conexiones eléctricas	Generador eléctrico
	Estabilidad de la estructura	Andamio certificado
	¿Existen salidas de sistemas de aire acondicionado o ventilaciones cerca?	No
	¿Existen zonas de parqueo, depósitos de químicos o de combustibles?	No
	¿Existen acumulaciones de residuos sólidos o líquidos en las cercanías?	No
	¿Existen fuentes menores cercanas de contaminación como hornos, o quemadores de basuras?	No
	¿Existen carreteras destapadas, campos deportivos o lotes sin vegetación en cercanía?	No
	Flujo no restringido de aire 270° alrededor de la toma muestra	Si, es superior a 270°
	Altura de la toma muestra (m)*	3.5 m
	Características de la superficie en el que se instala el punto de monitoreo	Suelo con cobertura vegetal
	Diferencia de altura entre el muestreador y el obstáculo elevado (m)	No se cuenta con obstáculo
Distancia vertical desde las estructuras de soporte hasta el toma muestra (m)	Los equipos se ubicaron a partir de 1,5 metros de altura desde el nivel del suelo. La toma de muestra del equipo Rack de Gases, se realizó a 3,5 metros de altura desde el nivel del suelo	
CRITERIOS DE UBICACIÓN	Técnicos	La ubicación de las estaciones sigue lo contemplado en el Manual de Diseño del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, para los Sistemas Indicativos de Vigilancia de Calidad de Aire adoptada mediante la Resolución 650 de 2010, los cuales son relacionados en cada uno de los criterios anterior mente nombrados.

IDENTIFICACIÓN ESTACIÓN AIRE_04		
CRITERIO		OBSERVACIONES
CRITERIOS DE UBICACIÓN	Físicos	La estación se ubicó en una zona de pastizal. A poco más de 50 metros del punto se observa una caballeriza y a unos 30 metros se encuentran 3 piscinas de piscicultura desocupadas. La vía de acceso a la finca esta sin pavimentar. Alrededor de la estación se divisan áreas de cobertura vegetal. La operación del punto de monitoreo duro desde el 25 de noviembre de 2022 al 20 de diciembre del 2022.
	Sociales	El control y monitoreo de la calidad del aire permite identificar y cuantificar los impactos que generan algunos contaminantes atmosféricos sobre la salud humana, con esta estación se abarca el área del proyecto, así como los alrededores más cercanos, que hacen parte del municipio.

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

En la **Tabla 3.2.9.2-15** se hace una descripción de cada uno de los compuestos monitoreados. Ausencia.

**Tabla 3.2.9.2-15 Compuestos monitoreados**

CONTAMINANTE	DESCRIPCIÓN	
Material Particulado menor a diez micras (PM-10)	Definición	Se denomina PM-10 a cualquier material sólido o líquido dividido finamente diferente al agua no combinada, según medición por los métodos federales de referencia (40 CFR 53). Adoptados por normatividad colombiana. Y cuyo diámetro varía entre 2,5 y 10 µm (1 micrómetro corresponde la milésima parte de 1 milímetro).
	Fuentes	Hornos, trituradoras, molinos, afiladores, estufas, calcinadores, calderas, incineradores, cintas transportadoras, acabados textiles, mezcladores y tolvas, cubilotes, equipo procesador, cabinas de aspersión, digestores, incendios forestales, entre otro. La contaminación generada por la combustión en los automóviles, la industria, construcción y comercio polvo suspendido quema agrícola
	Efectos	Efectos en la respiración y el sistema respiratorio, agravamiento de afecciones respiratorias y cardiovasculares ya existentes, daños en el tejido pulmonar, carcinogénesis y mortalidad prematura. Tos, resolló, dificultad para respirar. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Agrava el asma</li> <li>• Daño al pulmón (incluyendo la disminución de la función del pulmón y enfermedades respiratorias de por vida)</li> <li>• Muertes prematuras en individuos con enfermedades preexistentes en el corazón y del pulmón.</li> </ul>
Material Particulado Menor a 2.5 Micras (PM-2.5)	Definición	Partículas finas con diámetro aerodinámico nominal menor o igual a 2,5 micras, producidas por procesos de combustión de combustibles fósiles, a partir de la condensación de gases, de reacciones químicas en la atmósfera y de gases precursores como el dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles, amoníaco y otros compuestos.
	Fuentes	Automóviles, buses, camiones, plantas termoeléctricas, calderas, procesos industriales, hornos, fundiciones, procesos metalúrgicos, la combustión de biomasa, calefacción residencial a leña, quemas agrícolas, incendios forestales y emisiones de amonio de las operaciones agrícolas
	Efectos	Enfermedades pulmonares obstructiva crónicas, enfermedades cardiovasculares, incremento del asma, aumento de riesgo de infartos, inflamación pulmonar, desarrollo de aterosclerosis, efectos a la visibilidad
Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	Definición	Se identifican seis tipos de óxidos de nitrógeno: NO, NO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O, N <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> O <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . A Nivel de contaminación del aire se hace referencia solo a NO y NO <sub>2</sub> (Gases incoloros) y se expresan típicamente como NO <sub>x</sub> .
	Fuentes	Los óxidos de nitrógeno son degradados rápidamente en la atmósfera al reaccionar con otras sustancias comúnmente presentes en el aire. La reacción del dióxido de nitrógeno con sustancias químicas producidas por la luz solar lleva a la formación de ácido nítrico, el principal constituyente de la lluvia ácida. El dióxido de nitrógeno reacciona con la luz solar, lo cual lleva a la formación de ozono y smog en el aire ambiente, adicionalmente, el oxígeno y el nitrógeno del aire reaccionan para formar NO, oxidándose posteriormente a NO <sub>2</sub> . La mayor parte de los óxidos de nitrógeno se forman por la oxidación del nitrógeno atmosférico durante los procesos de combustión a temperaturas elevadas.

CONTAMINANTE		DESCRIPCIÓN
Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	Efectos	Visibilidad reducida, irritación de la nariz y los ojos, edema pulmonar, bronquitis y neumonía; reaccionan con los VOCs bajo la influencia de la luz para formar Ozono. Los óxidos de nitrógeno son importantes contribuyentes potenciales de fenómenos nocivos como la lluvia ácida y la eutrofización en las zonas costeras. Concentraciones excesivas de NO y NO <sub>2</sub> en la baja atmósfera ocasionan un color parduzco debido a la absorción de la luz en la franja azul-verde del espectro.
Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	Definición	Compuestos corrosivos, gases tóxicos cuando se quema combustible que contiene azufre. El SO <sub>2</sub> pertenece a la familia de los óxidos de azufre(SOx) que son gases incoloros que se forman al quemar azufre y tienden a disolverse fácilmente en agua.
	Fuentes	Las emisiones de óxidos de azufre generadas por acción del hombre proceden primariamente de la combustión del carbón, fuel oil y la fundición de minerales sulfurados también contribuyen de manera significativa, aunque reducida, al SO <sub>2</sub> de la atmósfera. Otros combustibles fósiles (petróleo y gas natural) que podrían contener azufre emitirán SOX a la atmósfera dependiendo de los procesos de refinación a que son sometidos. Las plantas generadoras de energía, los procesos de fundición y otras operaciones comerciales y residenciales aportan en menor escala a la presencia de SO <sub>2</sub> atmosférico.
	Efectos	Dificultad para respirar cuando se disuelven en la nariz y en las vías superiores; tos crónica y secreción en las mucosas. Contribuye a la lluvia ácida y a fenómenos de visibilidad disminuida (de acuerdo con su concentración).
Ozono (O <sub>3</sub> )	Definición	El ozono se encuentra de modo natural en la estratósfera terrestre, donde absorbe la radiación UV dañina para la vida en la tierra; también se encuentra cerca de la superficie terrestre, donde ciertos contaminantes reaccionan en presencia de luz solar para dar origen a este. Los principales contaminantes involucrados en estas reacciones son los óxidos de nitrógeno (NOx) y los compuestos orgánicos volátiles (VOC's). El monóxido de carbono (CO) también participa en las reacciones para formar ozono. Los días soleados con vientos de relativa calma favorecen la formación de ozono.
	Fuentes	En la superficie terrestre el ozono está producido por óxidos de nitrógeno y por la combustión de hidrocarburos, es decir los combustibles de los coches.
	Efectos	Efectos fisiológicos e inflamatorios en los pulmones de adultos, jóvenes sanos que hacen ejercicio expuestos durante periodos extensos; efectos en la salud de los niños. Los grupos más expuestos son los niños y adultos con actividad fuerte al aire libre, al igual que personas con asma u otras enfermedades de las vías respiratorias.
Monóxido de carbono (CO)	Definición	El monóxido de carbono (CO) es un gas o líquido incoloro que prácticamente no tiene olor ni sabor. Se produce como consecuencia de la oxidación incompleta del carbón en la combustión. Al quemarse se forma una flama violeta. Es ligeramente soluble en agua, en alcohol y en benceno. La gravitación específica es 0,9716; punto de ebullición -190°C; punto de solidificación -207°C; volumen específico 13,8 cu ft. /lb (70°F); temperatura de auto ignición (líquida) 1128°F. Clasificada como compuesto inorgánico.
	Fuentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• calentadores portátiles o de espacio que utilizan querosén y no tienen ventiladores o respiraderos</li> <li>• chimeneas y sistemas de calefacción con escapes</li> <li>• corrientes de aire provenientes de la parte trasera de unidades centrales de calefacción, calentadores de agua de gas, estufas y chimeneas de leña</li> <li>• estufas de gas.</li> <li>• generadores y otros enseres que usan gasolina</li> <li>• tubo de escape de los automóviles provenientes de un garaje pegado a la casa</li> <li>• humo de tabaco en el medio ambiente.</li> </ul> <p>La oxidación incompleta durante la combustión en hornillas de gas y en los calentadores portátiles sin respiraderos ya sean de gas o de querosén puede ocasionar concentraciones altas de monóxido de carbono en el medio ambiente interior. Otras fuentes significativas de monóxido de carbono son los siguientes aparatos de combustión:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• calderas</li> <li>• sistemas de calefacción viejos</li> </ul>

