ANEXO DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

OBJETO:
REALIZAR LA CARACTERIZACIÓN VEHICULAR EN CORREDORES VIALES DE LA JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA (CAR), MEDIANTE LA CAPTURA, PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS DE TRÁFICO, PARA LA ELABORACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES DE FUENTES MÓVILES Y SU ANÁLISIS COMO INSUMO PARA LA GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE

El presente Anexo de Especificaciones Técnicas establece los lineamientos, criterios, requisitos y contenidos mínimos que deberán cumplir los productos a desarrollar en el marco de la ejecución contractual, orientado a la caracterización vehicular en corredores viales priorizados como insumo fundamental para la estimación de emisiones atmosféricas de fuentes móviles.

En el contexto de la gestión de la calidad del aire, la caracterización detallada de la actividad vehicular constituye el componente estructural sobre el cual se soporta la construcción de inventarios de emisiones, en la medida en que permite cuantificar con precisión variables como el volumen de tránsito, la composición del parque automotor y los patrones temporales de circulación.

A continuación, se relacionan cada uno de los productos requeridos dentro de la ejecución del contrato al igual que la información mínima que deberán presentar cada uno de estos documentos.

PRODUCTOS	CARACTERISTICAS Y CONDICIONES
Documento metodológico para la selección de corredores viales	**DESCRIPCIÓN:** Documento técnico mediante el cual el contratista deberá establecer, desarrollar y documentar la metodología para la identificación, evaluación, priorización y selección de los corredores viales que serán objeto de caracterización vehicular y posterior estimación de emisiones de fuentes móviles. Este documento deberá establecer el marco conceptual y los criterios técnicos que justifican la selección de los corredores viales objeto del estudio, por medio de análisis cuantitativo y cualitativo de la importancia funcional, flujo vehicular estimado y representatividad de cada corredor en la red vial del área de estudio. **OBJETIVO DEL ENTREGABLE:** Definir y documentar una metodología técnica, objetiva, reproducible y verificable para la priorización y selección de los corredores viales que serán objeto de la caracterización vehicular garantizando así la representatividad del parque automotor y su pertinencia como fuente de información para la estimación de emisiones de fuentes móviles. **ALCANCE:** La metodología deberá considerar las características funcionales y físicas de la red vial, los niveles esperados de circulación vehicular, la composición del parque automotor, la disponibilidad y viabilidad de infraestructura para la realización de aforos automatizados, la proximidad a receptores sensibles y la información disponible sobre calidad del aire, entre otras variables técnicamente pertinentes dentro de la naturaleza del proyecto, permitiendo que la selección de los corredores sea objetiva, verificable, reproducible y técnicamente sustentada. **CONTENIDO MÍNIMO REQUERIDO EN EL ENTREGABLE.** - Objetivo

PRODUCTOS	CARACTERISTICAS Y CONDICIONES
	- Alcance - Marco conceptual y normativo de referencia (nacional e internacional). - Inventario de fuentes de información. - Descripción del área de estudio. - Definición de criterios de priorización, en los cuales se contemple como mínimo: o Volumen vehicular. o Tipología vial. o Proximidad a receptores sensibles. o Evidencia de problemas de calidad del aire. o Disponibilidad de infraestructura para realización de aforos automatizados. o Representatividad territorial. - Metodología de priorización: o Estructura y criterios de aplicación. o Matriz multicriterio de selección con ponderaciones y valores asignados por corredor, para la cual se proponen los siguientes criterios: ▪ Volumen vehicular ▪ Composición vehicular o presencia de categorías vehiculares relevantes para emisiones. ▪ Proximidad a estaciones de monitoreo de calidad de aire y comportamiento histórico de contaminantes. ▪ Proximidad a población o ecosistemas sensibles. ▪ Condiciones técnicas y operativas para instalación y funcionamiento de las cámaras. - Resultados o Listado definitivo de corredores con código, nombre, coordenadas inicio/fin, longitud y tipología vial. o Selección final con justificación técnica. - Descripción de limitaciones o restricciones identificadas en la selección. - Bibliografía y referencias, en las cuales se contemple como mínimo fuentes de información asociadas con: o Información de movilidad y red vial o Información ambiental o información territorial o información de infraestructura **CRITERIO DE ACEPTACIÓN:** El documento deberá garantizar como mínimo: trazabilidad de las fuentes de información; consistencia entre datos, criterios, y resultados; reproducibilidad del procedimiento de priorización; completitud de la información requerida; identificación de supuestos y limitaciones; y correspondencia entre los corredores seleccionados y los objetivos de caracterización vehicular. **Nota 1:** El proponente debe garantizar consistencia entre los corredores seleccionados y los utilizados en los productos subsiguientes. Cualquier ajuste posterior requiere justificación documentada. **Nota 2:** El proponente será responsable del trámite y obtención de los permisos necesarios para la instalación y operación de la infraestructura de

PRODUCTOS	CARACTERISTICAS Y CONDICIONES
	aforos vehiculares, este proceso se realizará en acompañamiento por parte de la Corporación.

