REALIZAR UN ESTUDIO TÉCNICO, JURÍDICO Y FINANCIERO PARA EL ASCENSO TECNOLÓGICO DE FLOTA ESPECIALIZADA Y DE EMERGENCIA DE LAS ENTIDADES DISTRITALES

CONTRATO 2025-2807 FLOTA ESPECIALIZADA

Entregable 4

Escenarios para el ascenso tecnológico

Bogotá D.C., agosto de 2025

Tabla de contenido

Introducción 5

1. Presentación de los escenarios 6
   1.1. Metodología para estimar el gradiente de proyección de la demanda para los escenarios de ascenso tecnológico de la flota de vehículos especializados y de emergencia para Bogotá D.C. al 2040 12
   1.2. Desarrollo de los ponderadores para construir los escenarios de ascenso tecnológico de la flota de vehículos especializados y de emergencia para Bogotá D.C. a 2040 20
      1.2.1. Escenario tendencial, moderado y acelerado 21

2. Metodología aplicada para el análisis costo beneficio del avance tecnológico de vehículos de emergencia y especializados 25

3. Análisis de resultados 31
   3.1. Caracterización de los vehículos 31
      3.1.1. Caracterización de vehículos del escenario tendencial 32
      3.1.2. Caracterización de vehículos del escenario moderado 33
      3.1.3. Caracterización de vehículos del escenario acelerado 34
   3.2. Análisis de los resultados de la estimación de emisiones generadas por contaminantes 35
      3.2.1. Impactos ambientales de los escenarios tendencial, moderado y acelerado 35

Conforme a las proyecciones a 2040 de la demanda de avance tecnológico de los escenarios de estudio, presentadas en la sección precedente. El impacto, entre 2026 y 2040, sobre la calidad del aire en Bogotá D.C. se encuentra en la figura 5. 35
   3.3. Análisis financieros de los CAPEX y OPEX 38
      3.3.1. Impactos Análisis financiero del CAPEX para los escenarios tendencial, moderado y acelerado (en pesos de 2025) 39
      3.3.2. Impactos Análisis financiero del OPEX para los escenarios tendencial, moderado y acelerado (en pesos de 2025) 47
   3.4. Diseño del modelo económico 52
      3.4.1. Escenarios de adquisición de las diversas opciones financieras disponibles para la adquisición de los vehículos 53
      3.4.3.1 Opciones financieras disponibles para la adquisición de los vehículos del Distrito 57
      3.4.3.2 Recursos por cooperación internacional 60
      3.4.3.3 Leasing financiero con el fin de rentar con opción de compra 60
      3.4.3.4 Convenios interadministrativos 61
      3.4.3.5 Donaciones 62
      3.4.3.6 Obras por impuestos 62
      3.4.3.7 Asociaciones Público-Privadas (APP) 63
      3.4.2. Análisis de los resultados del impacto de la afectación del presupuesto a corto y largo plazo de las entidades distritales 65
      3.4.3. Evaluación de las implicaciones legales y regulatorias que aseguran en cada escenario el cumplimiento de las normas vigentes distritales 70

4. Identificación y sustentación de ajustes normativos requeridos para el ascenso tecnológico de la flota distrital de vehículos especializados y de emergencia a 2040 82
4.1. Escenario tendencial 83
4.2. Escenario moderado 84
4.3. Escenario acelerado 85
5. Análisis costo beneficio para la adopción del avance tecnológico de los vehículos de emergencia y especializados 88
5.1. Ventajas y desventajas de los escenarios tendencial, moderado y acelerado . 90
6. Identificación de los ajustes normativos e insumos técnicos para la elaboración de los actos administrativos 93
6.1. Identificación brechas normativas 95
6.2. Propuesta de ajustes normativos por escenario 98
6.3. Insumos técnicos de soporte (propuesta de articulado) 99
7. Conclusiones 113
8. Recomendaciones 117
9. Bibliografía 119
10. Páginas WEB consultadas 124
11. Anexos 126
11.1. Anexo 3. Insumos de información empleados en los cálculos de los anexos 1 y 2 127

Índice de tablas

Tabla 1. Gradientes de evolución del ascenso tecnológico para proyectar la demanda de vehículos de emergencias y especializados con visión 2040 22
Tabla 2. Enfoque para elaborar el modelo económico, análisis financiero y ACB. 25
Tabla 3. Opciones financieras disponibles para la compra de vehículos en el Distrito por tipología vehicular 64
Tabla 4. Matriz del Marco Normativo y Regulatorio de Vehículos fósiles, híbridos y cero emisiones 103
Tabla 5. Matriz del Marco Normativo y Regulatorio de Vehículos Fósiles, Híbridos y Cero Emisiones 106

Índice de figuras

Figura 1. Resultados de los parámetros obtenidos mediante un modelo Poisson 15
Figura 2. Resultados de las elasticidades a partir de los parámetros obtenidos mediante un modelo Poisson 16
Figura 3. Resultados de las elasticidades a partir de los parámetros obtenidos mediante un modelo Poisson 16
Figura 4. Resultados sobre la adquisición o incrementar su flota vehicular de emergencias o especializada 18
Figura 5. Impactos ambientales por la contaminación atmosférica en los escenarios de análisis (2026-2040) 36

Figura 6. Impactos ambientales por la generación de residuos peligrosos y electrónicos en los escenarios de análisis (2026-2040) 37
Figura 7. Resultados agregados del CAPEX para los escenarios de análisis (compra sin arrendamiento operativo) 40
Figura 8. Resultados agregados del CAPEX para los escenarios de análisis (financiamiento convencional) 42
Figura 9. Resultados agregados del CAPEX para los escenarios de análisis (financiamiento a través de leasing) 44
Figura 10. Resultados agregados del CAPEX para los escenarios de análisis (sin ningún financiamiento, concesión o arrendamiento operativo) 45
Figura 11. Resultados agregados del OPEX (anual) para los escenarios de análisis (compra directa o arrendamiento operativo) 48
Figura 12. Resultados agregados del OPEX (anual) para los escenarios de análisis con financiamiento convencional o leasing 50
Figura 13. Resultados agregados del OPEX (anual) para los escenarios de análisis (sin ningún financiamiento, concesión o arrendamiento operativo) 51
Figura 14. Principales fuentes de ingresos para Bogotá Distrito Capital vigencia 2024 53
Figura 15. Impacto presupuestal de los CAPEX y OPEX para los escenarios de estudio (compra y/arrendamiento operativo) 66
Figura 16. Impacto presupuestal de los CAPEX y OPEX para los escenarios de estudio (financiamiento convencional) 68
Figura 17. Impacto presupuestal de los CAPEX y OPEX para los escenarios de estudio (financiamiento a través de leasing) 69
Figura 18. Resultados comparativos del ACB escenario acelerado Fuente: elaboración propia 88

Índice de anexos

Anexo 1. Base de datos modelo 126
Anexo 2. Resultados ACB-Impactos. 126
Anexo 3. Insumos de información empleados en los cálculos de los anexos 1 y 2. 126
Anexo 4. Acto Administrativo 126

Introducción

El presente documento hace parte del proyecto que se está llevando a cabo mediante el contrato de consultoría celebrado entre la Secretaría Distrital de Movilidad (SDM) e InforMetrics, con el fin de realizar un estudio técnico, jurídico y financiero para el ascenso tecnológico de flota especializada y de emergencia de las entidades distritales.

Teniendo en cuenta los compromisos adquiridos y los términos de referencia del contrato de consultoría, cuya Acta de Inicio se suscribió el 28 de abril de 2025, a continuación, se presenta el cuarto entregable de la Etapa II denominado "*Escenarios de ascenso tecnológico de la flota oficial de vehículos especializados y de emergencias*". Para tal efecto, este documento contempla la presentación detallada de los escenarios: tendencial y dos (2) propuestas de ascenso tecnológico, incluyendo:

1. Caracterización de vehículos.

2. Estimación de emisiones e impactos ambientales.

3. Análisis financiero.

4. Modelo económico.

5. Análisis de costo-beneficio

6. Insumos técnicos de soporte para la elaboración de los actos administrativos

Lo anterior, planteado en ocho (8) secciones, donde las dos finales corresponden a las conclusiones y recomendaciones obtenidas. También se adjuntan las bases de cálculo empleadas para los escenarios construidos con su manual de uso y memorias de sesiones y mesas de trabajo: actas de reuniones, registro fotográfico y grabaciones, según aplique. Finalmente, se encuentra la bibliografía y los anexos correspondientes.

1. Presentación de los escenarios

En la presente sección se lleva a cabo el desarrollo de los tres escenarios prospectivos para la modernización de la flota vehicular especializada y de emergencia de las entidades distritales de Bogotá D.C. al año 2040. Los cuales comprenden un escenario tendencial y dos alternativas de ascenso tecnológico (moderado y acelerado). Por consiguiente, el propósito de esta sección es presentar los principales elementos que permiten comprender las diferencias y alcances de cada escenario, de cara a los posibles procesos de toma de decisiones conforme a los costos de inversión (Capital Expenditure (CapEx), nombre y siglas en inglés) y operación (Operational Expenditures (OPEX), nombre y sigla en inglés) y a los beneficios ambientales y sociales.

La formulación de los escenarios parte de la línea base observada en el año 2025 y considera un escenario tendencial que mantiene la trayectoria tecnológica actual y los otros dos incorporan los ritmos de transición hacia tecnologías de bajas y cero emisiones (moderado y acelerado). En primera instancia, se realiza la caracterización de los vehículos, abordando por año el número de vehículos, segmento vehicular o tipo de vehículo, entidad, propios o contratados y energético empleado.

Posteriormente, para cada escenario, se realiza la estimación de emisiones generadas por contaminantes segregadas por tipologías vehiculares, destacando las de dióxido de carbono equivalente (CO2eq), material particulado (PM2,5), monóxido de carbono (CO) y carbono negro (Black Carbon, nombre en inglés). Asimismo, la estimación de generación de residuos peligrosos y electrónicos.

Asimismo, se presenta el análisis financiero, donde se identifican los requerimientos de inversión (CAPEX) y los costos de operación y mantenimiento (OPEX) necesarios en cada escenario, que garanticen la entrada y correcta operación de los vehículos, incluyendo la infraestructura de soporte para la introducción de tecnologías emergentes. Los escenarios exponen sus ventajas y desventajas en el contexto del proyecto, considerando aspectos como tasas de interés y tasa social de descuento, plazos de pago, flexibilidad, riesgos financieros y beneficios fiscales durante la vida útil de los vehículos.

Subsiguientemente, se incorpora el modelo económico que relaciona la tasa social de descuento (TSD) con los costos y beneficios, lo que permite determinar la viabilidad económica de la transición tecnológica para la flota de vehículos de emergencias y especializados de las entidades distritales en Bogotá D.C. mediante un análisis costo-beneficio (ACB).

Para el cumplimiento de los objetivos de este cuarto entregable, se requieren los insumos preparados y recopilados en el segundo y tercer entregable. En el segundo entregable se consolidó información proveniente de fuentes secundarias y primarias, incluyendo datos de 20 entidades: distritales, organizaciones no gubernamentales (ONG) y privadas. Estas últimas corresponden a operadores contratados por instituciones del distrito para la gestión de vehículos de emergencia o especializados.

Posteriormente, al clasificar la información únicamente para entidades distritales (exclusivamente con vehículos de emergencias y especializados), se obtuvieron datos de 18 instituciones de este tipo (Canal Capital, Cuerpo de Bomberos de Bogotá, Defense Civil sede Bogotá, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá -EAAB-, Instituto de Recreación y Deporte -IDRD-, Instituto de Desarrollo Urbano -IDU-, Instituto de protección Animal -IDPYBA-, Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático -IDIGER-, Secretaria Distrital de Seguridad y Justicia -SDSCJ-, Secretaria Distrital de Ambiente -SDA-, Secretaria Distrital de Movilidad -SDM-, Subred Integrada de Servicios De Salud Centro Oriente E.S.E, Subred Integrada de Servicios de Salud Norte E.S.E, Subred Integrada de Servicios de Salud Sur E.S.E, Subred Integrada de Servicios de Salud Sur Occidente E.S.E, Transmilenio, Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos -UAESP- y la Unidad Administrativa Especial de Rehabilitación y Mantenimiento Vial -UAERMV-). Excluyendo de la base original del segundo entregable dos entidades distritales (Empresa de Renovación y Desarrollo Urbano de Bogotá -RenoBo- y Secretaría Distrital de Integración Social), dado que sus reportes fueron de vehículos ligeros para transporte de pasajeros que no se clasifican como de emergencia y/o especializados.