CONTAMINANTE	DESCRIPCIÓN	
Monóxido de carbono (CO)	Fuentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>sistemas de calefacción instalados incorrectamente o los que no se les ha dado el mantenimiento adecuado</li> <li>tuberías para el humo que están ajustadas incorrectamente, tapadas, desconectadas o con fugas.</li> </ul> <p>Otras fuentes pueden ser los tubos de escape de autos, camiones o autobuses ya estén en garajes pegados a la estructura del edificio o vivienda o provenientes de carreteras o estacionamientos cercanos.</p>
	Efectos	Pueden ser mortales en corto tiempo en áreas cerradas. Reacciona con la hemoglobina de la sangre, evitando la transferencia de oxígeno.
BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno)	Definición	Los compuestos orgánicos son sustancias químicas que contienen carbono y se encuentran en todos los elementos vivos. Los compuestos orgánicos volátiles, a veces llamados VOC (por sus siglas en inglés), o COV (por sus siglas en español), se convierten fácilmente en vapores o gases. Junto con el carbono, contienen elementos como hidrógeno, oxígeno, flúor, cloro, bromo, azufre o nitrógeno. El Benceno es un hidrocarburo aromático, ya que posee un olor especial, del Benceno se derivan otros hidrocarburos entre los cuales se encuentra el Tolueno.
	Fuentes	<p>La fuente de los compuestos orgánicos volátiles o COV puede ser natural o artificial. La fuente natural más común es el metano, gas de efecto invernadero, generado por la descomposición de la materia orgánica, por la quema de biomasa o por animales rumiantes como las vacas. Otros COV de origen natural son los aceites esenciales constituidos por terpenos.</p> <p>Las fuentes artificiales de compuestos orgánicos volátiles tienen su origen principalmente en actividades industriales como la industria de pinturas, del calzado o siderúrgica, los disolventes de la industria de lavado en seco, la evaporación de disolventes orgánicos, los automóviles e incluso el humo del tabaco. Dentro del hogar podemos encontrar numerosas fuentes de COV, como en los productos de limpieza, productos de higiene personal, cosméticos, pinturas, plásticos. En cuanto al Benceno, la mayor fuente es por la fabricación de plásticos, resinas y fibras sintéticas; y el Tolueno por el proceso de la manufactura de gasolina y de otros combustibles, y la fabricación de pinturas, diluyentes, barnices, lacas, adhesivos y en curtido de cueros.</p>
	Efectos	<p>De forma general, los efectos sobre la salud son variados, dependen del compuesto y del periodo al que se ha estado expuesto. Los compuestos orgánicos volátiles son liposolubles, y gracias a su afinidad por las grasas se acumulan en diversas partes del cuerpo humano. A corto plazo pueden causar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Irritación de ojos y garganta, nariz,</li> <li>Náuseas, irritación de garganta,</li> <li>Dolor de cabeza, vómito de sangre,</li> <li>Reacciones alérgicas, hinchazón,</li> <li>Mareos, dolores estomacales e intestinales,</li> <li>Fatiga, manchas en la piel.</li> </ul> <p>Y a largo plazo pueden dañar el hígado, los riñones o el sistema nervioso central. También pueden ser carcinógenos, como por ejemplo el benceno. También daña el intestino delgado a tal punto que se crean orificios que causan la muerte.</p> <p>La exposición a niveles bajos de benceno puede causar somnolencia, mareo, taquicardia, dolores de cabeza, vómitos y acidez e irritación estomacal. El benceno, en una exposición de larga duración, produce efectos nocivos en la médula de los huesos y puede causar una disminución en el número de glóbulos rojos, lo que conduce a situaciones de anemia; también puede producir hemorragias y daños en el sistema inmunitario. El benceno es un carcinógeno reconocido: Las exposiciones de larga duración a altos niveles del contaminante benceno puede producir leucemia, o cáncer de colon.</p> <p>El tolueno es tóxico y puede afectar al sistema nervioso. Niveles bajos de este contaminante pueden producir cansancio, confusión, debilidad, pérdida de la memoria, náusea, pérdida del apetito y pérdida de la audición y la vista. Los vapores de tolueno también irritan los ojos y producen un ligero efecto narcótico. El tolueno puede ser cancerígeno en personas que estén expuestas por un largo tiempo a sus efectos.</p>

Fuente: Instituto de Higiene Ambiental IHA S.A.S., 2022

En la **Tabla 3.2.9.2-16**, se presentan los métodos de muestreo y análisis utilizados por el laboratorio Instituto de Higiene Ambiental para cada uno de los contaminantes objeto de estudio que fueron monitoreados.

**Tabla 3.2.9.2-16 Compuestos monitoreados**

Parámetro	Método de muestreo	Método de análisis
Partículas con diámetro aerodinámico menor a 10 µm (PM <sub>10</sub> )	US EPA e-CFR Título 40, Parte 50, Apéndice J	Gravimetría
Partículas con diámetro aerodinámico menor a 2.5 µm (PM <sub>2.5</sub> )	US EPA e-CFR Título 40, Parte 50, Apéndice L	Dispersión luz laser
Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	US EPA e-CFR Título 40, Parte 50, Apéndice A-2	Espectrofotométrico
Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	US EPA e-CFR Título 40, Parte 50, Apéndice F	Quimioluminiscencia
Monóxido de Carbono (CO)	US EPA e-CFR Título 40, Parte 50, Apéndice C	Infrarrojo No Dispersivo
Ozono (O <sub>3</sub> )	Methods of Air Sampling and Analysis 820 Second Edition	Espectrofotométrico
Compuestos Orgánicos Volátiles (COV'S)	US EPA TO-17	Cromatografía

Fuente: (Instituto de Higiene Ambiental IHA S.A.S., 2023)

### ➤ Marco Legal

Para evaluar la calidad del aire en el área de influencia del Área de Desarrollo Llanos 141 se tuvieron en cuenta los parámetros establecidos en la Resolución 2254 del 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADRS. Los límites para concentraciones de contaminantes en el aire ambiente se toman del Artículo 2 de la Resolución en mención: “Niveles máximos permisibles de contaminantes criterio en el aire” cuyos valores, establecidos a condiciones de referencia, se muestran en la **Tabla 3.2.9.2-17**.

**Tabla 3.2.9.2-17 Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio**

CONTAMINANTE	UNIDAD	RESOLUCIÓN 2254 DEL 2017 ARTÍCULO 2	
		LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	TIEMPO DE EXPOSICIÓN
PM 2.5	µg/m <sup>3</sup>	25	Anual
		37	24 horas
PM 10	µg/m <sup>3</sup>	50	Anual
		75	24 horas
SO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	50	24 horas
		100	1 hora
NO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	60	Anual
		200	1 hora
O <sub>3</sub>	µg/m <sup>3</sup>	100	8 horas
		5000	8 horas
CO	µg/m <sup>3</sup>	35000	1 hora
		5	Anual
Benceno	µg/m <sup>3</sup>	260	1 semana
		1000	30 minutos

Fuente: (Res. 2254 de 2017 MADRS, 2017) capítulo 1, artículo 2 y 4, Niveles Máximos Permisibles de contaminantes criterio en el aire y niveles máximos permisibles para contaminantes tóxicos en el aire

### 3.2.9.2.6 Métodos de toma de muestra

A continuación, se describen cada uno de los equipos y métodos utilizados para la toma de muestra en cada uno de los puntos monitoreo de calidad de aire.

La tecnología de las estaciones de medición fue de tipo manual para los parámetros PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub> y COV's y método automático para PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub>, CO y O<sub>3</sub>.

#### 3.2.9.2.6.1 Material particulado

##### ➤ Medición de material particulado menor a 10 Micras

Para la toma de muestras de PM<sub>10</sub> se utilizaron equipos muestreadores activos de tipo manual de alto volumen (Hi-Vol) estos son equipos que succionan una cantidad medible de aire ambiente hacia una caja de muestreo a través de un filtro durante un periodo de tiempo conocido (24 hora +/- 1). Los equipos cuentan con un controlador de flujo de tipo másico para mantener un flujo aproximadamente constante durante el periodo de muestreo. Para PM<sub>10</sub> se emplea un cabezote (inlet) adecuado para que al entrar la muestra de aire se realiza la separación de tamaño de partícula y así obtener el material particulado con diámetro aerodinámico menor a 10 micras.

La metodología de muestreo de referencia pertenece al Código Federal de Regulaciones de USA, EPA-Título 40, parte 50, apéndice J para PM<sub>10</sub>. Este método provee una medida de la concentración másica de material particulado en el aire ambiente. El proceso de medida es no destructivo y el tamaño de la muestra recolectada es normalmente adecuado para los análisis químicos subsecuentes.

Una muestra de aire ambiente es arrastrada a una tasa constante de flujo hacia un colector con diseño especial donde el material es recolectado en un filtro durante el periodo de muestreo.

El filtro se pesa en las mismas condiciones ambientales antes y después de usarlo, para determinar el peso neto ganado. El volumen de aire corregido a las condiciones de referencia se determina con base en la tasa de flujo promedio y el tiempo de muestreo.

**Figura 3.2.9.2-20 Equipo HI-Vol para monitoreo PM10**



Fuente: (Instituto de Higiene Ambiental IHA S.A.S., 2023) adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

### ➤ **Medición de material particulado menor a 2.5 Micras**

Para la toma de muestra de PM<sub>2.5</sub>, se empleó un equipo automático que utiliza la técnica de dispersión láser marca GRIMM modelo EDM 180 (ver **Figura 3.2.9.2-21**) que mide en tiempo real la concentración de PM<sub>2.5</sub> de acuerdo con la normatividad vigente, el número total de partículas, la temperatura y humedad relativa del aire ambiente. El monitor de Material Particulado GRIMM EDM 180 maneja un sistema modular que puede configurarse para que inicialmente mida un diámetro de PM con la posibilidad de ser posteriormente ampliado a 2, 3 o 4 diámetros de partícula y distribución de 31 diámetros de partícula desde 0.25 a 32 micras.