Metodología para aforos vehiculares y procesamiento de datos.	**DESCRIPCIÓN:** Documento técnico que establecerá la metodología, procedimientos, criterios y parámetros que deberán ser aplicados para la captura, procesamiento, validación, clasificación, consolidación y análisis de la información de actividad vehicular obtenida en los corredores viales seleccionados, lo cual se constituirá como la guía y referencia para la ejecución de las actividades de campo relacionadas con los aforos vehiculares y deberá garantizar que la información obtenida sea consistente, trazable, reproducible, comparable y suficientemente confiable para ser utilizada en la caracterización de la movilidad y en la estimación posterior de las emisiones generadas por las fuentes móviles.
	
	OBJETIVO DEL ENTREGABLE: Establecer una metodología técnica estandarizada para la realización de los aforos vehiculares y el procesamiento de la información obtenida, garantizando la calidad, integridad, trazabilidad, reproducibilidad y comparabilidad de los datos de actividad vehicular utilizados para la caracterización de los corredores y la estimación de emisiones de fuentes móviles.
	
	ALCANCE: Comprende la definición y documentación de la metodología técnica que deberá aplicarse para la planeación, ejecución, seguimiento, captura, procesamiento, validación, clasificación y consolidación de la información obtenida mediante los aforos vehiculares en los corredores viales seleccionados. Dentro de lo cual se incluye la definición de las técnicas de aforo y criterios para su selección, diseño y ubicación de los puntos de medición, especificaciones mínimas para la instalación y operación de los equipos, procedimientos de captura y almacenamiento, clasificación vehicular, consulta de información oficial del RUNT, tratamiento de datos y cálculo de indicadores de actividad vehicular.
	
	CONTENIDO MÍNIMO REQUERIDO EN EL ENTREGABLE:
	- Objetivo
	- Alcance
	- Definición de la técnica de aforo, justificando la modalidad y criterios para tener en cuenta para lo cual se deberán tener en cuenta aspectos como:
	  o Características del corredor.
	  o Número de carriles.
	  o Número de puntos.
	  o Sentidos de circulación.
	  o Tipología vehicular.
	  o Condiciones de iluminación.
	  o Condiciones meteorológicas.
	- Disponibilidad de infraestructura. Diseño de aforos.
	  o Duración
	  o Ventanas de medición
	  o Cantidad de puntos a monitorear por corredor vial.
	  o Ficha técnica de cada punto de aforo: coordenadas GPS, croquis de ubicación, sentidos de flujo, condiciones del corredor
	- Especificaciones de ubicación de equipos.

PRODUCTOS	CARACTERISTICAS Y CONDICIONES
	○ Ubicación en coordenadas de acuerdo con el formato oficial para Colombia definido por el IGAC ○ Altura ○ Orientación ○ Inclinación ○ Cobertura según tipo de vía y cantidad de carriles ○ Requisitos de operación de los equipos. - Requisitos de consolidación de información. ○ Diagrama de flujo del proceso completo desde la captura hasta la base de datos final - Clasificación vehicular: ○ Taxonomía adoptada (livianos, pesados, motos, etc.). ○ Reglas de clasificación, automatizada o consulta de características vehiculares, esta consulta deberá ser realizada ante el Registro Único nacional de Tránsito (RUNT) con el fin de obtener información oficial sobre las características vehiculares. - Procesamiento de datos: ○ Flujo ETL el cual contemple procesos como captura, limpieza, identificación, clasificación, validación y almacenamiento. ○ Estructura de tablas y consolidación de información. - Revisión y validación de datos, en donde se deberá definir de manera clara y detallada los proceso a seguir para el aseguramiento de la calidad de los datos y posteriores resultados, especificando su forma de cálculo y determinación de los indicadores, incluyendo como mínimo: ○ Procedimiento de control de calidad y validación estadística de datos crudos ▪ Detección de duplicados y outliers. ▪ Registros incompletos ▪ Tratamiento de faltantes. ▪ Inconsistencias temporales ▪ Fechas y horas invalidas ▪ Placas invalidas ▪ Clasificaciones vehiculares inconsistentes. ○ Protocolo de expansión horaria, diaria y semanal del volumen vehicular, según corresponda y cuando aplique. ○ El procesamiento de datos que incluya como mínimo estadísticos descriptivos como número de observaciones, total de vehículos por categoría, media, mediana, desviación estándar, mínimo y máximo, distribución de frecuencias. ○ Cálculo del Tránsito Promedio Diario (TPD) y Tránsito Promedio Diario Semanal (TPDS) - Presentación gráfica de resultados, deberá definirse los recursos gráficos que faciliten la interpretación de los resultados, en los cuales se incluya como mínimo: ○ Gráficos para volúmenes por corredor y composición vehicular. ○ Curvas de variación horaria. ○ Curvas comparativas entre categorías. ○ Gráficos de variación diaria.