Adicionalmente, se dejó registrada una ONG (la Cruz Roja de Colombia) y una empresa privada (GYP Bogotá SA) con el propósito de ampliar el número de observaciones con mayor detalle, para tener información de un total de 20 entidades (ver anexo 2 del segundo entregable). Por consiguiente, y de acuerdo con la información disponible, la base de datos que contiene el Inventario de Flota Oficial de Vehículos Especializados y de Emergencia,

discriminado para 18 entidades distritales, una ONG y una institución privada, tipología vehicular y año del modelo, capacidad, clase de energético empleado, características de la operación (costos y distancias recorridas), características jurídicas contractuales y de sustitución de flota se encuentra en los anexos 1 y 2.

No obstante, la información incompleta fue tratada a partir de los datos disponibles que incluían reporte completo. Para los 4.778 casos sin registro de la clase de energético empleado y considerando que el 99% de los datos reportados (1.595) correspondían a diésel y gasolina, estos 4.778 registros se clasificaron y asignaron como convencionales (combustión fósil), con el fin de disponer con la mayor cantidad de observaciones para las variables que permiten estimar los parámetros solicitados en la elaboración de los escenarios de avance tecnológico de la flota vehicular de emergencia y especializada.

Por otro lado, se identificó que seis datos sobre el año del modelo del vehículo no fueron registrados por la UAESP. Para suplir este vacío, en una mesa de trabajo realizada con la funcionaria de la entidad el 5/08/2025, se indicó que los contratos vigentes con los operadores exigen modelos no inferiores a 2018. En consecuencia, se asignó este año como referencia para los registros faltantes en la información compartida por UAESP el 1/09/2025.

Lo anterior permitió analizar la demanda objeto del tercer entregable, con la cual se consiguió la base de datos que contiene los detalles del estudio de mercado disponible de vehículos especializados y de emergencia en Colombia hasta 2040. Donde está discriminada la entidad distrital, tipología vehicular y año del modelo, clase de tecnología con sus respectivos costos de adquisición en el mercado (según su disponibilidad), conforme a la actualización efectuada al anexo 2 (estudio de mercado) del tercer entregable.

En este sentido, se realizó una revisión detallada por tipología vehicular, considerando vehículos de la misma marca y analizando el tipo de energético empleado (diésel, gasolina, gas natural vehicular, eléctrico e híbrido). El objetivo fue identificar el porcentaje aproximado de variación de precio entre vehículos con diferentes tipos de energético, así como estimar un precio de mercado en los casos donde no existe oferta actual para alguna tipología específica, considerando la posibilidad de que los vehículos mencionados estén disponibles en el futuro.

De acuerdo con este análisis, se establecieron los siguientes diferenciales aproximados de precio respecto a la versión gasolina: un vehículo eléctrico presenta un precio un 50% superior; un híbrido, un 40% más alto; y uno de gas natural vehicular (GNV), un 20% superior. Comparando con la versión diésel, el vehículo eléctrico se sitúa con un precio un 40% más alto, el híbrido con un 30% y el de GNV con un 10% por encima. Estos porcentajes se determinaron en función de las diferencias observadas en el mercado y constituyen una referencia para aproximar precios ante la ausencia de oferta en ciertas tipologías específicas.

En el caso de las motocicletas, se realizó una revisión del precio de mercado de referencias disponibles, incluyendo modelos eléctricos y de gasolina. Se identificó que la relación de precios entre ambos tipos es comparable a la observada en otras tipologías vehiculares. Específicamente, el análisis mostró que el precio de una motocicleta eléctrica resulta aproximadamente un 50% superior al de una motocicleta equivalente con motor a gasolina, al considerar capacidades y prestaciones similares.

Con este proceso y sus respectivas referencias consultadas, en el anexo 2 actualizado (estudio de mercado del tercer entregable) se logró obtener los precios de referencias para camperos o camionetas a gasolina y/o diésel y así se consiguió ajustar la información para que sea comparable por cada tipología y sea consecuente con las necesidades de vehículos de la flota de emergencia y especializada objeto del estudio. Dando alcance a la observación requerida por el equipo supervisor el 04/09/2025.

La estimación de los costos de repostaje y del mantenimiento preventivo a dos años para las tipologías de vehículos que emplean energéticos con disponibilidad limitada en el mercado, como los eléctricos, híbridos y de gas natural vehicular (GNV), se desarrolló a partir de un análisis comparativo. Para este ejercicio, se utiliza como insumo la información de los registros del catálogo de precios de la tienda virtual de Colombia Compra Eficiente (Agencia Nacional de Contratación Pública Colombia Compra Eficiente, 2025), tomando como referencia principal los energéticos diésel y gasolina. En los casos en que no se dispone de información directa de mercado, los costos fueron aproximados a partir de los mismos porcentajes de variación aplicados en el análisis previo sobre los precios de los vehículos según tipología y energético utilizado.

El resultado del ejercicio permitió identificar diferenciales de costos con respecto al tipo de energético. Los vehículos eléctricos presentan un costo de repostaje 50% inferior, los

híbridos un 40% menor y los que operan con GNV un 20% más bajo. En relación con los vehículos a diésel, los eléctricos muestran un costo 40% menor, los híbridos un 30% inferior y los de GNV un 10% por debajo. Estos valores se sustentan en las variaciones observadas en el mercado y se presentan como un referente para la estimación de precios en aquellas tipologías donde la oferta aún no se encuentra consolidada.

La estimación de los costos de SOAT para cada tipología vehicular se realizó utilizando como referencia las tarifas máximas comerciales establecidas para 2025 por Fasecolda. (Fasecolda, 2025). Para la proyección de los costos de aseguramiento todo riesgo, se implementó un método de aproximación basado en el valor total del vehículo asegurado, tomando como base la tarifa de prima anual definida para 2025 por Aseguradora Solidaria de Colombia. Estas referencias permitieron estimar entre un 3% y 5% sobre el precio comercial de cada tipología vehicular (SECOP, 2025).

En relación con la estimación del costo asociado a la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de baterías, se utilizó como referencia el precio vigente en el mercado para la gestión de residuos sólidos peligrosos. La fuente de información principal fue la empresa Soluciones Ambientales Safitch, la cual establece un valor de disposición de $76.000 pesos por cada 10 kilogramos de peso (SECOP, 2025).

A partir de este valor y del peso promedio de las baterías, definido según los rangos de autonomía específicos para vehículos eléctricos, híbridos y motocicletas (ver anexo 4), se determinó el costo correspondiente para cada tipología vehicular. Estos resultados se incluyeron únicamente en la valoración económica de este impacto dentro del análisis económico (ver anexos 2 y 4).

Para la determinación de los costos asociados a los cargadores eléctricos, se consultaron las cotizaciones vigentes en el mercado para la instalación de equipos de recarga en vehículos eléctricos. Se tomó como referencia el precio de instalación de un cargador con infraestructura de 60 kW para vehículos eléctricos (ENEL, 2025), así como los valores correspondientes a cargadores con potencias máximas de 7,4 kW, 11 kW y 22 kW para motocicletas eléctricas (BMW, 2025). Estos parámetros permitieron establecer el costo según la tipología y las características técnicas de cada equipo de recarga.

De esta forma, el estudio de mercado se complementó con precios de referencia asociados a los costos de instalación de cargadores eléctricos, seguros obligatorios (SOAT) y todo

riesgo y el precio por kilogramo de la recolección, tratamiento, transporte y disposición final de los residuos peligrosos y electrónicos. Elementos adicionales a los solicitados en el anexo técnico, dada su relevancia en la estimación de los flujos de liquidez para el modelo económico.

Además, en el tercer producto se establecieron los resultados sobre el potencial de sustitución o reemplazo de vehículos de la flota oficial de vehículos especializados y de emergencias del Distrito, así como las barreras, riesgos y oportunidades de ascenso tecnológico para cada tipo de vehículos especializado o de emergencias y por entidad. Además, se forjó el mapa de los principales actores relacionales.

De esta forma, los resultados del tercer entregable alimentan de forma directa los componentes económicos, financieros y de factibilidad de los escenarios. La información sobre la oferta tecnológica hasta 2040 permite establecer supuestos de disponibilidad, precios, maduración tecnológica y escalabilidad de las soluciones de bajas y cero emisiones, lo que habilita la formulación de trayectorias con las condiciones del contexto nacional.

De manera particular, el mapa de actores elaborado en el tercer entregable se convierte en un insumo transversal para la formulación de los escenarios, dado que permite reconocer las responsabilidades, intereses y niveles de influencia de las entidades públicas, proveedores de tecnología, operadores privados y gremios. Este componente permite evaluar la gobernanza de la transición tecnológica y las posibilidades de implementación de las alternativas planteadas.

En paralelo, los factores jurídicos y contractuales identificados en el segundo producto permiten delimitar las restricciones normativas y los márgenes de acción institucional en los procesos de renovación de la flota oficial. Aspectos como la naturaleza de los contratos de operación, los regímenes de adquisición pública, las disposiciones ambientales vigentes y los incentivos aplicables son determinantes para establecer la factibilidad jurídica de cada escenario.

Asimismo, los escenarios construidos recogen las barreras, riesgos y oportunidades documentadas en el producto 3. Entre las barreras se encuentran la limitada disponibilidad tecnológica local en algunos segmentos vehiculares, los altos costos iniciales de inversión,

la infraestructura incipiente para tecnologías de cero emisiones y la resistencia al cambio institucional.

En cuanto a los riesgos, de acuerdo con el anexo 4 del tercer entregable (matriz de barreras riesgos y oportunidades), se identificaron los asociados a los precios superiores de nuevas tecnologías comparadas con las convencionales de gasolina y diésel, los cambios regulatorios, la dependencia de proveedores internacionales y los posibles rezagos en el mantenimiento especializado. No obstante, también emergen oportunidades, como la existencia de incentivos fiscales y financieros a nivel nacional e internacional, la creciente oferta tecnológica proyectada hacia 2040 y la posibilidad de generar beneficios ambientales derivados de la reducción de emisiones contaminantes.

1.1. Metodología para estimar el gradiente de proyección de la demanda para los escenarios de ascenso tecnológico de la flota de vehículos especializados y de emergencia para Bogotá D.C. al 2040

Conforme a lo estipulado en el anexo técnico contractual, se deben construir al menos tres (3) escenarios de ascenso tecnológico de la flota de vehículos especializados y de emergencias, incluyendo un escenario tendencial según la distribución actual. La propuesta de escenarios con sus variables y parámetros. En este sentido, el enfoque realizado es el siguiente:

1- Recopilación, organización y análisis de la información primaria y secundaria para 20 entidades (ver anexo 1). Mediante la cual se obtuvieron las variables de análisis solicitadas en el anexo técnico (entidad, cantidad de vehículos, tipología, modelo, tipo de posesión y operación -propia, contratada o comodato-, clase de energético utilizado, costo de operación y cantidad de distancias recorridas). Obteniendo datos para un total de 6.383 vehículos de emergencia y especializados, una vez depurada la información de los vehículos de pasajeros que no hacen parte del estudio y aquella relacionada en fuentes secundarias (857 vehículos) que difieren de las cifras otorgadas por las entidades distritales (UAESP, RenoBo, Secretaría Distrital de Integración Social) y una ONG. Por esta razón, la cifra original de 7.240 vehículos plasmada en el segundo entregable se reduce a 6.383, como la cantidad disponible o línea base de análisis.