La tecnología utilizada por este equipo es la de dispersión de luz para número de partículas simples, por lo que un láser semiconductor sirve como fuente de luz. La señal dispersa de la partícula atraviesa el haz láser y se recoge a 90° aproximadamente por un espejo y se transfiere a un diodo receptor.

El aire ambiente, a analizar, se impulsa dentro de la unidad vía una bomba interna de volumen controlado a una velocidad de 1.2 litros / minuto. La muestra atraviesa la cámara de muestra, pasando el detector del diodo láser y se recoge en un filtro. Se retirarán las gotas de agua y las partículas gruesas en la botella de vidrio siguiente que sirve como trampa de agua.

La bomba también genera el necesario aire de cobertura limpio, que se filtra y atraviesa la trasera del regulador de aire de cobertura en la cámara óptica. Esto asegura que ninguna contaminación de partículas entra en contacto con el conjunto de la óptica láser. Este caudal de aire libre de partículas también se utiliza para las pruebas de cero de referencia durante la auto calibración.

**Figura 3.2.9.2-21 Equipo toma de muestra PM<sub>2.5</sub>**



*Fuente: (Instituto de Higiene Ambiental IHA S.A.S., 2023) adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)*

#### **3.2.9.2.6.2 .SO<sub>2</sub> (RAC para tres gases)**

Se utilizaron equipos conocidos como “RAC” que captan simultáneamente las muestras para el análisis de SO<sub>2</sub>. Consiste en una caja muestreadora en el que se instala un tren de muestreo conformado por tubos burbujeadores con soluciones absorbentes para capturar los gases de interés.

El tren de muestreo está conformado por:

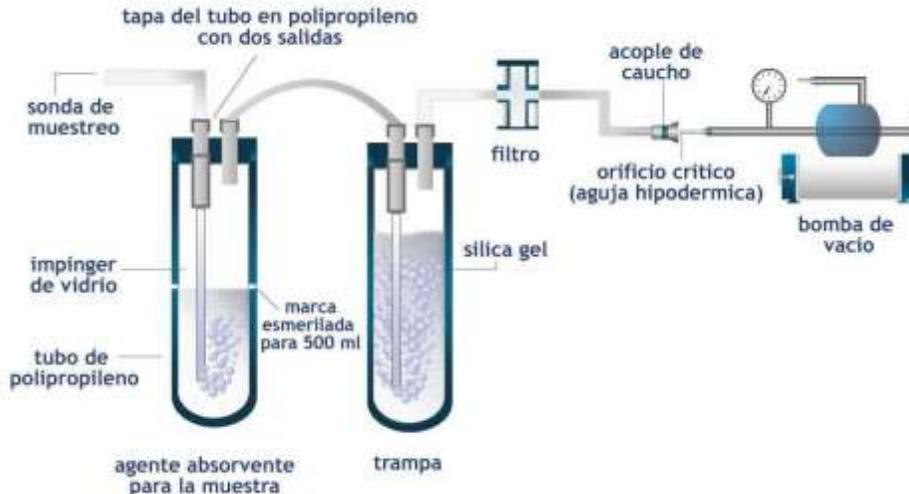
- Burbujeador 1: Para muestras de análisis de SO<sub>2</sub> se utiliza una solución de Tetracloromercurato de Potasio

Los burbujeadores, en especial el de toma de muestra para SO<sub>2</sub>, se mantiene a una temperatura de 15+/-10 °C con el fin de evitar la descomposición del reactivo, para tal fin se utilizó hielo.

La succión de muestra es generada por una bomba que proporciona una potencia suficiente para el muestreo. Se ajustó el caudal de muestreo a 0.2 +/- 0.02 L/min en cada jornada de monitoreo que es de 24 +/- 1 horas.

Las muestras obtenidas por este método son analizadas en laboratorio por medición espectrofométrica y posteriormente se relaciona con el caudal de muestreo. En la **Figura 3.2.9.2-22** se muestra el funcionamiento de toma de muestras para los gases mencionados.

**Figura 3.2.9.2-22 Tren de muestras**



Fuente: (Instituto de Higiene Ambiental IHA S.A.S., 2023) adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

### 3.2.9.2.6.3 NO<sub>2</sub>

Para NO<sub>2</sub> se emplea un analizador de Óxidos de Nitrógeno (Nox) – Horiba APNA-370 (ver **Figura 3.2.9.2-23**) el cual utiliza una combinación de modulación de flujo cruzado dual, quimioluminiscencia y el método de cálculo referencial. Esto le da las ventajas del detector simple, con la capacidad de hacer mediciones continuas de NOX, NO y NO<sub>2</sub>. El equipo estándar incluye una unidad secante con un sistema automático de regeneración para proporcionar aire ambiente seco como fuente de ozono. Esto permite mediciones continuas estables a largo plazo.

**Figura 3.2.9.2-23 Equipo de toma de muestra NO<sub>2</sub>**



Fuente: (Instituto de Higiene Ambiental IHA S.A.S., 2023) adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

El método de muestreo de referencia es aprobado por USA, EPA Método Automático RFNA-0606-157 y por la norma europea EN 14211 para NO<sub>2</sub>, teniendo como principio de medida Quimioluminiscencia de presión reducida (CLD) con modulación de flujo cruzado.

#### 3.2.9.2.6.4 O<sub>3</sub>

El analizador de Ozono (O<sub>3</sub>)–Horiba APOA-370 (ver **Figura 3.2.9.2-24**), utiliza el método de absorción UV juntamente con la modulación de flujo cruzado y el método de cálculo comparativo lo que permite medidas continuas con alta estabilidad y sensibilidad (0.1 ppm F.S.) Dispone de un ozonizador climatizado que proporciona un gas de referencia mediante descomposición del O<sub>3</sub> encontrado en el gas de muestra. Esto tiene las siguientes ventajas: (1) Reducción de la influencia de interferentes, (2) Analizador insensible a grandes cambios en el contenido de humedad, y (3) Aumento del tiempo de vida del analizador.

**Figura 3.2.9.2-24 Equipo de toma de muestra O<sub>3</sub>**



Fuente: (Instituto de Higiene Ambiental IHA S.A.S., 2023) adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

El analizador de Ozono (O<sub>3</sub>) – Horiba APOA-370, utiliza el método de absorción UV juntamente con la modulación de flujo cruzado y el método de cálculo comparativo lo que permite medidas continuas con alta estabilidad y sensibilidad (0.1 ppm F.S.).

### 3.2.9.2.6.5 CO

El analizador de Monóxido de Carbono (CO) – Horiba APMA-370 (ver **Figura 3.2.9.2-25**) utiliza la tecnología de modulación de flujo cruzado juntamente con la absorción infrarroja, lo que elimina la necesidad de ajustar la alineación óptica. Esto implica mediciones muy estables y sensibles (5 ppm FS). El APMA-370, dispone de un detector de compensación de interferencia de tipo de AS (antichoque) y un gas de referencia purificado.

El gas de referencia se genera por purga de la muestra a través de un proceso de oxidación, donde un catalizador oxidante quema el CO a CO<sub>2</sub>. Esta característica elimina la interferencia de otros elementos, dando como resultado mediciones muy precisas. No utiliza espejos reflectores, que atraen partículas extrañas. Esto significa que el banco óptico se mantiene siempre limpio asegurando resultados estables durante largos periodos de tiempo.

**Figura 3.2.9.2-25** Equipo de toma de muestra CO



Fuente: (Instituto de Higiene Ambiental IHA S.A.S., 2023) adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Las mediciones se basan en la absorción de la radiación infrarroja del monóxido de carbono (CO) en un fotómetro no dispersivo. La energía infrarroja de una fuente se pasa a través de una celda que contiene la muestra de gas a ser analizada, y la cuantificación de la absorción de energía del CO en la celda de muestreo es medida por un detector apropiado. El fotómetro es sensibilizado para el CO empleando gas de CO, ya sea en el detector o en una celda filtro en el camino óptico, limitando así la absorción medida en una o más longitudes de onda características en la que se absorbe CO fuertemente. Filtros ópticos u otros medios también pueden ser utilizados para limitar la sensibilidad del fotómetro a una banda estrecha de interés

### 3.2.9.2.6.6 COV'S

Para la toma de muestras de COVS de forma similar a la toma de muestras para Ozono o Amoniaco, se hace pasar un volumen de muestra durante una (1) hora, pero se hace pasar por un tubo de material sólido adsorbente. Los tubos adsorbentes obtenidos son transportados para análisis de laboratorio por Cromatografía de Gases con FID.

### 3.2.9.2.7 Análisis de resultados

A continuación, se presenta los resultados de la campaña de monitoreo de calidad de aire, donde los resultados fueron comparados con los límites de inmisión establecidos en la Resolución 2254 del 2017. Los resultados y el informe de los laboratorios se detallan en el **Anexo 3\_Caracterización ambiental, 3.2.9.2\_Calidad aire, Monitoreo calidad aire**. En la **Tabla 3.2.9.2-17** se presentan los contaminantes criterios y cada una de sus concentraciones máximas.

Observaciones para tener en cuenta en el presente análisis:

- Estación - Aire\_02:
  - El día 24 de diciembre se observó quemas de basura, quema de pólvora y fogatas de leña.
  - El día 25 de diciembre se observó importante flujo de vehículos por la vía aledaña a la estación de monitoreo.
  - El día 27 de diciembre se observó quema de basuras cerca a la estación de monitoreo.
  - El día 28 de diciembre se presentó quema de basuras y pólvora cerca al punto de medición.
  
- Estación - Aire\_03:
  - En la estación Aire\_03 los días 08, 12, 18, 20, 22 y 28 de diciembre hubo funcionamiento y operación de una tolva de la extractora de palma, la cual está ubicada cerca a la estación de monitoreo.
  - En la estación Aire\_03 los días 14 de diciembre se observó funcionamiento de motobomba con combustible en la finca Las Marías.