PRODUCTOS	CARACTERISTICAS Y CONDICIONES
	○ Gráficos de comparación entre días laborales y no laborales. - Gráficos comparativos entre corredores. **CRITERIOS DE ACEPTACIÓN:** Será objeto de revisión y aceptación previa verificación del cumplimiento integral del contenido mínimo establecido, cobertura temporal y espacial requerida, completitud y consistencia de los registros, trazabilidad de la información desde su captura hasta la base de datos procesada, aplicación documentada de los controles de calidad, correspondencia entre los datos originales y procesados y entrega de los soportes y archivos requeridos. **Nota 1:** aun cuando se defina una clasificación vehicular automatizada, se deberá realizar la consulta de características vehiculares ante el RUNT con el fin de obtener información para los posteriores análisis y generación de resultados. Los campos o características mínimas para consultar corresponden a: Marca, Modelo, Fecha de Matricula, Línea, Clase, Cilindraje, Autoridad de tránsito, Ciudad de Matrícula, Combustible, Nivel o Estándar de Emisiones, Estado del vehículo, Tipo de Servicio, Capacidad de Carga, Capacidad de Pasajeros y Potencia. **Nota 2:** para la definición del presupuesto oficial del proceso se establecieron un número determinado de consultas ante el RUNT para la obtención de las características vehiculares, sin embargo, estás se encuentran sujetas al volumen de información consolidada para cada uno de los corredores viales definitivos sobre los cuales se realice la caracterización vehicular.
Informe de caracterización de la actividad vehicular en los corredores seleccionados.	**DESCRIPCIÓN:** Corresponde al informe técnico mediante el cual se presentará el análisis descriptivo y estadístico de los patrones de movilidad y actividad vehicular registrada en los corredores seleccionados utilizando la información obtenida y procesada de acuerdo con la metodología definida en el Producto 2. El informe deberá permitir identificar y cuantificar los principales patrones de movilidad, los niveles de actividad vehicular, la composición del parque automotor, las variaciones horarias y diarias del tránsito y las diferencias existentes entre los corredores evaluados, generando información técnicamente consistente que sirva como insumo para la estimación de emisiones de fuentes móviles. **OBJETIVO DEL ENTREGABLE:** Caracterizar cuantitativa y estadísticamente el comportamiento de la actividad vehicular en los corredores viales seleccionados, identificando los volúmenes de tránsito, composición vehicular, patrones temporales, así como los principales indicadores de actividad requeridos para el desarrollo posterior del inventario de emisiones de fuentes móviles. **ALCANCE:** Comprende el procesamiento, consolidación, análisis e interpretación de la información de actividad vehicular obtenida mediante los aforos realizados en los corredores seleccionados como resultado de la aplicación de los productos anteriores. El análisis deberá considerar la distribución espacial y temporal del tránsito, la composición por categorías vehiculares, las variaciones entre horas, días hábiles, fines de semana y demás periodos representativos, así como el cálculo de indicadores de actividad vehicular para cada corredor y categoría. De igual manera, deberá incorporar análisis estadísticos y comparativos que permitan identificar

PRODUCTOS	CARACTERISTICAS Y CONDICIONES

	patrones, tendencias, diferencias y comportamientos atípicos, garantizando la validación de los resultados. Los resultados obtenidos deberán constituir un insumo directo para la selección y aplicación de factores de emisión y para la estimación posterior de las emisiones generadas por las fuentes móviles.
	
	CONTENIDO MÍNIMO REQUERIDO EN EL ENTREGABLE:
	- Descripción de datos utilizados.
	- Tablas de aforos expandidos con totales por corredor, categoría y período
	- Volúmenes vehiculares por:
	  o Corredor
	  o Día
	  o Tipo
	  o Hora.
	- Composición vehicular
	  o Porcentaje y distribución por categoría
	  o Curvas de variación horaria, diaria y semanal por tipo de vehículo
	- Perfiles temporales:
	  o Hora pico/valle
	  o Fines de semana
	  o Días Hábiles
	- Análisis estadístico del comportamiento vehicular incluyendo medidas de tendencia central por categoría, corredor y horario.
	- Indicadores:
	  o Tráfico promedio diario (TPD)
	  o Tráfico diario promedio en días laborales y no laborales
	  o Tráfico promedio semanal (TPS)
	  o Intensidad horaria.
	- Análisis de composición vehicular comparativo entre corredores
	
	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN: verificación de cobertura de la totalidad de corredores y períodos objeto del estudio; aplicación de la metodología previamente aprobada; trazabilidad entre los datos de aforo procesados y los resultados reportados; presentación completa de las tablas, indicadores, análisis estadísticos y representaciones gráficas requeridas; consistencia interna de los resultados; aplicación y documentación de los controles de calidad y validación.

Base de datos consolidada de actividad vehicular	**DESCRIPCIÓN:** Corresponde a un repositorio estructurado, documentado y verificable que consolide la información generada durante los aforos vehiculares t su posterior procesamiento, incluyendo los registros de actividad vehicular obtenidos en los diferentes corredores o puntos de medición, así como la información complementaria utilizada para la caracterización de los vehículos. Esta base de datos deberá permitir la consulta, explotación y reutilización de la información para los productos del presente contrato y para futuros estudios relacionados con movilidad, calidad del aire e inventarios de emisiones de fuentes móviles.