2- Recopilación, organización y análisis de la información secundaria, derivada del estudio de mercado para las 19 entidades y consignada en los anexos 2 (Base flota de vehículos de emergencias y especializados y estudio de mercado) del segundo y tercer entregable, respectivamente (ver anexo 1). A partir de las cuales se obtuvieron las variables de análisis adicionales relacionadas con el mercado (precio de vehículos conforme a su energético utilizado -gasolina, diésel, gas natural vehicular, híbrido eléctrico-gasolina, híbrido diésel-gasolina y eléctrico-).

3- Organización de la base de datos para estimar los parámetros, según lo establecido en el anexo técnico (ver anexo 1). La cual se encuentra organizada conforme a las variables en la ecuación 1 (precios de mercado, cantidad de vehículos, energético usado, discriminados por entidad y tipología vehicular).

   La organización de la base de datos en el anexo 1 se realizó siguiendo una estructura que permite el análisis econométrico para obtener los parámetros de la ecuación 1, según lo establecido en el anexo técnico contractual. Primero, se construyó la base a partir de fuentes de información primaria y secundaria, integrando registros por entidad, tipología de vehículo, tipo de carrocería, modelo, tipo de contrato y energético utilizado.

   Cada una de estas variables está identificada en la hoja de datos y respaldada por un diccionario que define nombre, acrónimo y tipo de variable. La base contiene una fila por observación, incorporando los siguientes campos principales: identificación, entidad, tipología vehicular, tipo de carrocería, modelo, tipo de contrato (propio, contratado, comodato), cantidad de vehículos, energético empleado (diésel, gasolina, GNV, eléctrico, híbrido) y precios promedio por tecnología. Además, se incluyen variables cuantitativas derivadas, como el precio promedio del vehículo, diferencias porcentuales de precios entre tecnologías y la cantidad correspondiente a cada combinación entidad-tipología (ver anexo 1).

   La estructura permite filtrar y reclasificar rápidamente la información para estimar los parámetros requeridos en modelos de conteo tipo Poisson, soportando análisis por tipología, energético, propiedad o vigencia. El proceso de organización incluyó validación y depuración de registros, asignación de variables dicotómicas/categóricas para el ajuste del modelo econométrico planteado para estimar los parámetros especificados en la ecuación 1.

4- Especificación teórica de la función causa efecto entre las variables (ver ecuación 1).

5- Estimación de lo modelo econométrico probabilísticos (Poisson) para determinar los parámetros del inciso anterior y las elasticidades para proyectar la demanda de ascenso tecnológico (ver detalles en Rosales *et al.*,, 2013; Perdomo, 2011; Greene, 2002).

6- Validación de los resultados del modelo y cálculo del gradiente para conformación de los tres escenarios.

De acuerdo con el proceso anterior, la ecuación 1 define la función del modelo estimado econométricamente para estimar los parámetros requeridos.

$$nv_i = f(tv_i, tp_i,\ ee_i, Precio_i, \boldsymbol{\beta}) \text{ (1), } i\text{=1,..,352}$$

Donde:

i: se refiere a información de corte transversal e identifica las entidades con información (19 en total), conforme a la cantidad de vehículos de acuerdo con la tipología que están a su servicio. Por lo cual se cuenta con 352 observaciones (*n*=352).

nv_i: designa la variable dependiente número de vehículos por tipología de vehículo (tv_i).

tp_i: designa la variable independiente tipo de posesión o propiedad del vehículo (variable cualitativa dicótoma que asigna valor de cero si es propio o sin información disponible -nd- y uno a contratados o por comodato-, ver anexo 1).

tv_i: designa la variable independiente tipología vehicular (variable cualitativa categórica, con codificación de 1 a 11; ambulancia, automóvil, bus, buseta, camión, camioneta, campero, grúa, microbús, motocicleta y volqueta, respectivamente, ver anexo 1).

ee_i: designa la variable independiente energía empleada (variable cualitativa dicótoma que asigna valor de cero a los vehículos de combustión fósil -gasolina, diésel, GNV e híbrido- y uno a los de cero -eléctrico-, ver anexo 1).

$Precio_i$: designa la variable independiente precio promedio de mercado por tipología vehicular (tv_i) y clase de energético utilizado (fósil o electricidad), lo que permite incorporar

estas variaciones recogiendo para cada caso los valores y clasificando según la fuente energética utilizada (gasolina, diésel, GNV, híbrido, eléctrico). El precio promedio se estima para las unidades de combustión convencional (gasolina, diésel, GNV, híbrido), el cual determina la demanda de vehículos de emergencia y especializados de las entidades distritales y se emplea como referente de comparación del precio del sustituto o de cero emisiones (vehículos eléctricos). Además $Precio_i$ permite que el análisis refleje las potenciales diferencias en el mercado y las fluctuaciones que puedan existir entre vehículos con tecnologías distintas (ver anexo 1).

$\boldsymbol{\beta}$: se refiere al vector de los parámetros a estimar, asociados a cada una de las variables independientes en la ecuación 1.

Figura 1. Resultados de los parámetros obtenidos mediante un modelo Poisson

```
Poisson regression                              Number of obs     =        351
                                                Wald chi2(3)      =      30.55
                                                Prob > chi2       =     0.0000
Log pseudolikelihood = -11506.122               Pseudo R2         =     0.1902

------------------------------------------------------------------------------
             |               Robust
          cv |      Coef.   Std. Err.      z    P>|z|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
      precio |  -6.69e-09   3.01e-09    -2.22   0.026    -1.26e-08   -7.92e-10
          tp |  -.3051546   .3350598    -0.91   0.362    -.9618597    .3515504
          ee |  -2.054411    .407661    -5.04   0.000    -2.853412    -1.25541
        cons |   4.587034   .7898573     5.81   0.000     3.038942    6.135125
```

Fuente: elaboración propia

Teniendo en cuenta la naturaleza de conteo de la variable dependiente (nv_i) en la ecuación 1, el modelo apropiado para estimar los respectivos parámetros es tipo Poisson (ver detalles en Greene, 2002, Rosales *et al.*, 2013), cuyos resultados se encuentran en la figura 1. Los cuales muestran que la variable precio de mercado, discriminado por tipología vehicular ($Precio_i$), es estadísticamente significativa. Este resultado se confirma mediante el valor P>|z| de 0,026, que evidencia relevancia estadística.

El signo negativo de su parámetro indica que cuando este aumenta, disminuye la cantidad de vehículos de emergencias y especializados que las entidades distritales requieren. La otra variable estadísticamente significativa (sus valor de P>|z| es inferior a 0,1), mientras tipo de propiedad (tp_i) no resultó relevante (su valor de P>|z| es superior a 0,1) para explicar nv_i. Sin embargo, sus parámetros negativos sugieren que la tercerización de la operación

mediante contratos o comodatos y el uso de electricidad tienden a estar asociados con una menor cantidad de vehículos de emergencias y especializados requeridos por parte de las entidades distritales.

Figura 2. Resultados de las elasticidades a partir de los parámetros obtenidos mediante un modelo Poisson

	Delta-method				
	ey/ex	Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf. Interval]
precio	-2.243131	1.009044	-2.22	0.026	-4.220821 -.2654415
tp	-.0956325	.1050045	-0.91	0.362	-.3014375 .1101725
ee	-.0234121	.0046457	-5.04	0.000	-.0325175 -.0143067

Fuente: elaboración propia

Con el fin de determinar la proyección de la demanda de avance tecnológico a 2040 para la flota vehicular de estudio por parte de las entidades distritales, la elasticidad precio de la demanda en la figura 2 muestra que un incremento del 1% en el precio promedio de mercado de los vehículos reduce su demanda en 2,2%, aproximadamente. En sentido opuesto, si el precio se reduce en 1%, la demanda crece en esta magnitud.

Figura 3. Resultados de las elasticidades a partir de los parámetros obtenidos mediante un modelo Poisson

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
dp	351	.415693	.1561894	.1134137	.9242333

Fuente: elaboración propia

Así, con la elasticidad de 2,2% en la figura 2, la figura 3 presenta el valor promedio (0,42 o 42%) de la variable dp_i, que manifiesta la diferencia porcentual del precio promedio entre los vehículos que usan combustión fósil (gasolina, diésel, GNV e híbrido) y los de cero emisiones (eléctricos), según la tipología vehicular. dp_i se obtiene como la tasa de cambio del diferencial de su precio promedio de combustible fósil (precio del bien) y el de cero emisiones (precio del bien sustituto) (ver detalles del cálculo en el anexo 1). Este diferencial refleja una evidencia empírica a partir de la información analizada.

Por consiguiente, la importancia de este resultado es que es un parámetro de referencia que permite determinar la factibilidad, por parte de las entidades distritales, del avance tecnológico de sus vehículos de emergencias y especializados. Lo cual significa que, si el

diferencial de precios se reduce en el futuro (Somos Eléctricos, 2024; EuroNews, 2024), el resultado demuestra que existiría una tendencia hacia el aumento de la flota de cero emisiones, acelerando la transición tecnológica.

En otras palabras, los vehículos de cero emisiones tienen un precio superior en promedio del 42% con el valor de mercado del mismo tipo de vehículo que usa energía fósil. Si esta diferencia entre precios cae en un 40% (Somos Eléctricos, 2024; EuroNews, 2024), ante una potencial mayor oferta de vehículos de cero emisiones (eléctricos, hidrógeno, nitrógeno, autónomos, entre otros) a 2040.

El informe de ICCT (2025) evidencia que la convergencia de precios entre vehículos eléctricos y modelos de combustión está proyectada para distintas tipologías vehiculares entre 2020 y 2040, incluyendo motocicletas, vehículos ligeros, pesados y microbuses. El análisis documenta que la disminución sostenida en los costos de las baterías —que han caído aproximadamente 40% en la última década— y el incremento en la producción a escala permitirán alcanzar la paridad de precios de manera progresiva, dependiendo de la tipología, entre la segunda mitad de la década de 2020 y 2040.

En consecuencia, la expectativa de una reducción gradual del 40% en el precio promedio de los vehículos de cero emisiones hacia 2040 está sustentada por las proyecciones del ICCT (2025), aplicable para las 11 tipologías analizadas en el estudio. Esto valida que la modelación basada en un descenso de precios de eléctricos es consistente con las tendencias internacionales del sector y las trayectorias de costos reportadas en regiones como Europa y Asia, lo cual resulta relevante para la estrategia de transición tecnológica de los vehículos de emergencias y especializados en el contexto de Bogotá D.C..

Así, ante una potencial caída del 40% del precio promedio de las tecnologías de cero emisiones para las 11 tipologías vehiculares de los vehículos de emergencia y especializados, el aumento de la flota vehicular de emergencia y especializada de las entidades distritales sería alrededor de un 88%. Resultado obtenido entre el valor de la elasticidad y el promedio redondeado de dp_i (ver ecuación 2).

$$0{,}88 \approx 2{,}2 \times 0{,}4 \quad (2)$$

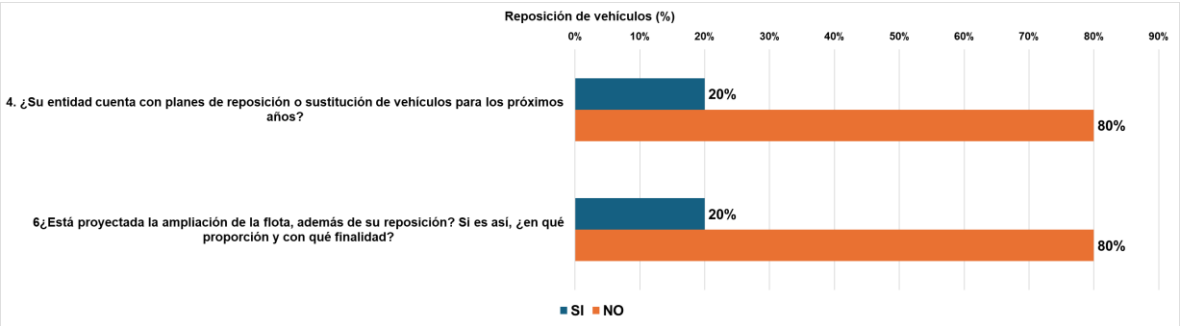
El 88% se convierte en el ponderador, valor esperado o el gradiente con el cual evolucionará la demanda del avance tecnológico de los vehículos de emergencia y especializados para

las entidades del distrito hacia el año 2040 en el mejor de los casos, lo que significa un escenario acelerado. Bajo esta condición, la esperanza o probabilidad de que en 2040 estas 11 categorías de vehículos de emergencia y especializados deberán corresponder a un 88% de cero emisiones (5.617) y un 12% de combustible fósil (766), reflejado por una mejora de su disponibilidad en el mercado a un menor precio.