### 3.2.9.2.7.1 Meteorología

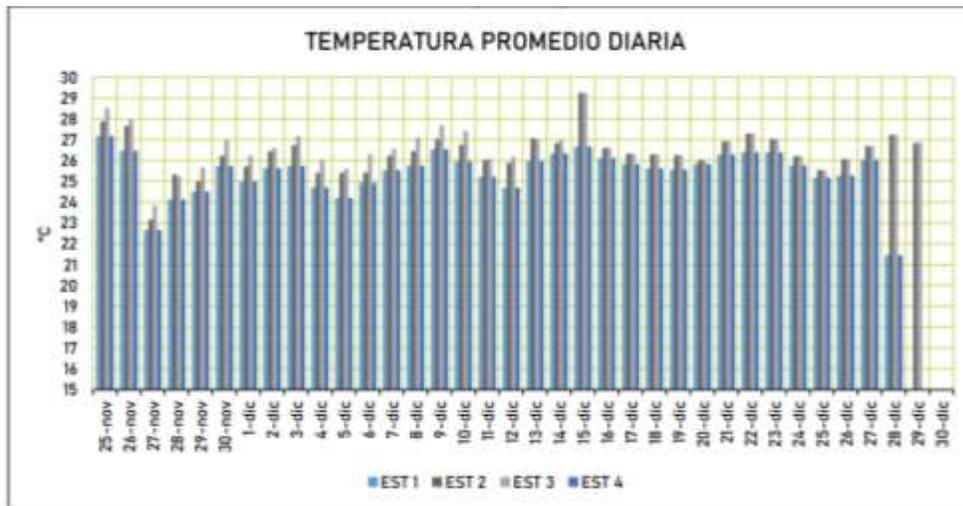
La zona de estudio se encuentra en el municipio de Cumaral en el departamento del Meta, las estaciones de monitoreo se localizan aproximadamente entre los 276 m.s.n.m. y 379 m.s.n.m. Se realizó el monitoreo de calidad del aire durante 36 días comprendidos entre el 25 de noviembre al 30 de diciembre de 2022.

A continuación, se presentan los resultados de la precipitación diaria y el promedio de la temperatura y humedad relativa diaria por cada estación meteorológica instalada en cada punto de monitoreo.

Nota: Los días 29 y 30 de diciembre se presentaron fallas en los data logger de las estaciones meteorológicas, por ende, no registraron datos esos días.

#### ➤ Temperatura

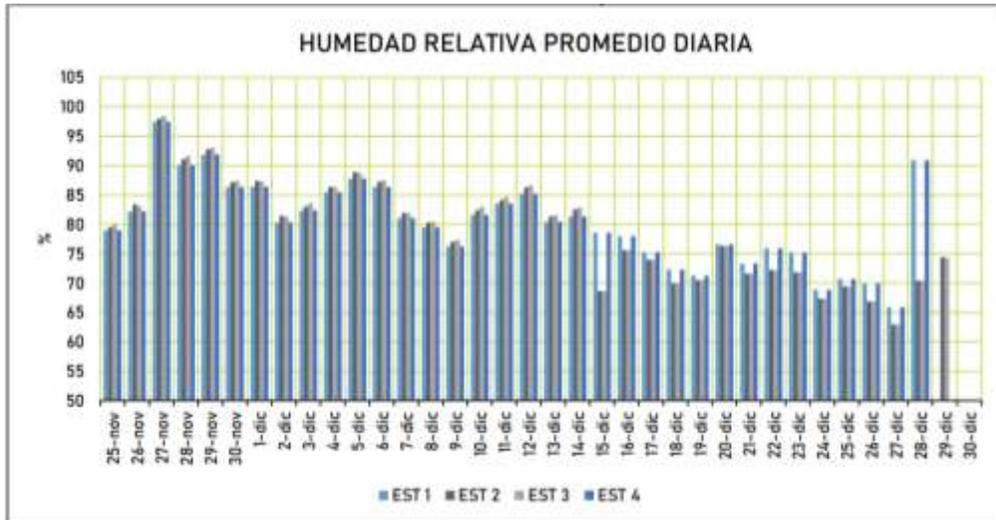
**Figura 3.2.9.2-26 Temperatura promedio diaria**



Fuente: (Instituto de Higiene Ambiental IHA S.A.S., 2023)

➤ **Humedad relativa**

**Figura 3.2.9.2-27 Humedad relativa promedio diaria**

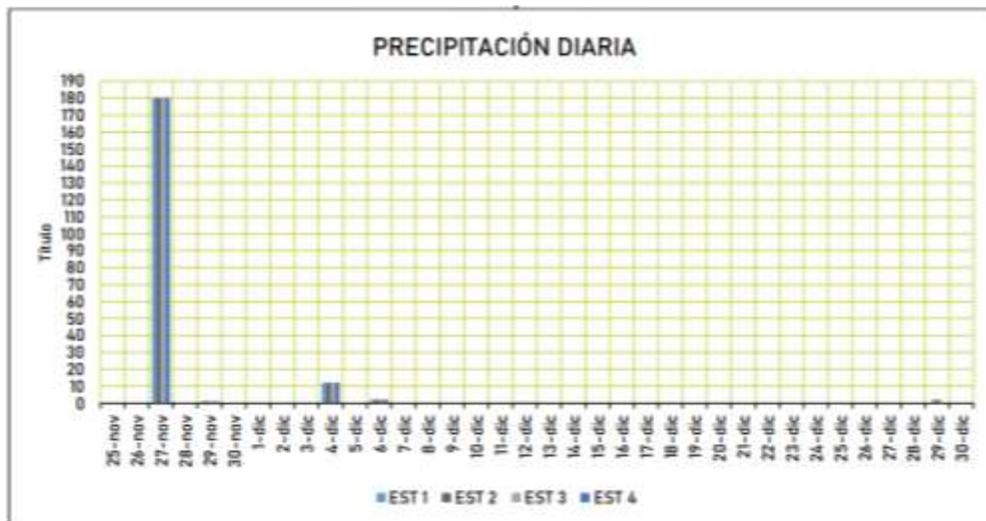


Fuente: (Instituto de Higiene Ambiental IHA S.A.S., 2023)

De los datos anteriores se observa que las gráficas la **Figura 3.2.9.2-26** y **Figura 3.2.9.2-27** correspondientes a los promedios de temperatura y humedad relativa respectivamente, tienen un comportamiento inversamente proporcional en sus datos. La temperatura más alta reportada fue de 29,2°C el día 15 de diciembre de 2022 en las estaciones 2 y 3 y la más baja fue de 21,5°C reportada el día 28 de diciembre de 2022 en las estaciones 1 y 4. Los valores de humedad relativa oscilaron entre 98,4% y 62,9% obteniendo el pico más alto el 27 de noviembre de 2022 y la cifra más baja el 27 de diciembre de 2022.

➤ **Precipitación diaria**

**Figura 3.2.9.2-28 Precipitación diaria**



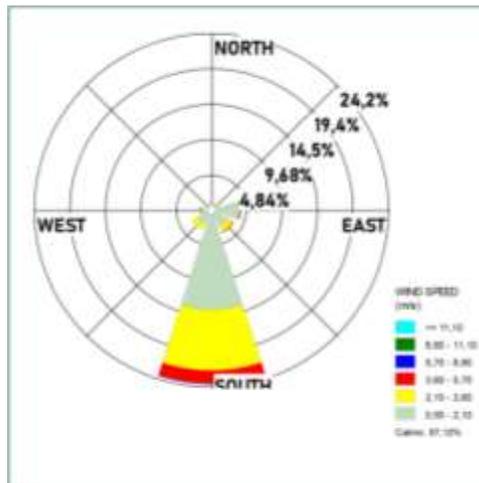
Fuente: (Instituto de Higiene Ambiental IHA S.A.S., 2023)

Durante el periodo de monitoreo, no se presentaron lluvias fuertes excepto el día 27 de noviembre, como se ilustra en la **Figura 3.2.9.2-28**. Debido al clima cálido de la zona de monitoreo, se crean condiciones donde se vuelve más dinámico el material particulado y los gases contaminantes se expanden y se elevan, los cuales, junto con las partículas flotantes en el aire, se dispersan con mayor facilidad en terrenos llanos, como lo es en este caso, sin embargo, el entorno de las estaciones de monitoreo presenta cobertura vegetal arbórea, la cual actúa como barrera natural.

➤ **Dirección y velocidad de los vientos**

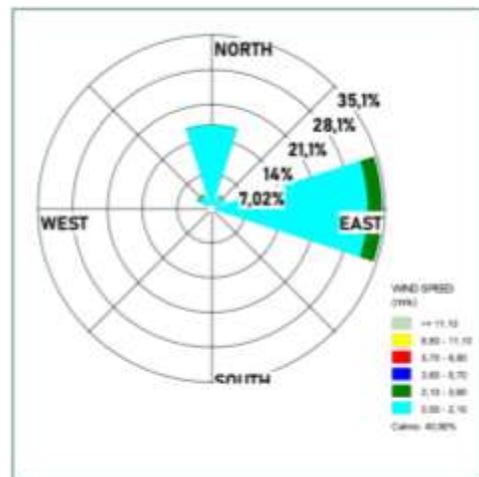
Con respecto a las rosas de vientos de las estaciones meteorológicas ubicadas en las estaciones Aire\_01 y Aire\_04, se observa una predominancia de los vientos soplando desde el oeste hacia el este, con velocidades entre 0,5 a 3,6 m/s. En cuanto a las rosas de vientos de las estaciones meteorológicas ubicadas en las estaciones Aire\_02 y Aire\_03, se observa una predominancia de los vientos soplando desde el sur hacia el norte, con velocidades entre 0,5 a 5,7 m/s.

**Figura 3.2.9.2-29 Rosa de vientos – Estación 1. Cumaral – Meta**



Fuente: (Instituto de Higiene Ambiental IHA S.A.S., 2023)

**Figura 3.2.9.2-30 Rosa de vientos – Estación 2. Cumaral – Meta**



Fuente: (Instituto de Higiene Ambiental IHA S.A.S., 2023)



octubre, superando los 5200 W/m<sup>2</sup>. Mientras que, marzo es el mes con el menor valor de todo el periodo de análisis, inferiores a la media (4754,2 W/m<sup>2</sup>).