PRODUCTOS	CARACTERISTICAS Y CONDICIONES
	OBJETIVO DEL ENTREGABLE: Centralizar, estandarizar y conservar la información de actividad vehicular recopilada y procesada durante el estudio, garantizando su integridad, calidad, trazabilidad, seguridad y reutilización para la caracterización de la movilidad y la elaboración de inventarios de emisiones de fuentes móviles. **ALCANCE:** Comprende el diseño, construcción, implementación, documentación y entrega de una base de datos estructurada que consolide la totalidad de la información generada y utilizada durante el proyecto, incluyendo los registros primarios de los aforos vehiculares, la identificación de corredores y puntos de medición, la clasificación de los vehículos, los resultados del procesamiento y validación de los datos y la información complementaria obtenida de fuentes oficiales, cuando corresponda. La base deberá mantener la relación entre los diferentes componentes de información mediante identificadores únicos y estructuras de datos consistentes, permitiendo consultar la información a diferentes niveles de desagregación. El alcance incluye igualmente la definición del modelo de datos, creación y poblamiento de las tablas, aplicación de reglas de integridad y calidad, documentación mediante diccionario de datos, generación de archivos de respaldo y exportación. **CONTENIDO MÍNIMO REQUERIDO EN EL ENTREGABLE:** - Estructura de campos (mínimo): o ID de registro o Fecha o Hora o ID del Corredor o Ubicación (lat/long) o Tipo de vehículo o Conteo o Fuente (cámara/manual) - Diccionario de datos: o Definiciones o Variables o Dominios o Tipos de datos - Tabla de corredores viales con atributos. - Tabla de categorías vehiculares definidas. Deberá entregarse en formato abierto, de ser requerido se deberán proporcional credenciales de acceso y uso de la información. Adicionalmente, de acuerdo con el tipo de base de datos que se entregue se deberá entregar archivo README con instrucciones de uso y descripción de la estructura al igual que las instrucciones para su despliegue y empleabilidad. La base de datos deberá estructurarse en un motor relacional de código abierto, preferiblemente PostgreSQL versión 14 o superior, sin embargo, podrá definirse el uso de un motor alternativo tipo SQLite o MySQL en su versión estable y vigente garantizando equivalencia funcional. Se deberá entregar los scripts de creación de esquema y tablas al igual que poblar todas las tablas con los mismos campos e información. De igual forma

PRODUCTOS	CARACTERISTICAS Y CONDICIONES
	deberá entregarse una exportación plana en .csv UTF-8 o similar por cada tabla, de modo que la información pueda ser consultada y utilizada sin necesidad de un servidor activo. A continuación, se definen las tablas mínimas y campos sugeridos para cada una de estas: - Tabla corredores viales o ID Corredor o Nombre o Tipo o Longitud o Coordenada Inicio o Coordenada Fin o Descripción u observaciones - Tabla puntos de aforo o ID Punto o ID Corredor vial o Nombre o Ubicación o Coordenada Norte o Coordenada Este o Descripción ubicación - Tabla Aforos o ID registro o ID Corredor o ID Punto o Fecha de captura o Hora de captura o Placa - Tabla Características vehiculares o ID Registro o Placa o Marca o Modelo o Fecha de Matricula o Línea o Clase o Cilindraje o Autoridad de tránsito o Ciudad de Matrícula o Combustible o Nivel o Estándar de Emisiones o Estado del vehículo o Tipo de Servicio o Capacidad de Carga o Capacidad de Pasajeros o Potencia. Deberá entregarse como documento independiente el diccionario de datos con el siguiente contenido mínimo por cada campo de cada tabla: - Nombre del campo y tabla a la que pertenece - Definición funcional

PRODUCTOS	CARACTERISTICAS Y CONDICIONES
	- Tipo de dato y longitud - Dominio de valores permitidos (lista controlada o rango) - Obligatoriedad (NOT NULL / NULLABLE) - Relaciones con otras tablas (claves foráneas) - Ejemplo de valor válido - Restricciones de calidad aplicadas El contratista deberá implementar medidas técnicas y administrativas para garantizar la confidencialidad, integridad y disponibilidad de la información, rales como control de acceso, gestión de usuarios y permisos, cuando corresponda, identificación de perfiles de acceso, control de versiones, copias de respaldo entre otras. De igual forma, deberán suministrarse las instrucciones y credenciales necesarias para su acceso. **CRITERIOS DE ACEPTACIÓN:** estará condicionada a la verificación, como mínimo, de: la entrega de la totalidad de tablas y campos requeridos; correspondencia entre la estructura implementada y el diccionario de datos; ejecución satisfactoria de los scripts de creación y carga; integridad referencial entre las tablas; cumplimiento de las reglas de calidad definidas; correspondencia entre la información almacenada y los resultados presentados en los demás productos del contrato; entrega y correcta apertura de los archivos planos en formato abierto; suficiencia del README y documentación para permitir su instalación, despliegue, consulta, respaldo y restauración. **Nota:** las tablas y campos definidos son los mínimos sugeridos, sin embrago, si se determina la necesidad de incluir información adicional, esta deberá ser adicionada sin que se generen costos adicionales.
Informe de revisión y selección de factores de emisión	**DESCRIPCIÓN:** Documento técnico mediante el cual el contratista deberá realizar la revisión, evaluación y selección de los factores de emisión que serán utilizados para estimar las emisiones generadas por las fuentes móviles identificadas en los corredores objeto del estudio. El producto deberá establecer la correspondencia entre las categorías y características del parque automotor caracterizado, los contaminantes objeto del inventario y los factores de emisión disponibles en fuentes técnicas reconocidas, justificando la selección de los factores finalmente adoptados y las condiciones bajo las cuales serán aplicados en el inventario. **OBJETIVO DEL ENTREGABLE:** Determinar y justificar los factores de emisión más representativos, actualizados, técnicamente sustentados y aplicables para las condiciones del parque automotor, combustibles y condiciones del área de estudio, como insumo para la estimación de emisiones. **ALCANCE:** Comprende la identificación, recopilación, revisión, evaluación y selección de los factores de emisión aplicables a las categorías vehiculares caracterizadas en el estudio y a los contaminantes definidos para el inventario, considerando las características del parque automotor, tecnologías vehiculares, combustibles y condiciones de operación del área de estudio. Incluye la revisión de fuentes bibliográficas y técnicas nacionales e