Esta proporción se aplica de manera uniforme a todas las categorías de vehículos, en tanto que la estimación del modelo en la ecuación 1 se basó en el supuesto de la mejora general de la disponibilidad en el mercado para todas las tipologías vehiculares de emergencias y especializadas y en la reducción de sus costos de adquisición, de acuerdo con la diferenciación específica evidenciada por tipología vehicular (ICCT, 2025).

En otras palabras, se esperaría una mayor oferta de vehículos de cero emisiones según las 11 tipologías (tv_i) evaluadas, reflejada en una equivalencia de precios entre los vehículos de cero emisiones y los de combustible fósil, conforme al valor de la elasticidad precio de la demanda (-2,2% en la figura 2), de acuerdo con ICCT (2025). Es decir, en la medida en que se igualen los precios relativos (precios del bien y su sustituto), implicaría que los precios de vehículos de cero emisiones se equiparen a los de combustión fósil entre 2026 y 2040, lo que debe traducirse en un incremento proporcionalmente mayor en la demanda de unidades de cero emisiones, ante un aumento de la oferta de estos.

Figura 4. Resultados sobre la adquisición o incrementar su flota vehicular de emergencias o especializada



Fuente: elaboración propia

Adicional a esto, la figura 4 muestra que el 80% de las entidades distritales no contemplan una renovación y/o aumento del número de unidades que componen su flota vehicular de emergencia o especializada. No obstante, la EAAB manifestó que actualmente no disponen de presupuesto para llevarlo a cabo y UAERMV va a priorizar la inversión en maquinaria y

no en vehículos especializados (ver anexo 2 del segundo entregable). Esto significa que entre los años 2026 y 2040 la proyección de la demanda de estos vehículos se mantendría alrededor de los 6.383 vehículos, esperando que el 88% de ellos avancen a tecnologías de cero emisiones en el 2040.

El resultado de este gradiente del 88% para un avance tecnológico acelerado es equiparable a lo establecido en el artículo 5, inciso 4.1 del Acuerdo 790 de 2020 del Concejo de Bogotá, D.C. que si bien se establece para los vehículos públicos de transporte de pasajeros, es un referente para aplicarlo al estudio del avance tecnológico de los vehículos de emergencia y especializados de las entidades distritales, considerando el gradiente del 88% y el 100% que establece el acuerdo 790 de 2020.

"***A partir del 1 de enero de 2028, el Distrito Capital no podrá dar apertura a procesos de contratación de transporte público cuya base de movilidad esté soportada en el uso de combustibles fósiles siempre que la tipología vehicular*** *requerida por el Distrito Capital para la operación (ya sea troncal o zonal)* ***esté disponible en el mercado como vehículo de cero o de baja emisiones y haya sido homologada por la autoridad de transporte respectiva****. Si la tipología vehicular no existiera en el mercad**o o existiendo (i) fuera un prototipo no probado en ciudades u operaciones similares a las del Distrito Capital o (ii) no se encuentra homologada por la autoridad de transporte respectiva, se* ***podrá contratar la adquisición de vehículos que cumplan el estándar de emisión correspondiente a Euro 6/VI*** *o Tier 3/EPA 2010.* ***En todo caso se respetarán los hitos y el cronograma fijado en el parágrafo 3° del artículo 8 de la Ley 1964 de 2019 para garantizar los porcentajes mínimos de vehículos eléctricos o de cero emisiones utilizados para la operación de las flotas***.

Parágrafo Transitorio. ***Si existiera la tipología vehicular cero o bajas emisiones requerida*** *por el Distrito Capital pero (i)* ***el valor total del capital y de la operación de la misma, supere los techos presupuestales disponibles, calculados a 15 años****; o (ii)* ***cuando un proceso de adquisición se declare desierto****, la Administración Distrital podrá* ***abrir un proceso de contratación pública que contemple vehículos que usen combustibles fósiles líquidos, siempre que los vehículos cumplan el estándar de emisión correspondiente a Euro 6/VI*** *o Tier 3/EPA 2010.* ***Este parágrafo será aplicable hasta el 31 de diciembre de 2029****.*

Parágrafo 2. ***La Administración Distrital presentará al Concejo de Bogotá el informe de los avances en el análisis del mercado y la capacidad financiera para la adquisición de la nueva flota****, su impacto en el Fondo de Estabilización Tarifaria (FET)* ***así como los avances en relación con la infraestructura asociada a los vehículos cero emisiones cada seis meses*** *frente a la comisión accidental que se genere para tal fin"*

El resultado del 88%, en la tasa de evolución tecnológica para los vehículos objetos de estudio, también se alinea al cumplimiento del artículo 9 del acuerdo 811 de 2021 para los vehículos oficiales de los funcionarios públicos. "Ascenso tecnológico de la flota de transporte oficial. "*La Administración Distrital, sus dependencias adscritas* ***se abstendrán a partir del primero 01 de enero de 2023 de comprar vehículos que usen combustibles fósiles en tipologías automóviles, camperos y camionetas*** *para el servicio en las entidades que tengan como finalidad el transporte de servidores, sin incluir los que se adquieran para el servicio de la Policía Nacional,* ***asimismo, a partir del primero (01) de enero del año 2030 sólo se podrá contar con vehículos cero emisiones directas de material particulado para transporte de servidores en las tipologías vehiculares mencionadas***".

Complementando los acuerdos 790 de 2020 y 811 de 2021, en línea con el gradiente del 88% esperado, la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME, 2020, p. 176) estima un cambio gradual por año entre el 10% y 20% entre 2025 y 2035, también para el transporte público de pasajeros. Esperando un avance tecnológico a cero emisiones del 100% de la flota de vehículos de pasajeros de transporte público en 2035.

Ante lo expuesto, las siguientes secciones presentan los ponderadores asociados a los tres escenarios desarrollados con base en el gradiente proyectado para 2040. El cual corresponde a una participación del 88% de la flota de emergencia y especializada conformada por tecnologías de cero emisiones, mientras que el 12% restante corresponde a flota que empleará combustibles convencionales.

1.2. Desarrollo de los ponderadores para construir los escenarios de ascenso tecnológico de la flota de vehículos especializados y de emergencia para Bogotá D.C. a 2040

De acuerdo con los resultados precedentes y los insumos recopilados y elaborados en los entregables dos y tres, este acápite contiene los tres escenarios prospectivos para la

evolución tecnológica de la flota vehicular especializada y de emergencia de las entidades distritales de Bogotá D.C. El objetivo es examinar de manera sistemática las trayectorias posibles de transición tecnológica en este segmento del parque automotor, considerando la evolución de un escenario tendencial como la definición de dos alternativas de ascenso tecnológico.

El análisis parte de la caracterización de la situación base en 2025 y se orienta hacia la construcción de trayectorias alternativas que permiten examinar diferentes ritmos y modalidades de incorporación de tecnologías más eficientes y de menor impacto ambiental en los segmentos de flota que prestan servicios para la ciudad, bajo los siguientes tres escenarios.

1.2.1. Escenario tendencial, moderado y acelerado

El escenario tendencial corresponde a la proyección de la demanda de flota vehicular de emergencias y especializadas por parte de las entidades distritales bajo el supuesto de mantener la estructura tecnológica y de gestión existente en el año base 2025. En este escenario, la incorporación de nuevas tecnologías se limita a los procesos de renovación natural de vehículos, por lo que la mayor parte de la flota continúa operando con energéticos convencionales como diésel y gasolina.

La participación de tecnologías híbridas o eléctricas se mantiene marginal, sin un impulso programado hacia la sustitución. Esta trayectoria permite estimar la evolución de las emisiones y los costos bajo condiciones de continuidad, lo cual sirve como referencia para comparar los resultados de los otros dos escenarios de transición tecnológica más acelerada.

El segundo escenario, denominado moderado, plantea una transición gradual hacia tecnologías híbridas y de cero emisiones. La renovación de flota incorpora de manera progresiva vehículos eléctricos e híbridos, con una reducción paulatina de la participación de tecnologías diésel, gasolina y GNV. La proyección considera inversiones crecientes en infraestructura de soporte, como estaciones de carga y talleres especializados.

Bajo este escenario se espera que las estimaciones de emisiones muestren una reducción respecto al escenario tendencial, acompañada de una disminución en la generación de

contaminantes locales como material particulado y carbono negro, aunque con impactos asociados a residuos electrónicos y a la disposición de baterías al final de su vida útil.

El tercer escenario, nombrado como acelerado, es una alternativa de adopción acelerada de tecnologías limpias, con un predominio de flotas eléctricas y de hidrógeno hacia 2040. La sustitución de vehículos con motores de combustión interna ocurre en plazos más cortos, acompañada de inversiones en infraestructura energética y logística. Este escenario implica un esfuerzo financiero más alto en términos de inversión de capital y costos iniciales de operación, aunque se esperarían reducciones de un 88% en emisiones directas de gases de efecto invernadero y contaminantes locales.

Tabla 1. Gradientes de evolución del ascenso tecnológico para proyectar la demanda de vehículos de emergencias y especializados con visión 2040

Escenario		**Tendencial**	**Moderado**	**Acelerado**
Ponderador de transición del energético usado	**Combustible fósil o convencional**	88%	60%*	3%
	Híbrido	9%	30%	9%
	Cero emisiones (eléctrico, hidrógeno, otros)	3%	10%	88%

Fuente: elaboración propia,

De esta manera y de acuerdo con la estimación del 88% (resultado de la ecuación 2), para el gradiente de avance tecnológico acelerado, la tabla 1 muestra los ponderadores de transición relacionados con cada escenario. Donde el 88% en el escenario acelerado corresponde al resultado obtenido en la ecuación 2, suponiendo una reducción de 40% en el precio de las unidades de cero emisiones.

Considerando el rango de reducción de precios relativos (11% y el 92%) en la figura 3, si la reducción del precio fuese de un 44%, la demanda de cero emisiones aumentaría a un 97%, aproximadamente ($97\% \approx 0{,}44 \times 2{,}2$), conduciendo a una demanda de combustibles fósiles de un 3% en el escenario acelerado (1-0,97). Con la adición de estos dos posibles estados

(88%+3%=91%) se deduce el 9% (1-0,91) del potencial avance de tecnología híbrida en el escenario acelerado.

El caso opuesto de estos valores lo expone el escenario tendencial, con un 88%, 9% y 3% para los vehículos especializados y de emergencias de combustión tradicional, híbrida y cero emisiones, respectivamente. Si la reducción del precio de las unidades de cero emisiones es de 4,5%, potencialmente la demanda de ascenso tecnológico a esta categoría sería de aproximadamente el 10% ($10\% \approx 0{,}045 \times 2{,}2$) en un escenario moderado.

Mientras que con una reducción del precio en un 18% en cero emisiones, su demanda posiblemente crecería aproximadamente hasta un 40% ($40\% \approx 0{,}18 \times 2{,}2$), lo que equivaldría a un 60% en tecnologías convencionales (1-0,4). Con la adición de estos dos posibles estados (10%+60%=70%), se deduce el 30% (1-0,70) del potencial avance de tecnología híbrida en el escenario moderado, como se puede observar en la tabla 1. Con los resultados de la tabla 1, el procedimiento para proyectar, de forma anual y hasta el año 2040, la participación porcentual de las distintas tecnologías vehiculares dentro de cada escenario se puede observar en la ecuación 3.

$$P_t = P_{t-1} + \left(\frac{P_{2040} - P_{t-i}}{2040 - (t-i)}\right) \quad (3)$$

Donde:

P_t: es el porcentaje proyectado de la tecnología en el año t.