**Figura 3.2.9.2-33 Radiación Solar mensual multianual - Estación Aeropuerto Vanguardia**



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

De acuerdo con la estación escogida se realizó la recopilación de los datos donde se establecen las principales variables como mínimo, máximo, media, desviación estándar, y percentiles del 25%, 50% y 75%, como se muestra en las siguientes tablas, a nivel diario, mensual y anual.

**Tabla 3.2.9.2-18 Análisis de variables principales de las estaciones a nivel diario**

Código Estación	Nombre Estación	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar	Media	Percentiles		
						25%	50%	75%
RAD_35035020	Aeropuerto Vanguardia	995,1	8025,4	1173	4799,5	3915,4	4975,3	5645,9

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Tabla 3.2.9.2-19 Análisis de variables principales de las estaciones a nivel mensual**

Código Estación	Nombre Estación	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar	Media	Percentiles		
						25%	50%	75%
RAD_35035020	Aeropuerto Vanguardia	3022	5914,5	584,2	4754,2	4473,5	4773,4	5100,6

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Tabla 3.2.9.2-20 Análisis de variables principales de las estaciones a nivel anual**

Código Estación	Nombre Estación	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar	Media	Percentiles		
						25%	50%	75%
PATM_35025110	Aeropuerto Vanguardia	3883,2	5227	336,7	4786	4765,6	4834	4967,4

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

#### ➤ Análisis de presión atmosférica total anual

Para determinar la dinámica de las presiones atmosféricas, se acumularon los valores para todos los años del periodo de registro. A continuación, se presenta los resultados para la Estación La Libertad - Aut (35025110). En el numeral numeral 3.2.1.1 Clima, del presente estudio se detalla el procesamiento de datos.

En la **Figura 3.2.9.2-34**, se presenta la serie de tiempo de la presión atmosférica total anual, donde se evidencia la disminución de los valores desde el año 2018, registrando datos inferiores a 973,0 kPa.

**Figura 3.2.9.2-34 Presión atmosférica total anual - Estación La Libertad - Aut**



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

De acuerdo con la estación escogida se realizó la recopilación de los datos donde se establecen las principales variables como mínimo, máximo, media, desviación estándar, y percentiles del 25%, 50% y 75%, como se muestra en las siguientes tablas, a nivel diario, mensual y anual.

**Tabla 3.2.9.2-21 Análisis de variables principales de las estaciones a nivel diario**

Código Estación	Nombre Estación	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar	Media	Percentiles		
						25%	50%	75%
PATM_35025110	La Libertad – Aut	957,2	980,5	1,9	974,5	973,1	974,4	975,8

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Tabla 3.2.9.2-22 Análisis de variables principales de las estaciones a nivel mensual**

Código Estación	Nombre Estación	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar	Media	Percentiles		
						25%	50%	75%
PATM_35025110	La Libertad – Aut	970,5	978	1,6	974,3	973,2	974,2	975,4

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Tabla 3.2.9.2-23 Análisis de variables principales de las estaciones a nivel anual**

Código Estación	Nombre Estación	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar	Media	Percentiles		
						25%	50%	75%
PATM_35025110	La Libertad – Aut	972,8	975,3	0,8	974,4	974	974,5	974,9

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

### 3.2.9.2.7.2 PM<sub>10</sub>

Las partículas PM<sub>10</sub> son todas aquellas partículas sólidas o líquidas de polvo, cenizas, hollín, cemento o polen que se encuentran en suspensión en la atmósfera y cuyo diámetro es menor a 10 µm, pero mayor a 2,5 µm. El mayor porcentaje de estas partículas está constituido por compuestos inorgánicos como silicatos y aluminatos y material orgánico asociado a partículas de carbono (hollín). El aumento de la concentración de este contaminante criterio puede deberse al polvo que es resuspendido, por ejemplo, en vías destapadas o en áreas que no cuenten con una cobertura vegetal con suelos erosionados. También puede ser generada por combustión no controlada, especialmente con combustibles como diésel y el tiempo en el que duran suspendidas depende de varios factores, pero especialmente del tamaño de la partícula (Canales Rodríguez, Quintero Núñez, Castro Romero, & García Cuento, 2014).

Este contaminante puede provocar efectos nocivos en el sistema respiratorio para eventos de exposición prolongados, no obstante, este tipo de partícula, por su tamaño no alcanza a llegar hasta los alveolos pulmonares ni entrar al torrente sanguíneo, en vez de esto, son retenidas en la mucosa que cubre las vías respiratorias superiores. A continuación, se describe los resultados obtenidos para cada una de las estaciones.

En la **Tabla 3.2.9.2-24**, se presenta los resultados del monitoreo de PM<sub>10</sub>. Durante el análisis estadístico de las concentraciones no se identificaron datos atípicos.

**Tabla 3.2.9.2-24 Comparación de Concentraciones obtenidas para PM<sub>10</sub> contra Resolución 2254/2017**

Punto de monitoreo	Resultado promedio (µg/m <sup>3</sup> )	Limite diario (µg/m <sup>3</sup> )	Concepto
AIRE_01	13,36	75	Cumple
AIRE_02	50,69		Cumple
AIRE_03	37,06		Cumple
AIRE_04	10,06		Cumple

Fuente: (Instituto de Higiene Ambiental IHA S.A.S., 2023) adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Figura 3.2.9.2-35 Distribución de los resultados vs norma – PM<sub>10</sub>**



Fuente: (Instituto de Higiene Ambiental IHA S.A.S., 2023) adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Tabla 3.2.9.2-25 Valores medios, máximos y mínimos de PM<sub>10</sub>**

Resultado (µg/m <sup>3</sup> )	AIRE_01	AIRE_02	AIRE_03	AIRE_04
Media	13,36	50,69	37,06	10,06
Máximo	40,24	106,60	75,49	25,65
Mínimo	8,33	7,53	12,21	6,43

Fuente: (Instituto de Higiene Ambiental IHA S.A.S., 2023) adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Una de las menores concentraciones diarias presentadas en PM<sub>10</sub> corresponde a la estación AIRE\_04 el día 6 de diciembre de 2022 con valor de 6,43 µg/m<sup>3</sup>, y una de las más altas concentraciones diarias fue de 106,60 µg/m<sup>3</sup> correspondiente al día 26 de diciembre de 2022 en la estación AIRE\_02. La estación AIRE\_02 registra la mayor concentración de material particulado PM10 con una media de 50,69 µg/m<sup>3</sup>.

### 3.2.9.2.7.3 PM<sub>2.5</sub>

Este contaminante criterio corresponde a todas las partículas sólidas o líquidas que cuentan con un tamaño menor a 2,5 µm, y que se encuentran suspendidas en la atmósfera. Al igual que el PM<sub>10</sub> puede estar constituido por polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento y polen, entre otras. Las principales fuentes de emisión son de origen antropogénico, como la quema de combustibles fósiles.

Este contaminante tiene efectos más nocivos que el PM<sub>10</sub>, ya que entre menor sea el tamaño de la partícula, es mayor la facilidad para desplazarse dentro de los pulmones, así mismo los efectos al sistema respiratorio. Estas partículas pueden causar enfermedades cardíacas y pulmonares y a niveles altos generan irritación en los ojos, nariz y garganta.

En la **Tabla 3.2.9.2-26** se presenta los resultados del monitoreo de PM<sub>2.5</sub>. Durante el análisis estadístico de las concentraciones no se identificaron datos atípicos

**Tabla 3.2.9.2-26 Comparación de Concentraciones obtenidas para PM<sub>2.5</sub> contra Resolución 2254/2017**

Punto de monitoreo	Resultado promedio (µg/m <sup>3</sup> )	Limite diario (µg/m <sup>3</sup> )	Concepto
AIRE_01	6,09	37	Cumple
AIRE_02	18,33		Cumple
AIRE_03	19,81		Cumple
AIRE_04	4,28		Cumple

Fuente: (Instituto de Higiene Ambiental IHA S.A.S., 2023) adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Figura 3.2.9.2-36 Distribución de los resultados vs norma – PM2.5



Fuente: (Instituto de Higiene Ambiental IHA S.A.S., 2023) adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Tabla 3.2.9.2-27 Valores medios, máximos y mínimos de PM2.5

Resultado (µg/m³)	AIRE_01	AIRE_02	AIRE_03	AIRE_04
Media	6,09	18,33	19,81	4,28
Máximo	14,49	28,55	30,22	10,76
Mínimo	3,95	3,99	5,98	2,73

Fuente: (Instituto de Higiene Ambiental IHA S.A.S., 2023) adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Una de las menores concentraciones presentadas en PM<sub>2.5</sub> corresponde a la estación AIRE\_04 el día 12 de diciembre de 2022 con valor de 2,73 µg/m<sup>3</sup> y una de las más altas concentraciones diarias fue de 30,22 µg/m<sup>3</sup> correspondiente al día 8 de diciembre de 2022 en la estación AIRE\_03. La estación AIRE\_03 registró la mayor concentración de material particulado PM<sub>2.5</sub> con una media de 19,81 µg/m<sup>3</sup>.

### 3.2.9.2.7.4 SO<sub>2</sub>

El dióxido de azufre es un gas incoloro y no inflamable, el cual tiene una vida media en la atmosfera de 2 a 4 días, ya que el mayor porcentaje de las emisiones vuelven a depositarse por reacciones químicas, el resto es convertido en iones de sulfato (SO<sub>4</sub>). Este compuesto es una sustancia reductora, que al entrar en contacto con la humedad de la atmosfera se transforma en trióxido de azufre, es soluble en agua, formando una disolución ácida, y aun siendo inestable en estas condiciones, es capaz de formar sales como los sulfitos y bisulfitos. Este contaminante es generado por la quema de combustibles que cuenten con azufre, tales como carbón, petróleo, diésel y por la industria metalúrgica, ya que este elemento reacciona con el oxígeno en el proceso de combustión, generando SO<sub>2</sub>.