PRODUCTOS	CARACTERISTICAS Y CONDICIONES

	internacionales, la evaluación de la aplicabilidad y representatividad de los factores disponibles, la correspondencia entre las categorías vehiculares observadas y las categorías utilizadas por las metodologías de emisión, la identificación y justificación de posibles ajustes por condiciones locales cuando exista sustento técnico para realizarlos y la definición de la matriz final de factores que será utilizada en el cálculo de emisiones. Los resultados deberán ser directamente aplicables y trazables a las categorías de actividad vehicular consolidadas en los Productos 3 y 4.
	
	CONTENIDO MÍNIMO REQUERIDO EN EL ENTREGABLE:
	- Estado del arte.
	  o Revisión de literatura local, nacional e internacional.
	- Opciones evaluadas y criterios de selección.
	- Tabla comparativa de factores de emisión disponibles por categoría vehicular y contaminante con fuente y año de referencia.
	- Identificación y descripción de los contaminantes a evaluar y cuantificar.
	- Descripción del parque automotor local donde se incluya antigüedad, tecnología, tipo de combustible, entre otras, según información disponible en fuentes oficiales.
	- Homologación entre categorías vehiculares y los factores de emisión, la cual deberá establecer la correspondencia entre la clasificación vehicular obtenida mediante los aforos y la clasificación utilizada por la metodología o fuente de factores de emisión seleccionada, contemplando como mínimo factores como
	  o Categoría obtenida en el aforo.
	  o Categoría utilizada por el factor.
	  o Tipo de vehículo.
	  o Combustible.
	  o Edad vehicular o año-modelo.
	  Cuando una categoría del aforo no tenga correspondencia directa con una categoría de la fuente de factores, el contratista deberá:
	  o Identificar las alternativas disponibles.
	  o Evaluar su equivalencia.
	  o Justificar técnicamente la asignación.
	  o Documentar el supuesto.
	- Factores seleccionados
	  o Tabla final de factores de emisión adoptados con unidades, fuente y condiciones de validez.
	  o Deberán permitir la cuantificación como mínimo de contaminantes tales como: PM10, PM2.5, CO, NO2 y SO2.
	- Ajustes aplicados por condiciones locales con sustento técnico y bibliográfico, según corresponda y aplique.
	  o Cuando los factores seleccionados no representen directamente las condiciones locales, el contratista deberá evaluar la necesidad de aplicar ajustes relacionados, entre otros, con: edad del vehículo, tecnología, combustible, capacidad vehicular, condiciones ambientales entre otros. Estos ajustes deberán estar respaldado por la fuente técnica o bibliográfica y se deberá definir el método matemático utilizado, las variables requeridas, el valor original, la corrección aplicada y el resultado ajustado.

PRODUCTOS	CARACTERISTICAS Y CONDICIONES
	Cuando no exista información técnica suficiente para realizar un ajuste, deberá utilizarse el factor original que resulte más representativo y documentarse la limitación. - Explicar explícitamente cómo los factores seleccionados serán utilizados en el inventario, estableciendo la relación: Actividad vehicular × Factor de emisión = Emisión - Supuestos y limitaciones. - Referencias bibliográficas de las fuentes de información consultadas. **CRITERIOS DE ACEPTACIÓN:** está condicionada a la adecuada identificación, selección de los factores de emisión aplicables a las categorías vehiculares caracterizadas relacionadas con el parque automotor, la eficaz utilización de técnicas resultantes de las consultas bibliográficas y la definición de la matriz final utilizada para el cálculo de emisiones. Estos resultados finales trazables con los productos anteriores (3y4).
Informe de estimación de emisiones de contaminantes atmosféricos generados por fuentes móviles en los corredores viales seleccionados	**DESCRIPCIÓN:** Corresponde al documento técnico mediante el cual se realizará la estimación, cuantificación y análisis de las emisiones de contaminantes atmosféricos generadas por las fuentes móviles que circulan en los corredores viales seleccionados, utilizando la información de actividad vehicular obtenida y procesada durante el estudio y los factores de emisión definidos y aprobados en el Producto 5. El inventario deberá permitir identificar la magnitud de las emisiones por corredor, categoría vehicular y contaminante, así como determinar las categorías y corredores que presentan una mayor contribución de emisiones. **OBJETIVO DEL ENTREGABLE:** Estimar de manera técnicamente sólida, reproducible y verificable las emisiones de contaminantes criterio generadas por las fuentes móviles en los corredores viales seleccionados. **ALCANCE:** Comprende la integración de la información de actividad vehicular consolidada en los Productos 3 y 4 con los factores de emisión seleccionados y justificados en el Producto 5, para realizar la cuantificación de las emisiones generadas por las fuentes móviles que circulan en los corredores viales objeto del estudio. El inventario deberá incluir, como mínimo, la estimación de emisiones por corredor, sentido, cuando la información disponible lo permita, categoría vehicular, combustible o tecnología cuando corresponda y contaminante, así como el desarrollo de las memorias de cálculo y validación de resultados. Estos resultados deberán ser reproducibles a partir de los datos de actividad, factores de emisión, supuestos, parámetros y procedimientos utilizados, y deberán conservar consistencia y trazabilidad con los productos anteriores. **CONTENIDO MÍNIMO REQUERIDO EN EL ENTREGABLE:** - Alcance - Metodología de cálculo (definiciones y supuestos).