P_{t-i}: es la participación del año inicial (2025) y procedente hasta antes de 2040.

P_{2040}: es la meta objetivo para 2040 (resultados de la tabla 1, según corresponda el escenario y la tecnología).

El procedimiento en la ecuación 3 se repite anualmente para cada tipología tecnológica hasta completar la serie temporal. Este método puede aplicarse para fósiles, híbridos y cero emisiones de manera independiente, garantizando que la suma anual de porcentajes resulte en el 100%. Esta aproximación permite obtener una senda de transición gradual.

En este sentido, el primer paso consiste en establecer las participaciones base por tipo de tecnología (convencionales fósiles, híbridos y cero emisiones), para el año inicial (2025) como para el año meta (2040), datos que deben provenir del inventario de flota y la meta

de transición definida en la tabla 1. Posteriormente, para cada año intermedio, la proporción de cada tecnología se calcula mediante interpolación lineal en la ecuación 3. De forma ilustrativa, su aplicación se describe en las ecuaciones 4 y 5 para el escenario acelerado y tecnología fósil para el año 2026 (P_{2026}).

$$P_{2026} = P_{2025} + \left(\frac{P_{2040} - P_{2025}}{2040 - 2025}\right) = 99{,}78\% + \left(\frac{3\% - 99{,}78\%}{15}\right) = 93{,}33\% \quad (4)$$

$$P_{2027} = P_{2026} + \left(\frac{P_{2040} - P_{2026}}{2040 - 2026}\right) = 93{,}33\% + \left(\frac{3\% - 93{,}33\%}{14}\right) = 86{,}88\% \quad (5)$$

Este proceso se repite sucesivamente para cada año, generando una curva de transición progresiva desde la situación inicial (2025) hasta la meta definida para 2040. El mismo procedimiento es aplicable para calcular la evolución de las participaciones de tecnologías híbridas y de cero emisiones. Así, los resultados de los tres escenarios son presentados en el anexo 2.

Donde se encuentra la caracterización de los vehículos por año de la flota, incluyendo el número de vehículos, segmento vehicular o tipo de vehículo, entidad, propios o contratados, energético empleado. Igualmente, en el anexo 2 se establecen las estimaciones de emisiones generadas por contaminantes segregadas por tipologías vehiculares con CO2eq, PM2,5, CO, Black Carbon. Asimismo, la estimación de los impactos ambientales por estas emisiones contaminantes y la generación de residuos peligrosos y electrónicos, así como el cálculo de los CAPEX y OPEX de los tres escenarios.

Además, el anexo 2 presenta los impactos de corto y largo plazo de la afectación del presupuesto de las entidades distritales y contiene el análisis costo-beneficio, reconociendo los costos asociados a la adopción tecnológica y los beneficios generados por la reducción de externalidades negativas, considerando los costos económicos y los beneficios sociales y ambientales. Así como el análisis financiero de los costos de CAPEX y OPEX que garantizarían la entrada y correcta operación de los vehículos, de acuerdo con el estudio de mercado en el anexo 2 del segundo entregable.

2. Metodología aplicada para el análisis costo beneficio del avance tecnológico de vehículos de emergencia y especializados

De acuerdo con lo establecido en el anexo técnico, sobre el diseño de un modelo económico y su respectivo análisis costos beneficio (ACB) para los tres escenarios expuestos en la sección anterior. La tabla 2 presenta la metodología empleada que soporta los resultados del anexo 2 de acuerdo con IDU (2014) y DNP (2017).

Tabla 2. Enfoque para elaborar el modelo económico, análisis financiero y ACB

Etapas	Actividades de la evaluación para los escenarios
01	**Identificar los principales resultados positivos y negativos (económicos, sociales, financieros y ambientales) que ocasionan el avance tecnológico de la flota vehicular objeto de estudio.** Evaluando los insumos y resultados del proyecto, sin incurrir en dobles contabilidades.
02	**Identificar los insumos principales para estimar los flujos financieros (ingresos, costos, riesgos) durante la adquisición y operación de la flota vehicular** Identificar y priorizar objetivamente los beneficios y costos (fijos y variables) que originaría el proyecto cada opción propuesta en la etapa 1 (ver los insumos en el anexo 3).
03	**Calcular de forma absoluta los resultados positivos y negativos (económicos, sociales, financieros y ambientales) durante la adquisición y operación de la flota vehicular** Considerando la comparabilidad de cada opción con la situación base (escenario tendencial y situación sin proyecto), con el fin de obtener los incrementales en términos absolutos de los escenarios tendencial, moderado y acelerado. Destacando los contaminantes atmosféricos (CO, CO2Equ, PM2.5 y BC) y la generación de residuos peligrosos y electrónicos (ver los cálculos y resultados en el anexo 2). Considerando la siguiente ecuación del cálculo realizado para los tres escenarios: $$Q_{anual\ del\ contaminante} = FE_i(nv_i \times KM_{anual})$$ Donde: $Q_{anual\ del\ contaminante}$: es la cantidad total anual, en kilogramos, del contaminante atmosférico emitido por tipología vehicular. FE_i: corresponde al factor de emisiones del contaminante atmosférico (kg/km) por tipología vehicular, conforme al modelo del vehículo. Para el caso específico de los híbridos, no existen datos de factores de emisión para Bogotá D.C. (SDA, 2024), cuyos referentes de camionetas y vehículos livianos para CO (0,4966) y PM2.5 (0,0142) fueron tomados de Arroyave (2022). Mientras para CO2Eq se aproximó de Menchaca y Mendoza (2011). Quienes establecieron en México que los vehículos ligeros con tecnología híbrida emiten un 37,7% menos de CO2, comparado con los vehículos ligeros que usan combustible convencional.

Etapas	Actividades de la evaluación para los escenarios
	KM_{anual}:los kilómetros aproximados recorridos por un vehículo en un año, según su tipología. Estos valores, se obtuvieron a partir de la información primaria reportada por las 20 entidades distritales de análisis (ver anexo 2 del segundo entregable) y complementada con la detallada en SDA (2024) (ver anexo 3). nv_i:número de vehículos por tipología vehicular y entidad distrital. Posteriormente, el resultado en kilogramos de $Q_{anual\ del\ contaminante}$ de divide en un millón para obtener su equivalente en toneladas. Los resultados positivos en la reducción de emisiones contaminantes en los escenarios moderado y acelerado corresponden al diferencial (ΔQ) entre el obtenido para cauno de estos y el del escenario tendencial. $$\Delta Q_{anual\ del\ contaminante,\ \ escenario\ moderado} = Q_{anual\ del\ contaminante,escenario\ tendencial} - Q_{anual\ del\ contaminante,escenario\ moderado}$$ $$\Delta Q_{anual\ del\ contaminante,\ \ escenario\ acelerado} = Q_{anual\ del\ contaminante,escenario\ tendencial} - Q_{anual\ del\ contaminante,escenario\ acelerado}$$ Por otra parte, los resultados positivos en la reducción de generación de residuos peligrosos y electrónicos, en los escenarios tendencial y moderado, se determinaron entre su diferencial ($\Delta RP_{anual\ del\ contaminante}$) con el potencial total que generará el escenario acelerado (lo cual es un efecto negativo en este), de la siguiente forma: $$RP_{anual\ del\ contaminante} = P_e \times nv_i$$ $RP_{anual\ del\ contaminante}$: es la cantidad total anual, en kilogramos, de los residuos peligrosos y electrónicos, al finalizar la vida útil del vehículo. P_e: corresponde al peso promedio de la batería de acuerdo con la tecnología (eléctrico o híbrido).
04	**Valorar monetariamente los principales resultados positivos y negativos (económicos, sociales, financieros y ambientales).** Evaluando los insumos y potenciales resultados del proyecto, sin incurrir en dobles contabilidades. Considerando la comparabilidad de cada opción con la situación base (escenario tendencial), con el fin de obtener los incrementales en términos monetarios, a través de las técnicas de valoración económica de impactos con información secundaria (transferencias de valor de beneficios o costos). $$VM_{anual\ del\ contaminante} = P_i \times \Delta Q_{anual\ del\ contaminante/Ton}$$ Donde: $VM_{anual\ del\ contaminante}$: es el valor económico anual por tonelada del contaminante atmosférico. P_i: corresponde al precio de mercado (2025) por tonelada del contaminante atmosférico. $\Delta Q_{anual\ del\ contaminante/Ton}$: es el diferencial de la cantidad total anual, en toneladas, del contaminante atmosférico emitido por tipología vehicular. $$VM_{anual\ del\ contaminante\ RP} = P_{RPi} \times \Delta RP_{anual\ del\ contaminante/Kg}$$

Etapas	Actividades de la evaluación para los escenarios
	Donde: $VM_{anual\ del\ contaminanteRP}$: es el valor económico anual por kilogramo del residuo peligroso o electrónico. P_{RPi}: corresponde al precio de mercado (2025) por kilogramo del tratamiento, transporte y disposición final del residuo peligroso o electrónico. $\Delta RP_{anual\ del\ contaminante/Kg}$: es el diferencial de la cantidad total anual, en kilogramos, del residuo peligroso o electrónico. La utilización de los precios de mercado (o precios sociales) de CO, PM2.5, CO2Eq, BC y RP (ver detalle de valores en el anexo 3) como referentes económicos para valorar los impactos ambientales se fundamenta en la necesidad de traducir las externalidades negativas de la contaminación en equivalentes monetarios verificables y comparables. Estos precios representan el valor que la sociedad asigna a las emisiones en función de sus impactos sobre la salud pública, el ambiente y el bienestar económico, permitiendo así su inclusión objetiva en análisis costo-beneficio y decisiones de política (WayCarbon, 2023; DNP, 2006). En el caso del CO2, el precio social del carbono es utilizado en economías de mercado y recomendando por organismos multilaterales y gobiernos como una aproximación para internalizar el daño climático futuro asociado a cada tonelada emitida. Para PM2.5 y CO, la metodología de valoración económica asocia sus precios a riesgos sanitarios, pérdidas de productividad y depreciación de bienes urbanos, usando como referencia los estudios de precios hedónicos inmobiliarios y costos de atención sanitaria derivada de la contaminación (Universidad de los Andes, s.f). La práctica de usar los precios de mercado o precios sociales se encuentra respaldada en manuales técnicos ambientales, porque permite el cálculo homogéneo de beneficios sociales por reducción de emisiones y costos sociales por aumentos, facilitando la comparación entre alternativas de política y la toma de decisiones informada (Universidad de los Andes, s.f).
05	**Estimar monetariamente los principales flujos financieros (ingresos, costos, riesgos)** Con la demanda de avance tecnológico estimada de acuerdo con los gradientes de evolución en la tabla 1 y la vida útil de los vehículos, conforme a los precios y costos de adquisición y operación de los vehículos (CAPEX y OPEX) del estudio de mercado en el anexo 2 del segundo entregable, se estiman los flujos monetarios (ver anexo 2), precios de mercado por la cantidad de vehículos, de acuerdo con su tecnología de combustión fósil o cero emisiones (ver detalles del cálculo en el anexo 2). Con las cantidades de avance tecnológico o demanda proyectada, estimadas con los gradientes de la tabla 1 para cada escenario, de vehículos por tipología y energético empleado (nv_i), CAPEX y OPEX correspondiente por entidad distrital de acuerdo con su modalidad de posesión de los vehículos y sus respectivos presupuestos y los costos unitarios (cu) de adquisición y operación (datos obtenidos del estudio de mercado del tercer entregables, ver anexo 2) se cuantifican el presupuesto total (pt, disponible para adquirir u operar los vehículos de emergencias y especializados) y costos totales (ct, suma de los costos fijos – cf– o CAPEX, variables – cv– u OPEX), como se expresan a continuación.