Como efectos a la salud humana, está más relacionado a la propiedad irritante y toxica de este gas, ya que puede afectar mucosidades y pulmones, provocando tos. La exposición a altas concentraciones en pocos periodos de tiempo puede generar irritación del tracto respiratorio, reacciones asmáticas y congestionar los ductos bronquiales.

En la **Tabla 3.2.9.2-28**, se presenta los resultados del monitoreo de SO<sub>2</sub>. Durante el análisis estadístico de las concentraciones no se identificaron datos atípicos.

**Tabla 3.2.9.2-28 Comparación de Concentraciones obtenidas para SO<sub>2</sub> contra Resolución 2254/2017**

Punto de monitoreo	Resultado (µg/m <sup>3</sup> )	Limite diario (µg/m <sup>3</sup> )	Limite 1 hora (µg/m <sup>3</sup> )	Concepto
AIRE_01	14,94	50	100	Cumple
AIRE_02	17,54			Cumple
AIRE_03	17,78			Cumple
AIRE_04	17,28			Cumple

Fuente: (Instituto de Higiene Ambiental IHA S.A.S., 2023) adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Figura 3.2.9.2-37 Distribución de los resultados vs norma – SO<sub>2</sub>**



Fuente: (Instituto de Higiene Ambiental IHA S.A.S., 2023) adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Tabla 3.2.9.2-29 Valores medios, máximos y mínimos de SO<sub>2</sub>**

Resultado (µg/m <sup>3</sup> )	AIRE_01	AIRE_02	AIRE_03	AIRE_04
Media	14,94	17,54	17,78	17,28
Máximo	21,498	26,13	39,57	26,23
Mínimo	12,35	12,59	13,26	13,47

Fuente: (Instituto de Higiene Ambiental IHA S.A.S., 2023) adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Una de las menores concentraciones diarias presentadas en SO<sub>2</sub> corresponde a la estación AIRE\_01 el día 28 de noviembre de 2022 con valor de 12,35 µg/m<sup>3</sup>, y una de las más altas concentraciones diarias fue de 39,57 µg/m<sup>3</sup> correspondiente al día 06 de diciembre de 2022 en la estación AIRE\_03. La estación AIRE\_03 registra la mayor concentración de SO<sub>2</sub> con una media de 17,78 µg/m<sup>3</sup> y la concentración más baja se registra en la estación AIRE\_01 con media de 14,94 µg/m<sup>3</sup>

### 3.2.9.2.7.5 NO<sub>2</sub>

El óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), son los únicos óxidos de nitrógeno en la atmósfera. Este compuesto es generado dado que en la combustión se alcanzan altas temperaturas, las cuales causan la oxidación del nitrógeno (N) presente en la atmósfera para generar el óxido nítrico y luego oxidarse hasta NO<sub>2</sub>. Bajo ese hecho, las instalaciones fijas de combustión, los vehículos de gasolina y los motores diésel emiten óxido de nitrógeno, ya que alcanzan las temperaturas necesarias para esta reacción.

La exposición en cortos periodos de tiempo puede provocar la irritación del sistema respiratorio y ocular. A largo plazo, los principales efectos sobre la salud humana son el desarrollo pulmonar más lento en los niños y la aparición de enfermedades respiratorias crónicas.

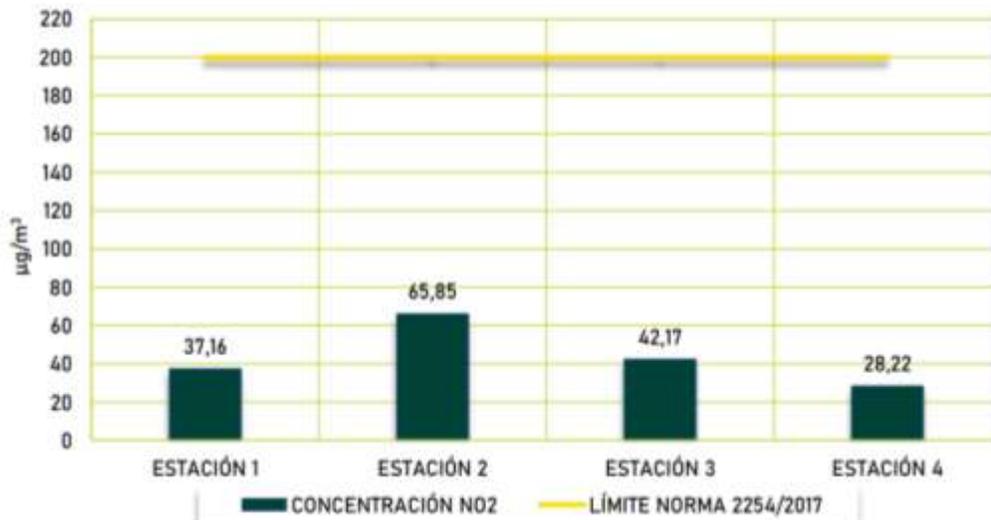
En la **Tabla 3.2.9.2-30**, se presenta los resultados del monitoreo de NO<sub>2</sub>. Durante el análisis estadístico de las concentraciones no se identificaron datos atípicos

**Tabla 3.2.9.2-30 Comparación de Concentraciones obtenidas para NO<sub>2</sub> contra Resolución 2254/2017**

Punto de monitoreo	Resultado (µg/m <sup>3</sup> )	Limite 1 hora (µg/m <sup>3</sup> )	Concepto
AIRE_01	37,16	200	Cumple
AIRE_02	65,85		Cumple
AIRE_03	42,17		Cumple
AIRE_04	28,22		Cumple

Fuente: (Instituto de Higiene Ambiental IHA S.A.S., 2023) adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Figura 3.2.9.2-38 Distribución de los resultados max horario día vs norma – NO<sub>2</sub>**



Fuente: (Instituto de Higiene Ambiental IHA S.A.S., 2023) adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Tabla 3.2.9.2-31 Valores medios, máximos y mínimos de NO<sub>2</sub>**

Resultado (µg/m <sup>3</sup> )	AIRE_01	AIRE_02	AIRE_03	AIRE_04
Media	29,13	46,84	27,51	23,95
Máximo	37,16	65,85	42,17	28,22
Mínimo	24,93	27,75	24,61	21,64

Fuente: (Instituto de Higiene Ambiental IHA S.A.S., 2023) adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

El menor promedio horario presentado en NO<sub>2</sub> corresponde a la estación AIRE\_04 el día 10 de diciembre de 2022 con valor de 21,64 µg/m<sup>3</sup> y el promedio horario más alto fue de 65,85 µg/m<sup>3</sup> registrado en la estación AIRE\_02. Ésta misma estación, registra la mayor concentración de NO<sub>2</sub> con una media de 46,84 µg/m<sup>3</sup> y la concentración más baja se registra en la estación AIRE\_04 con valor de 23,95 µg/m<sup>3</sup>.

### 3.2.9.2.7.6 O<sub>3</sub>

El ozono troposférico no es emitido directamente por ninguna fuente, dado a que es un contaminante secundario, el cual es generado a partir a partir de la reacción fotoquímica de varios los contaminantes de la atmosfera. Este gas es incoloro, y es generada principalmente por la disociación del NO<sub>2</sub> en una molécula de monóxido de nitrógeno (NO) y oxígeno (O). Este es combinado con el oxígeno molecular del aire, sintetizando el O<sub>3</sub>. No obstante a su vez este compuesto resultante es muy inestable y tiene un corto periodo de vida, dado a que vuelve a reaccionar con el NO reconstruyendo el NO<sub>2</sub>. El mayor problema resulta cuando el O<sub>3</sub> se encuentra en una atmosfera con altas concentraciones de compuestos orgánicos volátiles (VOC), ya que altera el ciclo, ya que reacciona con el NO, impidiendo la destrucción del O<sub>3</sub>, generando un aumento en sus concentraciones.

Este contaminante es más común y tiende a presentarse en mayores concentraciones en época de verano, cuando la radiación solar que llega hasta la troposfera, donde se genera la disociación del NO<sub>2</sub>. El ozono troposférico al ser un potente, puede causar efectos adversos en la función respiratoria, causando inflamación pulmonar, insuficiencia respiratoria, asma y otras enfermedades bronqueo pulmonares. También se ha relacionado la exposición a largo plazo, con la mortalidad respiratoria.

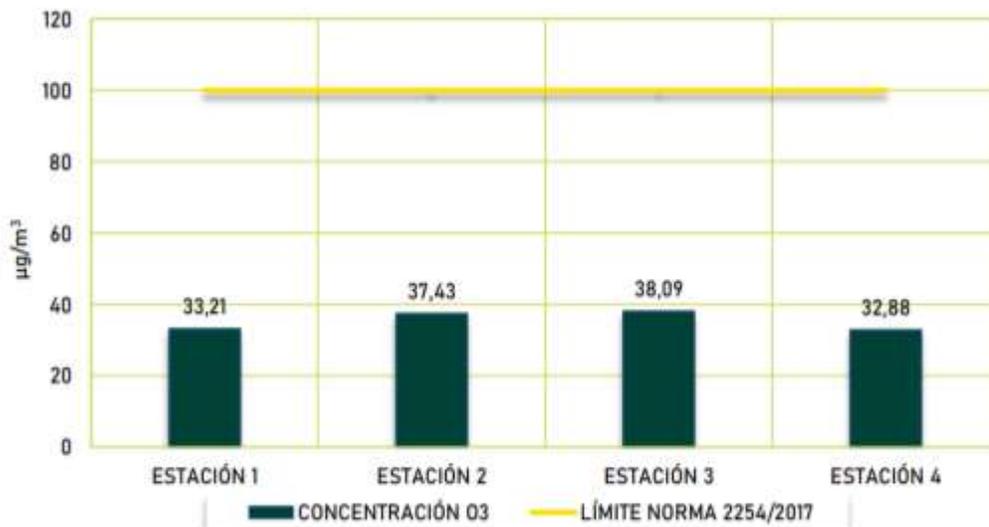
En la **Tabla 3.2.9.2-32**, se presenta los resultados del monitoreo de O<sub>3</sub>. Durante el análisis estadístico de las concentraciones no se identificaron datos atípicos