PRODUCTOS	CARACTERISTICAS Y CONDICIONES

	- Tablas de emisiones por corredor, categoría vehicular y contaminante (g/km, g/veh/día, t/año)
	- Estructura de cálculo:
	  o Matrices actividad–factor.
	- Resultados:
	  o Emisiones calculadas (g/km, g/veh/día, t/año)
	  o Gráficas de contribución relativa por categoría vehicular y por corredor
	- Desagregación:
	  o Por corredor
	  o Por tipo de vehículo
	  o Por contaminante
	- Validación y análisis de resultados:
	  o La validación deberá desarrollarse mediante diferentes mecanismos de contraste, como comparación con literatura o inventarios previos de similares características a nivel nacional, según disponibilidad de información. De igual forma debe comprender la verificación de:
	  ▪ Consistencia de unidades.
	  ▪ Balance entre actividad y emisiones.
	  ▪ Correspondencia entre categorías y corredores.
	  ▪ Consistencia entre tablas.
	  ▪ Consistencia temporal.
	- Anexos:
	  o Memorias de cálculo
	  o Scripts
	  o Tablas insumo o de información de entrada
	  o y demás que se deriven del desarrollo del producto.
	
	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN: estará condicionada a la verificación : de la cobertura de la totalidad de categorías vehiculares y contaminantes aplicables; la trazabilidad de las fuentes consultadas; la aplicación documentada de los criterios de evaluación y selección; la correspondencia entre las características del parque automotor y los factores adoptados; la homologación completa y justificada de las categorías vehiculares; la documentación y sustento de los ajustes locales, cuando apliquen; la identificación de supuestos, limitaciones e incertidumbres; la consistencia de unidades y condiciones de aplicación; y la entrega de la tabla

Informe final técnico consolidado del análisis de resultados	DESCRIPCIÓN: Corresponde al documento que integra, analiza e interpreta los principales resultados obtenidos durante el desarrollo del estudio, articulando la información de caracterización de la actividad vehicular, composición del parque automotor y estimación de emisiones atmosféricas en los corredores seleccionados. El informe deberá desarrollar un análisis que permita identificar los principales patrones de movilidad y emisiones, los corredores y categorías vehiculares de mayor relevancia y las relaciones entre actividad vehicular y generación de emisiones. **OBJETIVO DEL ENTREGABLE:** Proveer a la entidad un análisis integral, técnicamente fundamentado y orientado a la toma de decisiones sobre los

PRODUCTOS	CARACTERISTICAS Y CONDICIONES

	resultados obtenidos en el estudio, identificando los principales corredores, categorías vehiculares y contaminantes de interés.
	
	ALCANCE: Comprende la integración, análisis e interpretación de los resultados obtenidos en los productos desarrollados durante el estudio, incluyendo la caracterización de la actividad vehicular, la consolidación de la información del parque automotor, la selección de factores de emisión y la estimación de emisiones de contaminantes atmosféricos. El informe deberá analizar de manera conjunta los componentes de movilidad y emisiones, identificar corredores, categorías vehiculares y contaminantes prioritarios, evaluar la distribución temporal de los resultados.
	