Etapas	Actividades de la evaluación para los escenarios
	$$pt = p_{ri} \times (ip_i),\ ip = \frac{CAPEX+OPEX}{P_{ri}}$$ $$CAPEX = pv_i \times pc_i \times nv_i$$ $$OPEX = nv_i(ce_i + cm_i + cso_i + cstr_i)$$ $$ct = CAPEX + OPEX$$ Donde: p_{ri}: define el presupuesto anual de cada entidad distrital ip: define el impacto presupuestal de corto plazo (%) a precios constantes, ocasionado por el CAPEX y OPEX anual a precios constantes de cada entidad distrital. El impacto de largo plazo, se determina a precios corrientes para todos los componentes de ip (ver anexo 2). pt: define el valor del presupuesto de cada entidad distrital destinado al avance tecnológico de vehículos de emergencias y especializados, según su modalidad de posesión de estos (propio o contratado -arrendamiento operacional- (ver anexo 2)). pv_i: corresponde al precio complementario (cargadores para los híbridos y cero emisiones -eléctricos-), no aplica para los de combustión fósil (ver anexo 2). nv_i: corresponde al número de vehículos de emergencias y/o especializados (según su tipología) por cada entidad distrital (ver anexo 2). ct: define el costo total anual para la adquisición y operación de cada vehículo, por entidad distrital, según su tipo de posesión (propia o arrendamiento operacional). ce_i: define el costo unitario aproximado anual del energético utilizado, para cada vehículo, según su tipología (ver anexos 2 y 3). cm_i: define el costo unitario aproximado anual del mantenimiento preventivo, para cada vehículo, según su tipología (ver anexos 2 y 3). cso_i: define el costos aproximado anual del seguro obligatorio, para vehículo, según su tipología (ver anexos 2 y 3). $cstr_i$: define el costos aproximado anual del seguro todo riesgo, para cada vehículo, según su tipología (ver anexos 2 y 3). $$vr_i = \frac{pv_i - pv_i(\%salvamento)}{vu_i}$$ vr_i: corresponde al valor residual de vehículo (ver anexos 2 y 3). vu_i: corresponde a los años de vida útil del vehículo (10 años). $\%salvamento$: corresponde al porcentaje de salvamento del vehículo.
06	**Transformar en medidas monetarias (económicas y sociales) los flujos financieros estimados en la etapa 5, empleando las razones precio cuenta (RPC) más actualizadas disponibles en las fuentes oficiales encargadas de calcularlas y divulgarlas y construir el flujo económico que involucra los términos monetarios de los costos, beneficios y flujo financiero transformado de acuerdo con los valores obtenidos en las etapas 3, 4 y 5** Estandarizar las estimaciones monetarias financieras a un valor económico y social utilizando las RPC (ver detalles en DPN, 2006; DNP, 2017; IDU, 2014) más actualizadas y disponibles en las fuentes oficiales encargadas de su cálculo y divulgación. Con el fin de corregir las distorsiones de los precios del mercado con los que se estiman los flujos financieros en la etapa 5**.** $$RPC_i = \frac{Precio\ cuenta\ del\ bien_i}{Precio\ de\ mercado\ del\ bien_i}$$ $$Precio\ cuenta, bien_i = RPC_i * precio\ mercado, bien_i$$

Etapas	Actividades de la evaluación para los escenarios
	Donde, RPC_i: define la razón precio cuenta de un bien determinado (ver anexos 2 y 3).
07	**Calcular el valor presente neto social (VPNS) de los beneficios y costos monetizados descontados con la tasa social de descuento (TSD) según la vida útil del proyecto y la relación beneficio costo (RBC)** En este paso se debe considerar la TSD más actualizada y disponible en las fuentes oficiales encargadas de su cálculo y divulgación. Determinar la RBC de cada alternativa evaluada y, de acuerdo con su mayor resultado, elegir la mejor RBC obtenida. La TSD: representa el costo de oportunidad de la inversión de cada escenario y el costo de oportunidad del capital. En este sentido, se debe aplicar el valor de la TDS más actualizada y divulgada por las fuentes oficiales competentes para su cálculo, en este caso el Departamento Nacional de Planeación (DNP) en Colombia. Así, en este momento se recomienda considerar la TSD del 6,4% estipulada en el artículo segundo de la Resolución 1092 de 2022, Adopción de la Tasa Social de Descuento calculada por el DNP. La TSD está expresada en términos reales, por consiguiente el ACB debe ser considerado a precios constantes. **Agregación de los beneficios y costos en términos económicos y sociales**: para establecer en cada escenario los flujos positivos (B_t) y negativos (C_t) a lo largo de horizonte de análisis o vida útil del proyecto (2026-2040), como se establece a continuación: $$B_t = Beneficios\ (economicos, ambientales\ y\ sociales) + ingresos\ totales\ (partida\ presupuestal, transformada\ con\ precios\ cuenta)$$ $$C_t = Costos\ (economicos, ambientales\ y\ sociales) + costos\ totales\ (CAPEX\ y\ OPEX, transformados\ con\ precios\ cuenta)$$ Donde: B_t: define los beneficios económicos totales del avance tecnológico de los vehículos especializados y de emergencias de las entidades distritales. C_t: define los costos económicos totales del avance tecnológico de los vehículos especializados y de emergencias de las entidades distritales. **Descuento de los flujos económicos de beneficios y costos totales**: aplicar la TSD a cada flujo económico de beneficios y costos totales en cada año del horizonte temporal (T) o vida útil de cada escenario (2026-2040), de acuerdo con lo expresado en la siguiente ecuación: $$VPN = \sum_{t=1}^{T} \left(\frac{1}{1+TSD}\right)^t [B_t - C_t]$$ Donde: VPN: define valor presente neto social TDS: define tasa social de descuento B_t: define los beneficios económicos totales C_t: define los costos económicos totales

Etapas	Actividades de la evaluación para los escenarios
	Cálculo de la RBC: en un único paso como se expresa en la siguiente ecuación $$RBC = \frac{VPN\ de\ los\ B_t}{VPN\ de\ los\ C_t}$$ Donde: $\boldsymbol{RBC}$*: define la razón beneficio costo*
08	**Efectuar un análisis de sensibilidad de los resultados en las etapas 6 y 7 para cada alternativa evaluada** Con el fin de evaluar la viabilidad de los resultados del ACB y RBC, variando las opciones de financiamiento (compra directa o arrendamiento operativo, crédito tradicional, leasing y ninguno) para determinar cómo afectan los resultados obtenidos en las etapas 6 y 7. Lo anterior, considerando los escenarios comparativos, para contar con más información en la toma de decisiones. Eligiendo la mejor alternativa de acuerdo con el resultado del VPN y la RBC una vez realizado el análisis de sensibilidad.
09	**Examinar el mejor resultado del VPN y la RBC una vez realizado el análisis de sensibilidad de la etapa 8** • El mayor valor positivo (+) del VPN, entre todas las alternativas posibles, es el de primer orden de elegibilidad, dado que su resultado evidencia el mayor valor de beneficios netos en términos económicos, ambientales, sociales y financieros. • Los valores negativos (-) del VPN, entre todas las alternativas posibles, determinan un rechazo inminente de cualquier alternativa evaluada, dado que su resultado evidencia un mayor valor de costo que de beneficios netos en términos económicos, ambientales, sociales y financieros. • El mayor valor por encima de uno de la RBC (RBC>1), entre todas las RBC de las alternativas posibles, es el de primer orden de elegibilidad, dado que por cada peso invertido en el avance tecnológico de los vehículos de emergencias y especializados de las entidades distritales (según la alternativa) sus beneficios en términos económicos, ambientales, sociales y financieros son más que proporcionales a sus costos. • El valor igual a uno del RBC (RBC=1), deja en una posición indiferente a la respectiva alternativa (rechazar o elegirla), dado que por cada peso invertido en esa alternativa sus beneficios en términos económicos, ambientales, sociales y financieros son iguales proporcionalmente a sus costos. • Los valores menores a uno del RBC (RBC<1), dejan en una posición de rechazo inminente a la respectiva alternativa, dado que por cada peso invertido

Etapas	Actividades de la evaluación para los escenarios
	en esa alternativa sus beneficios en términos económicos, ambientales, sociales y financieros son menos que proporcionales a sus costos.

Fuente: elaboración propia basada en IDU (2014) y DNP (2017)

En este sentido, la tabla 2 destaca el proceso y los diferentes insumos de información requerida y la importancia estratégica de las RPC para estandarizar los flujos financieros, permitiendo su integración en una unidad común. Este proceso facilita el cálculo del VPNS y la RBC en el ACB. Por consiguiente, el anexo 3 contiene los diferentes datos e insumos empleados para obtener los resultados del anexo 2.

3. Análisis de resultados

Una vez implementada la metodología del inciso anterior y expuestos sus insumos y cálculos en el anexo 2, esta sección describe los resultados obtenidos.

3.1. Caracterización de los vehículos

De acuerdo con la información primaria suministrada por las 20 entidades discriminadas en el anexo 1. El anexo 2 presenta la caracterización de los vehículos de emergencia y especializados que operan en las entidades del distrito. Donde se discriminan, para cada escenario el número de vehículos, segmento vehicular o tipo de vehículo, entidad, propios o contratados, energético empleado y modelo.

Así, los resultados de la proyección de la demanda del avance tecnológico de los vehículos de estudio, utilizando los gradientes correspondientes en la tabla 1 para el escenario tendencial, se determinan de forma gradual entre 2026 y 2040 la conformación de la flota priorizando por el modelo del vehículo, según el potencial de avance adjuntado en el anexo 3 del tercer entregable.

Con los principales insumos para la presente sección se lleva a cabo el desarrollo de los tres escenarios prospectivos para la modernización de la flota vehicular especializada y de emergencia de las entidades distritales de Bogotá D.C. al año 2040. Los cuales comprenden un escenario tendencial y dos alternativas de ascenso tecnológico (moderado y acelerado). Por consiguiente, el propósito de esta sección es presentar los principales elementos que permiten comprender las diferencias y alcances de cada escenario, de cara

a los posibles procesos de toma de decisiones conforme a los costos de inversión (Capital Expenditure (CapEx), nombre y siglas en inglés) y operación (Operational Expenditures (OPEX), nombre y sigla en inglés) y a los beneficios ambientales y sociales.

3.1.1. Caracterización de vehículos del escenario tendencial

De acuerdo con los resultados en el anexo 2, en 2040 las entidades que mantendrían la mayor cantidad de vehículos de emergencia son la Policía Metropolitana de Bogotá (con el 88% de combustión fósil, 10% híbrida y 4% cero emisiones) y la Secretaría Distrital de Movilidad (con 779 vehículos, de los cuales el 97% serían de combustión fósil).

El análisis porcentual reflejaría a 2040 una limitada penetración actual de tecnologías limpias en la flota de emergencias y especializadas de las entidades distritales, con avances puntuales principalmente en algunas subredes de servicios de salud y empresas de limpieza urbana. Este escenario sugiere que, bajo las condiciones del parque vehicular actual, en 2040 la transición hacia un escenario de cero emisiones requerirá esfuerzos importantes en inversión y en políticas de renovación tecnológica.

Por tipología vehicular, las motocicletas a 2040 seguirán construyendo el segmento más numeroso con 4.079 unidades de combustión convencional, pero también liderarían en cantidad absoluta de vehículos de cero emisiones, con 150 motocicletas eléctricas (ver anexo 2). Las camionetas y camiones aportarían en 2040 836 y 697 unidades, respectivamente.

En ambulancias, 99 operarían en 2040 con combustibles fósiles, 9 presentarían una tecnología híbrida y ninguna de cero emisiones, indicando un rezago relativo en la electrificación de este tipo específico de servicio, según lo esperado en este escenario. Los automóviles y volquetas muestran también algunos avances en adopción de híbridos y cero emisiones (128 automóviles fósiles frente a 116 híbridos y 7 de cero emisiones; 143 volquetas fósiles frente a 13 híbridas y 4 de cero emisiones).