**Tabla 3.2.9.2-32 Comparación de Concentraciones obtenidas para O<sub>3</sub> contra Resolución 2254/2017**

Punto de monitoreo	Resultado (µg/m <sup>3</sup> )	Limite 8 horas (µg/m <sup>3</sup> )	Concepto
AIRE_01	33,21	100	Cumple
AIRE_02	37,43		Cumple
AIRE_03	38,09		Cumple
AIRE_04	32,88		Cumple

Fuente: (Instituto de Higiene Ambiental IHA S.A.S., 2023) adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Figura 3.2.9.2-39 Distribución de los resultados media móvil (8 horas) vs norma – O<sub>3</sub>**



Fuente: (Instituto de Higiene Ambiental IHA S.A.S., 2023) adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Tabla 3.2.9.2-33 Valores medios, máximos y mínimos de O<sub>3</sub>**

Resultado (µg/m <sup>3</sup> )	AIRE_01	AIRE_02	AIRE_03	AIRE_04
Media	31,55	35,09	36,91	31,75
Máximo	33,21	37,43	38,09	33,09
Mínimo	29,25	32,90	36,09	30,49

Fuente: (Instituto de Higiene Ambiental IHA S.A.S., 2023) adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

La menor concentración de la media móvil presentadas en O<sub>3</sub> corresponde a la estación AIRE\_01 con valor de 29,25 µg/m<sup>3</sup>, y la más alta concentración fue de 38,09 µg/m<sup>3</sup> en la estación AIRE\_03. La estación AIRE\_03 registra el mayor promedio de O<sub>3</sub> con una concentración de 36,91 µg/m<sup>3</sup> y la concentración media más baja se registra en la estación AIRE\_01 con un valor de 31,55 µg/m<sup>3</sup>.

### 3.2.9.2.7.7 CO

El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro, inodoro, no irritante, no obstante, es tiene una alta toxicidad. Este contaminante puede producirse de forma natural por la oxidación parcial del metano que es formado y librado por la descomposición anaerobia de la materia orgánica en el proceso de fermentación. Sin embargo, las mayores emisiones son generadas de manera antropogénica por la combustión incompleta de combustibles fósiles como derivados de petróleo. Una de las mayores fuentes de generación es por la combustión interna de los vehículos.

Altas concentraciones de este gas pueden tener repercusiones en la salud humana, dado a que puede causar daño permanente en el corazón y cerebro, y respirar elevados niveles de monóxido puede causar la muerte. Se recalca que el tiempo de medición de este parámetro fue de una hora para la comparación normativa, tal y como se relaciona en la **Tabla 3.2.9.2-34**.

**Tabla 3.2.9.2-34 Comparación de Concentraciones máximas horarias obtenidas contra Resolución 2254/2017**

Punto de monitoreo	Resultado(µg/m <sup>3</sup> )	Limite 1 hora (µg/m <sup>3</sup> )	Limite 8 horas (µg/m <sup>3</sup> )	Concepto
AIRE_01	2748,47	35000	5000	Cumple
AIRE_02	9018,4			Cumple
AIRE_03	5907,29			Cumple
AIRE_04	1145,19			Cumple

Fuente: (Instituto de Higiene Ambiental IHA S.A.S., 2023) adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Figura 3.2.9.2-40 Distribución de los resultados máximo horario vs norma – CO



Fuente: (Instituto de Higiene Ambiental IHA S.A.S., 2023) adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Tabla 3.2.9.2-35 Valores medios, máximos y mínimos horarios de CO

Resultado (µg/m <sup>3</sup> )	AIRE_01	AIRE_02	AIRE_03	AIRE_04
Media	2130,63	5346,36	3988,78	1050,29
Máximo	2748,47	9018,40	5907,29	1145,19
Mínimo	1956,37	4256,31	3120,65	916,16

Fuente: (Instituto de Higiene Ambiental IHA S.A.S., 2023) adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

El menor promedio horario presentado en CO corresponde a la estación AIRE\_04 presentado el día 16 de diciembre de 2022 con valor de 916,16 µg/m<sup>3</sup> y el promedio horario más alto fue de 9018,40 µg/m<sup>3</sup> correspondiente a la estación AIRE\_02. La estación AIRE\_02 igualmente registra la mayor concentración de CO con un valor máximo de 5346,36 µg/m<sup>3</sup>.

### 3.2.9.2.7.8 COVs

Los compuestos orgánicos volátiles, o también llamados VOC por sus siglas en inglés, son cadenas de carbono usualmente inferior a doce que contienen otros elementos como oxígeno, flúor, cloro, bromo, azufre o nitrógeno. La variedad de este tipo de compuesto es muy alta, no obstante, los más abundantes en el aire son metano, tolueno, n-butano, i-pentano, etano, benceno, n-pentano, propano y etileno. La presencia de estos compuestos está influenciada por el uso de disolventes orgánicos y también son generados en la industria petrolera.

Además de esto, estos compuestos junto con el NO son uno de los principales precursores de la generación de ozono troposférico, ya que reaccionan en presencia de la luz para formar este contaminante secundario. Para el presente estudio se discriminaron los diferentes VOC's medidos en campo (Tolueno, Benceno, Etilbenceno, m.p Xileno, o-Xileno, 1, 2, 4 Trimetil Benceno).

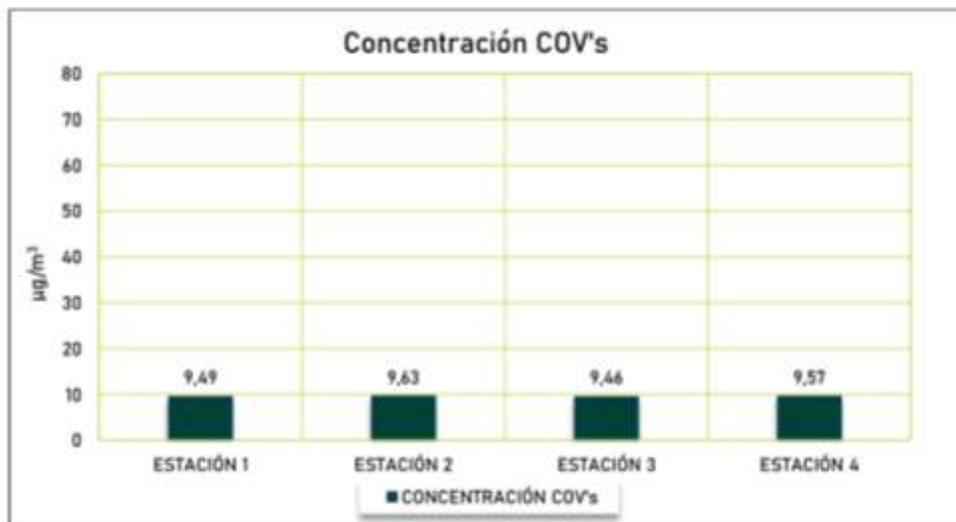
En la **Tabla 3.2.9.2-36**, se presenta los resultados del monitoreo de COV's. Durante el análisis estadístico de las concentraciones no se identificaron datos atípicos.

**Tabla 3.2.9.2-36 Comparación de Concentraciones obtenidas para COV contra Resolución 2254/2017**

Punto de monitoreo	Resultado ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Limite diario ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Limite 1 hora ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Limite 8 horas ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Concepto
AIRE_01	9,49	N.E	N.E	N.E	N.A
AIRE_02	9,63				N.A
AIRE_03	9,46				N.A
AIRE_04	9,57				N.A

Fuente: (Instituto de Higiene Ambiental IHA S.A.S., 2023) adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Figura 3.2.9.2-41 Distribución de los resultados vs norma – COV's**



Fuente: (Instituto de Higiene Ambiental IHA S.A.S., 2023) adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Tabla 3.2.9.2-37 Valores medios, máximos y mínimos de COV's**

Resultado ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	AIRE_01	AIRE_02	AIRE_03	AIRE_04
Media	9,49	9,63	9,46	9,57
Máximo	9,87	9,93	9,77	9,87
Mínimo	9,12	9,20	9,10	9,22

Fuente: (Instituto de Higiene Ambiental IHA S.A.S., 2023) adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

El menor promedio horario presentado en COV's corresponde a la estación AIRE\_03 presentado en el día 02 de diciembre de 2022 con valor de 9,10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  y el promedio horario más alto fue de 9,93  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  correspondiente al día 26 de noviembre de 2022 en la estación AIRE\_02. La estación AIRE\_02 registra la concentración más alta de COV's con una media de 9,63  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Los bajos resultados de las concentraciones de benceno obedecen a la poca emisión de gases y vapores de la combustión de vehículos y la nula actividad industrial de fabricación de productos químicos como detergentes, medicamentos, plaguicidas, estireno, cumeno, entre otros. Así mismo, la ausencia de actividad industrial en la fabricación de productos químicos como aditivo en los combustibles, disolventes para pinturas, caucho, resinas, entre otras, se ve reflejada en los bajos resultados de Tolueno. Producto de la inexistente quema de petróleo e industrias que lo incluyen en sus procesos y la escasa quema de sus derivados y de carbón, se obtienen bajas concentraciones de Etilbenceno. (Sbarato. 2018). El Xileno es liberado principalmente desde fuentes industriales, en el escape de automóviles y durante su uso como disolvente. Las plantas de tratamientos de desechos peligrosos y los derrames de Xilenos también son posibles fuentes de exposición (Sbarato. 2018). De las anteriores, la única

fuentes de emisión que se observa alrededor de las estaciones de monitoreo de calidad de aire es el escape de vehículos por combustión de estos, sin embargo, no alcanza a reportar grandes concentraciones de los tres isómeros del Xileno: Meta – xileno, Orto – xileno y Para – xileno. De manera general, se observaron algunas fuentes de emisión que generan COV's alrededor de los puntos de monitoreo como el tránsito vehicular, sobre las vías principales y de acceso a las fincas y veredas, la operación de pozos petroleros y la actividad ganadera que se presenta cerca de las estaciones de calidad de aire.