	CONTENIDO MÍNIMO REQUERIDO EN EL ENTREGABLE:
	- Resumen ejecutivo
	  o Contexto que incluya propósito del estudio, área evaluada, número de corredores analizados y periodo de información o análisis.
	  o Hallazgos clave y cifras principales para los componentes de movilidad y emisiones, donde se incluya:
	  ▪ Volumen total o indicadores principales de actividad vehicular.
	  ▪ Categorías vehiculares predominantes.
	  ▪ Principales patrones temporales.
	  ▪ Corredores con mayor actividad.
	  ▪ Emisiones totales por contaminante.
	  ▪ Emisiones por corredor.
	  ▪ Principales categorías contribuyentes.
	  ▪ Contaminantes de mayor relevancia.
	- Introducción y alcance.
	- Descripción del área de estudio y contexto de movilidad.
	- Síntesis metodológica del proceso llevado a cabo para el desarrollo del estudio.
	- Resultados principales consolidados del inventario con visualizaciones claras y accesibles
	  o Componente de Movilidad
	  o Componente de Emisiones
	- Análisis integrado:
	  o Identificación de hotspots
	  o Contribución por fuente de acuerdo con las clases vehiculares o categorías de clasificación definidas.
	- Discusión:
	  o Comparación con otros estudios de similares características realizados a nivel nacional e internacional.
	- Limitaciones.
	  o Identificación de vacíos de información y recomendaciones para su atención
	- Conclusiones.
	- Recomendaciones
	  o Plan de actualización del inventario en al cual se incluya periodicidad sugerida, información requerida, variables que deben actualizarse, fuentes de información y productos que deberían actualizarse y su correspondiente frecuencia.

PRODUCTOS	CARACTERISTICAS Y CONDICIONES
	De igual forma deberá identificar qué componentes podrían actualizarse mediante información secundaria o fuentes de información disponibles, sin necesidad de repetir integralmente las campañas de aforo. Adicionalmente deberá establecer las condiciones bajo las cuales sería conveniente repetir la selección de corredores, ejecución de los aforos, caracterización vehicular, consulta de información ante el RUNT o sugerir fuentes de información adicionales, actualización de los de factores de emisión seleccionados y el cálculo final del inventario. o Recomendaciones técnicas para políticas de control de emisiones vehiculares priorizadas **CRITERIOS DE ACEPTACIÓN:** previa verificación, como mínimo, de: el cumplimiento del alcance y contenido mínimo establecido; la integración y consistencia de los resultados obtenidos en los diferentes productos del contrato; la trazabilidad entre datos de entrada, metodología, procesamiento, cálculos y resultados; la correspondencia entre la base de datos consolidada, la caracterización vehicular, la actividad vehicular, los factores de emisión seleccionados y el inventario de emisiones; presentación del análisis de incertidumbre, supuestos y limitaciones; la consistencia y reproducibilidad de los resultados mediante las memorias de cálculo, scripts y demás soportes entregados; presentación de conclusiones y recomendaciones sustentadas en los resultados obtenidos; la incorporación de los lineamientos requeridos para la actualización posterior del inventario.
Informe de análisis integrado de la actividad vehicular y las emisiones estimadas con respecto al estado de la calidad de aire en los corredores objeto de estudio	**DESCRIPCIÓN:** Corresponde al informe técnico mediante el cual se integran y analizan los resultados obtenidos por medio de la caracterización de la actividad vehicular, el inventario de emisiones de fuentes móviles y la información disponible sobre el estado de la calidad del aire reportado por la(s) estación(es) próxima(s) al corredor vial seleccionado y que pertenecen al Sistema de Vigilancia de Calidad de Aire (SVCA) de la Corporación, con el propósito de identificar patrones temporales y evaluar la relación existente entre la dinámica del tráfico vehicular, las emisiones estimadas y el comportamiento de las concentraciones de los contaminantes monitoreados por el SVCA. **OBJETIVO DEL ENTREGABLE:** Analizar de manera integral la información derivada de los aforos vehiculares, el inventario de emisiones de fuentes móviles y los registros de calidad del aire disponibles en el área de estudio, identificando patrones temporales y evaluando la existencia de relaciones entre estas variables, considerando la información disponible. **ALCANCE:** Comprende la integración, análisis estadístico e interpretación conjunta de la información de actividad vehicular, emisiones estimadas de fuentes móviles, concentraciones de contaminantes atmosféricos monitoreados por el SVCA y disponibles para los corredores objeto del estudio. El análisis deberá considerar las estaciones del SVCA técnicamente pertinentes de acuerdo con criterios de proximidad, disponibilidad y calidad

PRODUCTOS	CARACTERISTICAS Y CONDICIONES

	de información, ubicación respecto de los corredores y condiciones del entorno, y deberá desarrollarse para un periodo temporal equivalente al desarrollo de los aforos y caracterización de la actividad vehicular, que permita establecer correspondencia entre la información de movilidad, emisiones y calidad del aire. El producto deberá evaluar patrones horarios, diarios y, cuando la información lo permita, semanales y estacionales, permitiendo identificar asociaciones entre las variables.
	