En síntesis, el escenario tendencial a 2040 evidenciaría una demanda con un predominio de tecnologías convencionales en casi todos los segmentos, con presencia incipiente —principalmente en motocicletas y camionetas— de tecnologías híbridas y cero emisiones.

Este perfil respalda la necesidad de estrategias diferenciadas para acelerar la transición tecnológica, ajustando las acciones de acuerdo con la participación y el potencial de modernización de cada tipología vehicular en la flota distrital de emergencia y especializada. El total consolidado para 2040 evidencia que las tecnologías limpias representan una fracción reducida del parque, lo que constituye un punto de referencia para establecer metas de avance en los escenarios de transición tecnológica como los esperados en los escenarios moderado y acelerado.

3.1.2. Caracterización de vehículos del escenario moderado

De acuerdo con los resultados en el anexo 2, a 2040 con una penetración de vehículos de emergencia y especializados cero emisiones o híbridos, la Policía Metropolitana de Bogotá concentrará la mayor flota, sumando 3.035 vehículos de combustión fósil, 842 híbridos y 438 de cero emisiones, lo que representa una transición media dentro de la categoría institucional de mayor tamaño.

Entidades como la Secretaría Distrital de Movilidad también reflejarían una transición destacada, con 634 unidades de combustión fósil, 65 híbridos y 80 de cero emisiones. Empresas públicas vinculadas al manejo de servicios urbanos (UAESP y sus operadores) presentarían avances reconocidos con 14 vehículos que usarán combustibles convencionales, 452 híbridos y 57 de cero emisiones en 2040.

Conforme a los resultados en el anexo 2, en 2040 para el escenario moderado, las motocicletas serán el segmento con mayor cantidad de unidades de cero emisiones (424), evidenciando una electrificación en esta tipología, mientras que automóviles (223), camionetas (706), camiones (5575), buses (49) y ambulancias (85) también presentarían una destacada posición en las tecnologías híbridas, aunque en menor proporción relativa. Las camionetas, camiones, automóviles, volquetas, camperos, ambulancias, buses y microbuses registrarían una transición hacia cero emisiones (71, 63, 26, 18, 12, 9, 6 y 2 11, respectivamente).

En síntesis, el escenario moderado proyecta a 2040 una demanda de parque vehicular público en proceso de transición, con avances medios en la penetración de tecnologías limpias, aunque manteniendo una base considerable de flota de combustión fósil de acuerdo con los gradientes en la tabla 1 para este escenario. En conjunto, el escenario moderado representa una transición en curso hacia alternativas tecnológicas más

sostenibles, con especial dinamismo en motocicletas, camionetas, camiones y ambulancias.

Sin embargo, la flota de combustión fósil seguiría en 2040 teniendo un peso considerable, por lo que la consolidación de la transición requerirá incrementar el ritmo de reemplazo y estrategias diferenciadas por tipología para alcanzar en 2040 una mayor penetración de tecnologías limpias en toda la flota de emergencia y especializada de las entidades distritales.

3.1.3. Caracterización de vehículos del escenario acelerado

La proyección de la demanda de avance tecnológico a 2040, por parte de las entidades distritales para la operación de sus vehículos de emergencia y especializados, según los resultados en el anexo 2, mostraría una transición avanzada hacia una flota compuesta mayormente por tecnologías de cero emisiones en las entidades distritales de Bogotá. Del total de los vehículos reportados, 5.620 corresponderían a tecnologías de cero, mientras que los vehículos de combustión fósil representan un porcentaje residual (191 unidades).

La Policía Metropolitana de Bogotá en 2040 continuaría con la mayor demanda de avance tecnológico, consolidaría 3.844 unidades de cero emisiones, 353 híbridos y 118 de combustión fósil. Entidades como la Secretaría Distrital de Movilidad en 2040 contarían con 720 vehículos de cero emisiones frente a 54 con combustión fósil y 5 híbridos, reflejando un cambio tecnológico acelerado.

Organizaciones sectoriales, como el Cuerpo de Bomberos (48 de cero emisiones), Defensa Civil (29), Empresas de Servicios Públicos y las subredes de salud, alcanzarían niveles destacados de cero emisiones, con casos como la Cruz Roja (6 de cero emisiones) y el IDRD (30), en donde la flota de combustión fósil sería en 2040 prácticamente inexistente.

En 2040 las motocicletas evidencian la mayor electrificación, con 3.931 unidades de cero emisiones y 148 fósiles remanentes. Las camionetas alcanzarían una transición destacada, totalizando 495 cero emisiones frente a 15 fósiles y 326 híbridas. Los automóviles también mostrarían un recambio acelerado, con 147 unidades de cero emisiones y 97 híbridos. Para camiones, los cero emisiones cubrirían 591 vehículos (frente a 13 fósiles y 93 híbridos) y en ambulancias predominarían las cero emisiones (86) y 22 híbridos.

En segmentos como volquetas, buses y microbuses, predominaría la adopción de tecnologías de cero emisiones (143 volquetas, 56 buses, 24 microbuses). Para grúas, la mayoría de las unidades serían renovadas a cero emisiones, sin unidades con motores fósiles.

Este escenario evidenciaría que a 2040 la transición tecnológica se consolidaría en todos los segmentos principales, con mínimos vestigios de tecnologías fósiles e híbridos. El resultado es una flota capaz de operar bajo criterios de sostenibilidad, reducción de emisiones y cumplimiento estricto de metas ambientales, implicando también una modernización operativa integral, en gestión, logística y soporte técnico para todo el parque vehicular de emergencia y especializado institucional en Bogotá D.C.

3.2. Análisis de los resultados de la estimación de emisiones generadas por contaminantes

Conforme a los factores de emisión de contaminantes atmosféricos (CO, PM2.5, BC y CO2Eq) reportados por la SDA (2024), la UPME (2022 y 2023), Arroyave (2022) y Menchaca y Mendoza (2011), discriminada por tipología vehicular, y la distancia recorrida (km/año) por los vehículos de emergencias y especializados, según lo reportado por las entidades distritales que otorgaron información. El anexo 2 presenta los resultados de los impactos ambientales por tipo de contaminante y generación de residuos peligros y electrónicos, en cada escenario proyectado.

3.2.1. Impactos ambientales de los escenarios tendencial, moderado y acelerado

Conforme a las proyecciones a 2040 de la demanda de avance tecnológico de los escenarios de estudio, presentadas en la sección precedente. El impacto, entre 2026 y 2040, sobre la calidad del aire en Bogotá D.C. se encuentra en la figura 5.

Figura 5. Impactos ambientales por la contaminación atmosférica en los escenarios de análisis (2026-2040)



Fuente: elaboración propia

Los resultados en la figura 5 para los tres escenarios (tendencial, moderado, acelerado) muestran una disminución progresiva de la carga contaminante emitida, reflejando el impacto ambiental derivado de la transición tecnológica de la flota de emergencia y especializadas de las entidades del distrito.

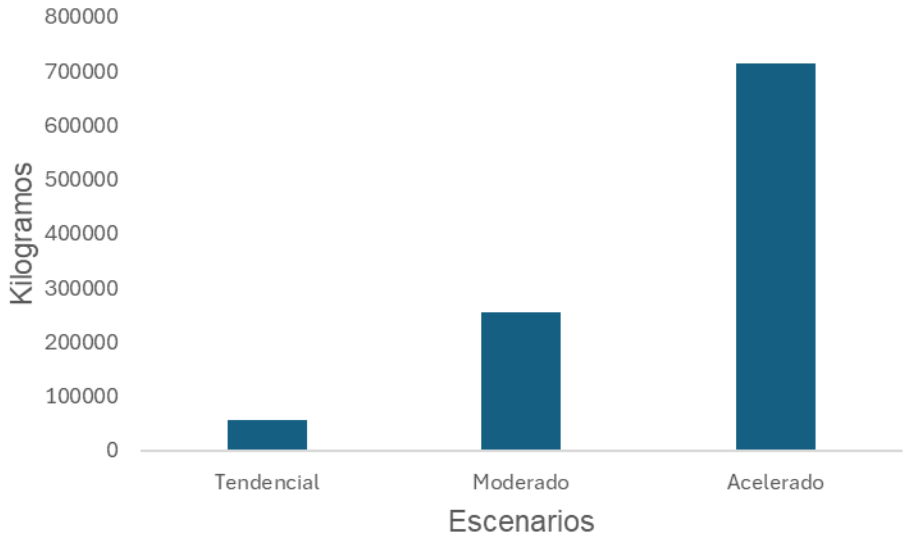
En el escenario tendencial, las emisiones entre 2026 y 2040 serían las más altas para cada contaminante: CO alcanzaría unas 14 mil toneladas, PM2.5 llegaría a las tres (3) toneladas y BC a 14 toneladas. Esto coincide con una dinámica de flota donde la adopción tecnológica es limitada y prevalecen tecnologías fósiles. El escenario moderado presentaría reducciones intermedias: CO bajaría a 13 mil toneladas, PM2.5 y BC subirían a 13 toneladas. Esto indica una mayor penetración de vehículos de bajas o cero emisiones, aunque la renovación aún es parcial.

El escenario acelerado evidenciaría reducciones en todos los contaminantes: CO caería a seis (6) mil toneladas, PM2.5 a cinco (5) toneladas y BC a siete (7) toneladas. Las emisiones de CO2eq también mostrarían una caída, pasando de 639 mil toneladas en el caso tendencial a 305 mil toneladas para el acelerado, lo que representa una reducción aproximada del 52% respecto al escenario tendencial.

Estos resultados confirman la relevancia ambiental del avance tecnológico. A medida que se incrementa la proporción de vehículos de cero emisiones en el parque automotor, la carga contaminante disminuye de forma notable en el escenario acelerado, especialmente para CO2eq. En el escenario tendencial, las emisiones acumuladas de CO2 equivalente son las más elevadas, superando a los escenarios moderado y acelerado.

El escenario moderado lograría avances, pero deja subsistir porcentajes dominantes de la flota con combustión fósil, por lo que sus resultados en reducción de contaminantes están intermedios entre los otros dos escenarios. Este comportamiento respaldaría que la velocidad del recambio tecnológico sería determinante para alcanzar objetivos de sostenibilidad, reducción de impactos ambientales y cumplimiento de metas regulatorias en la gestión de la flota vehicular de emergencias y servicios especializados.

Figura 6. Impactos ambientales por la generación de residuos peligrosos y electrónicos en los escenarios de análisis (2026-2040)



Fuente: elaboración propia

Prosiguiendo con los posibles impactos ambientales entre 2026 y 2040, la figura 6 proporciona los resultados de la potencial generación de residuos peligrosos y electrónicos durante estos periodos. Donde puede observarse que el volumen total de estos residuos aumenta al avanzar hacia escenarios con mayor incorporación de tecnologías limpias. Así, el escenario tendencial presentaría la menor generación de residuos peligrosos y electrónicos, asociada principalmente a las operaciones y disposición final de componentes de vehículos de combustión convencional.

El análisis de la cantidad de residuos peligrosos y electrónicos generados en los tres escenarios (tendencial, moderado y acelerado) evidenciaría un crecimiento considerable conforme se acelera la transición tecnológica y aumenta la incorporación de vehículos con mayores componentes electrónicos y baterías. En el escenario tendencial, la generación de residuos se ubicaría en 58 mil kg, reflejando la dinámica habitual de operación y

mantenimiento de una flota mayoritariamente convencional, donde los residuos corresponden a lubricantes, filtros y algunos componentes electrónicos típicos de vehículos tradicionales.

El escenario moderado alcanzaría en 2040 255 mil kg de residuos peligrosos y electrónicos. Este incremento está vinculado a una mayor presencia de vehículos híbridos y eléctricos, que generarían más baterías y piezas electrónicas al ser reemplazadas, además de los residuos convencionales. En el escenario acelerado, la generación de residuos se multiplicaría respecto al moderado, llegando a 715 mil kg.