### 3.2.9.2.8 Índice de calidad de aire (ICA)

Los Índices de Calidad del Aire (ICA), permiten comparar los niveles de contaminación del aire que generan las estaciones de monitoreo (es un indicador de la calidad del aire diaria), El ICA corresponde a una escala numérica a la cual se le asigna un color, el cual a su vez tiene una relación con los efectos a la salud. El Índice de calidad del aire ha sido adoptado a partir del documento Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality –the Air Quality Index (AQI), documento EPA-454/B-09-001 de febrero de 2009. El índice de calidad del aire está enfocado en cinco contaminantes principales: Ozono, material particulado, Dióxido de Azufre, Dióxido de Nitrógeno y Monóxido de Carbono, sin embargo, para el caso de este estudio, por los tiempos de toma de muestras, solo fue calculado para el PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub>. Los cálculos realizados se encuentran en el nexo 3\_Caracterización\_ambiental, 3.2.9.2\_Calidad\_aire, Monitoreo\_calidad\_aire

El ICA se calcula a partir de la siguiente ecuación, que corresponde a la metodología utilizada por el Artículo 21 de la Resolución 2254 del 2017, y será reportado el mayor valor que se obtenga del cálculo de cada uno de los contaminantes medidos,

$$ICA_p = \frac{I_{Alto} + I_{Bajo}}{PC_{Alto} + PC_{Bajo}} * (C_p - PC_{Bajo}) + I_{Bajo}$$

Donde:

$ICA_p$  = Índice de Calidad del Aire para el contaminante p

$C_p$  = Concentración medida para el contaminante p

$PC_{Alto}$  = : Punto de corte mayor o igual a  $C_p$

$PC_{Bajo}$  = : Punto de corte menor o igual a  $C_p$

$I_{Alto}$  = Valor del Índice de Calidad del Aire correspondiente al  $PC_{Alto}$

$I_{Bajo}$  = Valor del Índice de Calidad del Aire correspondiente al  $PC_{Bajo}$

En la tabla presentada a continuación se encuentran los intervalos de los índices ICA para clasificar la calidad del aire.

**Tabla 3.2.9.2-38 Clasificación por escala de valores - ICA**

RANGO	ESTADO DE LA CALIDAD DEL AIRE	PUNTOS DE CORTE DEL ICA				
		PM <sub>10</sub> 24 horas (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2.5</sub> 24 horas (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> 1 hora (µg/m <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> 8 horas (µg/m <sup>3</sup> )	CO 8 horas (µg/m <sup>3</sup> )
0 a 50	Buena	0-54	0-12	0-100	0-106	0 - 5094
51 a 100	Aceptable	55-154	13-37	101-189	107-138	5095 - 10819
101 a 150	Dañina a la salud para grupos sensibles	155-254	38-55	190-677	139-167	10829 -14254
151 a 200	Dañina a la salud	255-354	56-150	678-1221	168-207	14255 - 17688

RANGO	ESTADO DE LA CALIDAD DEL AIRE	PUNTOS DE CORTE DEL ICA				
		PM <sub>10</sub> 24 horas (µg/m <sup>3</sup> )	PM <sub>2.5</sub> 24 horas (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> 1 hora (µg/m <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> 8 horas (µg/m <sup>3</sup> )	CO 8 horas (µg/m <sup>3</sup> )
201 a 300	Muy dañina a la salud	355-424	151-250	1222– 2349	208-393	17689 - 34862
301 a 500	Peligrosa	425-604	251-500	2350-3853	394*	34863 - 57703

Fuente: Instituto de Higiene Ambiental IHA S.A.S., 2022

A continuación, en la **Tabla 3.2.9.2-39** se representan los resultados diarios del cálculo del ICA de acuerdo con la categoría dada por los puntos de corte para los parámetros PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> y CO en los cuatro (4) puntos monitoreados del proyecto Estudio De Impacto Ambiental – Area de desarrollo Lanos 141.



En referencia a la clasificación anterior, se evidencia que el contaminante PM<sub>2.5</sub> se clasifica, dentro de las categorías “buena” y “aceptable” y para los contaminantes PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> y CO se clasifican dentro de la categoría “Buena”

A continuación, se resumen los resultados del cálculo del ICA para las cuatro (4) estaciones monitoreadas en el proyecto Estudio De Impacto Ambiental - Área de Desarrollo Llanos 141.

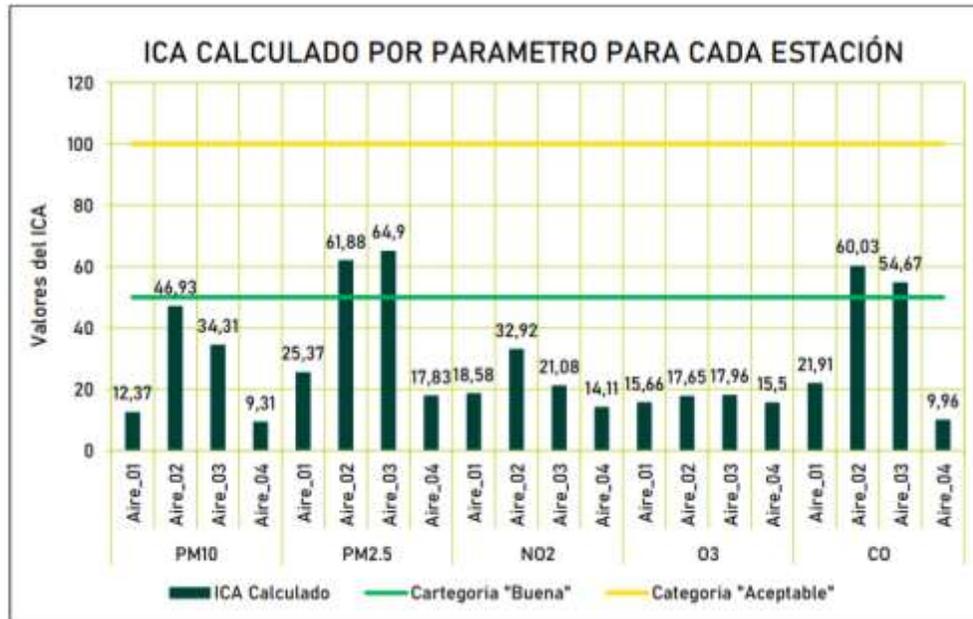
**Tabla 3.2.9.2-40 Resumen resultados ICA**

Parámetro	Punto Monitoreado	ICA Calculado	ICA Categoría	Efectos a la Salud	Acciones Preventivas
PM <sub>10</sub>	AIRE_01	12,37	0-50 Buena	Ninguno	Ninguna
	AIRE_02	46,93	0-50 Buena	Ninguno	Ninguna
	AIRE_03	34,31	0-50 Buena	Ninguno	Ninguna
	AIRE_04	9,31	0-50 Buena	Ninguno	Ninguna
PM <sub>2.5</sub>	AIRE_01	25,37	0-50 Buena	Ninguno	Ninguna
	AIRE_02	61,88	51-100 Aceptable	Ninguno	Personas extremadamente sensibles deben reducir la actividad física fuerte o prolongada
	AIRE_03	64,90	51-100 Aceptable	Ninguno	Personas extremadamente sensibles deben reducir la actividad física fuerte o prolongada
	AIRE_04	17,83	0-50 Buena	Ninguno	Ninguna
NO <sub>2</sub>	AIRE_01	18,58	0-50 Buena	Ninguno	Ninguna
	AIRE_02	32,92	0-50 Buena	Ninguno	Ninguna
	AIRE_03	21,08	0-50 Buena	Ninguno	Ninguna
	AIRE_04	14,11	0-50 Buena	Ninguno	Ninguna
O <sub>3</sub>	AIRE_01	15,66	0-50 Buena	Ninguno	Ninguna
	AIRE_02	17,65	0-50 Buena	Ninguno	Ninguna
	AIRE_03	17,96	0-50 Buena	Ninguno	Ninguna
	AIRE_04	15,50	0-50 Buena	Ninguno	Ninguna
CO	AIRE_01	21,91	0-50 Buena	Ninguno	Ninguna
	AIRE_02	60,03	51-100 Aceptable	Ninguno	-
	AIRE_03	54,67	51-100 Aceptable	Ninguno	-
	AIRE_04	9,96	0-50 Buena	Ninguno	Ninguna

Fuente: (Instituto de Higiene Ambiental IHA S.A.S., 2023)

Como puede observarse en la **Tabla 3.2.9.2-40**, el resultado para los parámetros PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, para todas las estaciones y, PM<sub>2.5</sub> y CO en las estaciones Aire\_01 y Aire\_04, según categoría del ICA obtenido corresponde a una clasificación “Buena”; y para los parámetros PM<sub>2.5</sub> y CO en las estaciones Aire\_02 y Aire\_03 según categoría del ICA obtenido corresponde a una clasificación “Aceptable” de acuerdo a lo estipulado en la tabla 05 del artículo 19 de la Resolución 2254/201. Así mismo, teniendo en cuenta las acciones preventivas de acuerdo al rango y al valor del ICA emitidas por el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, se concluye que no hay ninguna acción preventiva a realizar y que el riesgo a la salud es mínimo para este proyecto Área De Desarrollo Llanos 141.

Figura 3.2.9.2-42 Resumen resultados ICA



Fuente: (Instituto de Higiene Ambiental IHA S.A.S., 2023)

### 3.2.9.2.9 Modelación de calidad del aire

El presente numeral muestra la conceptualización, desarrollo, resultados de ejecución y análisis de los resultados del modelo de dispersión, los cuales se efectuaron mediante simulación asistida por computador tomando como insumo el inventario de emisiones proyectada para el área de desarrollo Llanos 141, en sus diferentes fases, junto con las condiciones consideradas como típicas en términos de meteorología, topografía y de concentraciones de fondo de los contaminantes evaluados en la región, para los tres escenarios establecidos, dando cumplimiento a los Términos de Referencia y en la metodología para la elaboración de estudios ambientales. Por lo tanto, favor consultar el **Anexo 3\_Caracterización ambiental, 3.2.9.2\_Calidad de aire; Modelación aire.**