	CONTENIDO MÍNIMO DEL ENTREGABLE
	- Introducción
	- Objetivo del análisis.
	- Alcance.
	- Descripción del área de estudio.
	- Información utilizada
	  o Descripción de las fuentes de información empleadas como: Información de aforos vehiculares, inventario de emisiones, información meteorológica, información de concentraciones de contaminantes reportadas por las estaciones de monitoreo del SVCA de la Corporación (mínimo PM_{10} y $PM_{2.5}$).
	  o Selección de las estaciones del SVCA de acuerdo con criterios como:
	  ▪ Proximidad al corredor vial y punto de aforo.
	  ▪ Contaminantes monitoreados.
	  ▪ Representatividad temporal de la información reportada para cada uno de los contaminantes.
	  ▪ Calidad y validación de los datos de concentraciones de contaminantes.
	- Metodología de análisis
	  o Procedimiento de integración de información.
	  o Homologación temporal con el fin que las diferentes fuentes de datos cuenten con la misma resolución temporal, la cual deberá justificarse.
	  o Análisis exploratorio como tendencias, valores extremos, patrones horarios, variaciones temporales, entre otras.
	  o Métodos y estadísticos utilizados tales como:
	  ▪ Análisis descriptivo:
	  • Media.
	  • Mediana.
	  • Mínimo.
	  • Máximo.
	  • Desviación estándar.
	  • Percentiles.
	  • Coeficiente de variación.
	  ▪ Análisis temporal:
	  • Perfil horario.
	  • Perfil diario.
	  • Días hábiles/no hábiles.
	  • Variación semanal.
	  ▪ Análisis de correlación o asociación según corresponda:
	  • Correlación de Pearson.

PRODUCTOS	CARACTERISTICAS Y CONDICIONES
	• Correlación de Spearman. • Análisis multivariable. o Limitaciones metodológicas. - Síntesis de los principales resultados obtenidos en la caracterización de movilidad: o Volúmenes vehiculares. o Composición del parque automotor. o Variación temporal. - Síntesis del inventario de emisiones o Emisiones por contaminante. o Emisiones por tipo de vehículo. o Distribución temporal. - Análisis de la calidad del aire o Estado de la calidad del aire durante el período del proyecto. o Comportamiento temporal de los contaminantes. o Comparación con los niveles establecidos en la normatividad vigente, cuando aplique. o Identificación de episodios de mayores concentraciones. - Análisis integrado movilidad – emisiones – calidad del aire o Comparación entre intensidad vehicular y emisiones estimadas. o Relación entre composición vehicular y contaminantes emitidos. o Identificación de patrones horarios. o Análisis de posibles contribuciones de las fuentes móviles al comportamiento observado de la calidad del aire. o Este análisis deberá sustentarse mediante diagramas de dispersión, series temporales, gráficos estadísticos, análisis de correlación, indicadores comparativos entre otros. - Conclusiones - Recomendaciones - Anexos o Datos utilizados. o Tablas de resultados. o Scripts y modelos utilizados para el procesamiento de información. **CRITERIOS DE ACEPTACIÓN:** estará condicionada a la verificación previa como mínimo, del cumplimiento del alcance y contenido mínimo establecido; identificación, descripción y justificación de las fuentes de información utilizadas; la justificación de la selección de las estaciones del SVCA; correspondencia temporal y espacial de la información integrada o identificación expresa de sus limitaciones; documentación y justificación de los métodos estadísticos empleados; trazabilidad y reproducibilidad de los análisis mediante los datos, tablas, scripts y modelos entregados; presentación e interpretación técnicamente sustentada de los resultados y la consistencia de las conclusiones y recomendaciones con los resultados obtenidos

Nota: La totalidad de los productos y entregables deberán ser presentados en idioma castellano tanto en formato PDF y editable (.docx o similar), de igual forma deberán estar acompañados de los anexos correspondientes tales como bases de datos, archivos fuente, scripts, modelos, memorias de cálculo, entre otras, en formatos abiertos y reutilizables, sin que su reproducibilidad o ejecución por parte de la Corporación requiera incurrir en pago o costos adicionales asociados a licencias, suscripciones, entre otras.

Todos los productos entregables estarán sujetos a revisión por parte de la supervisión del contrato. Cuando se identifiquen observaciones, inconsistencias o aspectos que no cumplan con los requisitos y criterios establecidos en el presente anexo de especificaciones técnicas, el contratista deberá realizar los ajustes correspondientes y presentar nuevamente el producto para su revisión y aprobación, conforme a las condiciones y plazos que sean establecidos por la supervisión en el marco de la ejecución contractual. La aprobación de un producto estará condicionada al cumplimiento integral de las especificaciones técnicas definidas para este.

De igual forma, los productos, bases de datos, estructuras de información, diccionarios de datos, scripts, códigos fuente, algoritmos, modelos de cálculo, modelos de procesamiento, documentos técnicos, metodologías desarrolladas y demás archivos o insumos generados como resultado de la ejecución del contrato deberán ser entregados a la Corporación y serán propiedad intelectual de la entidad, así que estarán sujetos a las condiciones de titularidad, uso, reproducción y disposición establecidas en la normativa aplicable de acuerdo con lo definido por la Corporación.

CARLOS EMILIO GUTIERRÉZ ULLOA
Subdirector de la Subdirección General de Planificación y Ordenamiento Ambiental - SGPOA

CARLOS EDUARDO RODRIGUEZ SUAREZ
Director Técnico de la Dirección Técnico Científica y de Modelamiento Ambiental – DCMA.

Proyectó: David Santiago Arévalo Monroy. Contratista DCMA – CAR
Revisó: Luis Alfredo Zarate Vásquez. Funcionario DCMA – CAR
Revisó: Fabio Alexander Beltrán Osorio Contratista DCMA – CAR
Reviso: Jairo Vargas – componente tecnico DGC