Este resultado es coherente con una adopción masiva de tecnologías eléctricas e híbridas, que, si bien reducen emisiones, incrementan de forma importante la generación de residuos peligrosos (baterías, aceites dieléctricos, componentes electrónicos) por la renovación rápida y el mayor recambio de partes especializadas.

Los resultados muestran que la planeación ambiental en escenarios de transición debe incluir estrategias de gestión, almacenamiento y disposición final para residuos peligrosos y electrónicos, así como fortalecer la capacidad institucional para el manejo sostenible de estos materiales en el ciclo de vida del nuevo parque vehicular.

3.3. Análisis financieros de los CAPEX y OPEX

De acuerdo con el estudio de mercado proporcionado en el anexo 2 del tercer entregable, el anexo 2 contiene los resultados de los CAPEX y OPEX (anual, en pesos de 2025) discriminados por entidad distrital, tipología vehicular y clase de energía usada. Así, el objetivo de esta sección es proporcionar un panorama comparativo de la carga financiera de cada escenario, facilitando la identificación de ventajas y desafíos económicos en la transición hacia tecnologías de bajas o cero emisiones, con el fin de apoyar la toma de decisiones estratégicas y asegurar la sostenibilidad financiera de los procesos de renovación y modernización del parque vehicular institucional en Bogotá D.C.

El CAPEX de cada escenario está conformado por el producto entre el precio aproximado del mercado (2025) y la potencial cantidad de unidades a adquirir, de acuerdo con las tipologías requeridas de los vehículos de emergencias y especializados en 2040 (conforme a los resultados de las proyecciones de demanda en cada escenario). Las tipologías

híbridas y cero emisiones incluyen el costo adicional de la compra e instalación del punto de carga (113 millones, aproximadamente).

El OPEX anual lo componen el costo aproximado anual de operación y mantenimiento (2025); incluye los costos de repostaje promedio al año (costo variable que depende de la distancia recorrida en un año y el tamaño de la flota vehicular; se toma el valor aproximado del estudio de mercado del anexo 2 del tercer entregable) y el mantenimiento preventivo por 2 años o 50.000 km (en un año aproximadamente es el 6% del valor comercial del vehículo). También incluye el costo aproximado anual (2025) del SOAT y el seguro todo riesgo (aproximadamente es el 3% del valor comercial del vehículo).

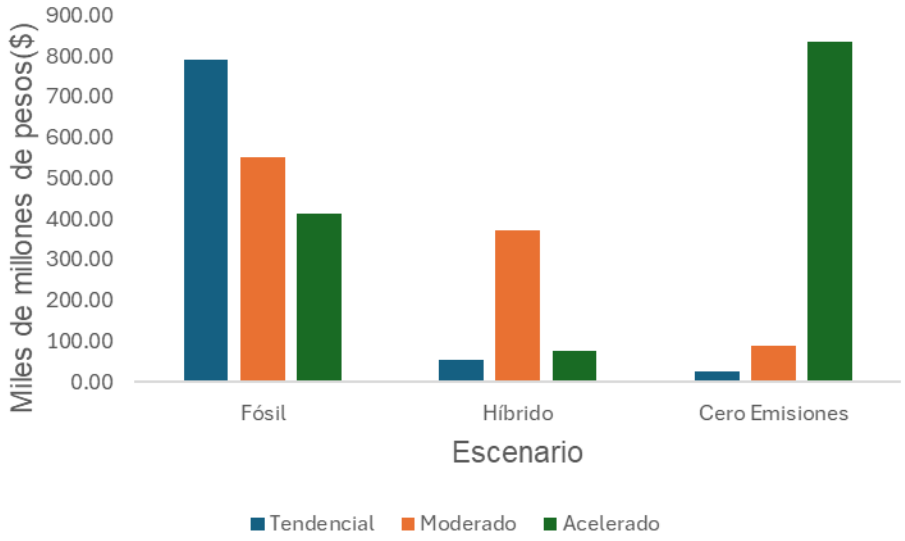
El CAPEX y OPEX se constituyen en insumos principales en el ACB realizado (ver anexo 2), incluso si la modalidad de adquisición u operación es a través de arrendamientos, concesiones o terceros. La razón principal es que estos componentes reflejan la totalidad de los recursos económicos que la sociedad debe invertir para materializar el avance tecnológico y garantizar la prestación del servicio, independientemente del esquema contractual elegido (FDN, 2022).

La exclusión de estos gastos implicaría subestimar los verdaderos costos sociales del proyecto, generando sobrevaloración de sus beneficios netos y distorsiones en la toma de decisiones públicas que dependen de los resultados del análisis costo-beneficio. Diversos manuales internacionales y estudios aplicados muestran que los costos de inversión inicial y los costos operativos y de mantenimiento deben ser cuantificados en todos los escenarios de evaluación, porque impactan en el ciclo completo de vida del vehículo y en la sostenibilidad financiera para el operador, el tercero o la administración pública (Banco Mundial, 2025).

3.3.1. Impactos Análisis financiero del CAPEX para los escenarios tendencial, moderado y acelerado (en pesos de 2025)

A partir de los resultados desagregados para el CAPEX, la figura 7 presenta la inversión en CAPEX (gasto de capital) en miles de millones de pesos colombianos para tres escenarios de transición tecnológica de flota: acelerado, tendencial y moderado, diferenciando entre tecnologías fósiles, híbridas y de cero emisiones.

Figura 7. Resultados agregados del CAPEX para los escenarios de análisis (compra sin arrendamiento operativo)



Fuente: elaboración propia

Los resultados del CAPEX en la figura 7 no incluyen el rubro de aquellas entidades del distrito que operan su flota de emergencias o especializadas mediante terceros (contrato de arrendamiento operativo o concesión); entre estás se destacan UAESP, Trasmilenio, Canal Capital, IDRD y UAERMV. Aunque sí hacen parte del mismo los vehículos propios de Transmilenio, Canal Capital y la UAERMV (se excluyen del CAPEX, los que tienen contrato de alquiler operativo).

En el escenario tendencial, la inversión total ascendería entre 2026 y 2040 a 921,34 miles de millones de pesos, donde predominaría la inversión en tecnología fósil (664,07, equivalente al 72% del total). Híbridos representan 227,17 (25%) y los vehículos de cero emisiones apenas 30,10 (3%). Esto evidenciaría la baja penetración de tecnologías limpias y la mayor presión presupuestal sobre la adquisición y operación de unidades con combustión convencional.

Bajo el escenario moderado, el CAPEX total aumentaría (2026-2040) a 1.115,24 miles de millones de pesos, con una redistribución así: los híbridos demandan la mayor parte de la inversión (754,89, o 68%), seguidos por fósil (278,63, 25%) y cero emisiones (81,72, 7%). Este resultado muestra el efecto de una transición gradual, donde los recursos para nuevas

tecnologías superan a los convencionales y el presupuesto debe adaptarse al cambio de composición de flota.

En el escenario acelerado, el CAPEX total se incrementa a $1.697,30 miles de millones. Aquí los vehículos de cero emisiones sobresalen con una inversión de $1.402,18 (83%), relegando a la de los híbridos ($265,63, 16%) y fósil ($29,49, apenas 2%). Este comportamiento confirma que la implementación masiva de cero emisiones exige una movilización de capital orientado casi en su totalidad a tecnologías limpias.

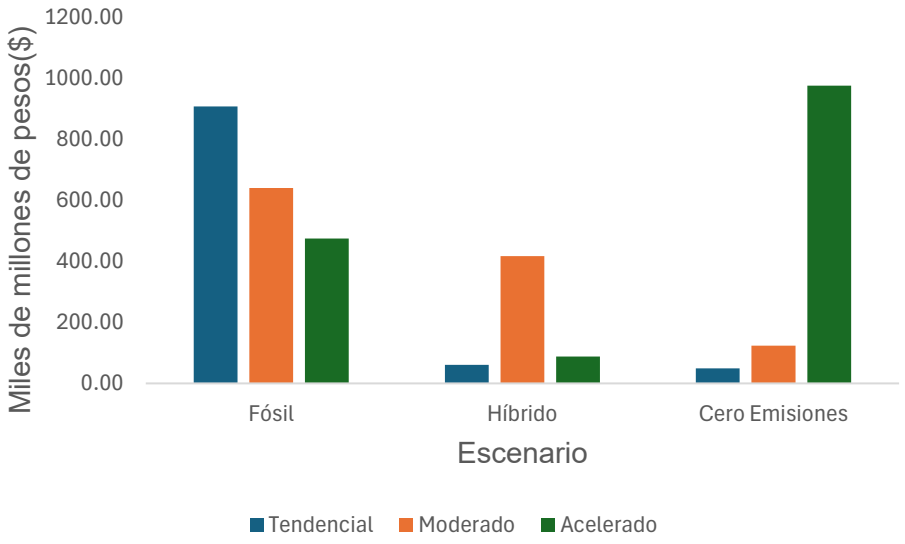
Los resultados del CAPEX presentados en la figura 8 mantienen la misma metodología descrita para la figura 7 respecto a las entidades que utilizan esquemas de arrendamiento operativo para sus vehículos de emergencias o especializados, es decir, estos valores no incorporan el costo de adquisición para esas entidades que no son propietarias directas de sus vehículos. La principal diferencia reside en que la figura 8 incluye los costos asociados a un esquema de financiación convencional mediante crédito para aquellas entidades propietarias de sus flotas.

En el caso colombiano, se aplican condiciones representativas de mercado para créditos de financiación de vehículos, considerando un plazo estándar de seis años y una tasa efectiva anual (TAE) promedio de 19,46%, como se presenta en el anexo 3 y en concordancia con la referencia de tasas y plazos reportada para líneas de crédito de esta índole en el sector financiero nacional.

Este ajuste metodológico permite reflejar el efecto financiero del uso de este mecanismo para la adquisición o renovación de vehículos de emergencias y especializados, según su tipología y energético empleado, al incorporar los sobrecostos del financiamiento respecto a la inversión de recursos propios.

Los resultados del CAPEX en la figura 8 internalizan el compromiso de capital que asumen únicamente las entidades distritales que mantienen propiedad sobre sus vehículos especializados y de emergencia, excluyendo las que optan por modelos de tercerización donde el CAPEX no afecta su presupuesto directo, pero sí están expuestas a los flujos periódicos asociados al OPEX a través de los contratos de arrendamiento de operación, según la estructura administrativa de contratación definida para el sector público colombiano.

Figura 8. Resultados agregados del CAPEX para los escenarios de análisis (financiamiento convencional)



Fuente: elaboración propia

El análisis comparativo de los resultados adjuntos del CAPEX en miles de millones de pesos colombianos evidencia las diferencias entre el esquema de financiación mediante crédito y la alternativa de compra directa o arrendamiento operativo, para las entidades propietarias de vehículos de emergencias y especializados de Bogotá.

En los tres escenarios (tendencial, moderado y acelerado), el CAPEX financiado vía crédito es superior al valor de compra directa, reflejando el efecto acumulado de intereses sobre el periodo de pago. Bajo el escenario tendencial, el CAPEX por crédito asciende a $1.082,21 miles de millones de pesos, mientras que la alternativa de compra y arrendamiento operativo se sitúa en $921,34. Para el escenario moderado, los valores son $1.298,47 y $1.115,24, respectivamente, y en el escenario acelerado se observan $1.958,72 para crédito contra $1.697,30 para compra directa o arrendamiento operacional.

La estructura porcentual por tipo de tecnología muestra cómo se redistribuyen los recursos a medida que avanza la tecnología de la flota. Bajo crédito, el escenario acelerado dirige el 82% de la inversión a vehículos cero emisiones, mientras que la alternativa de compra directa o arrendamiento operativo concentra el 82,6% de la inversión en este segmento. Los porcentajes destinados a híbridos y fósiles decrecen con el avance tecnológico en

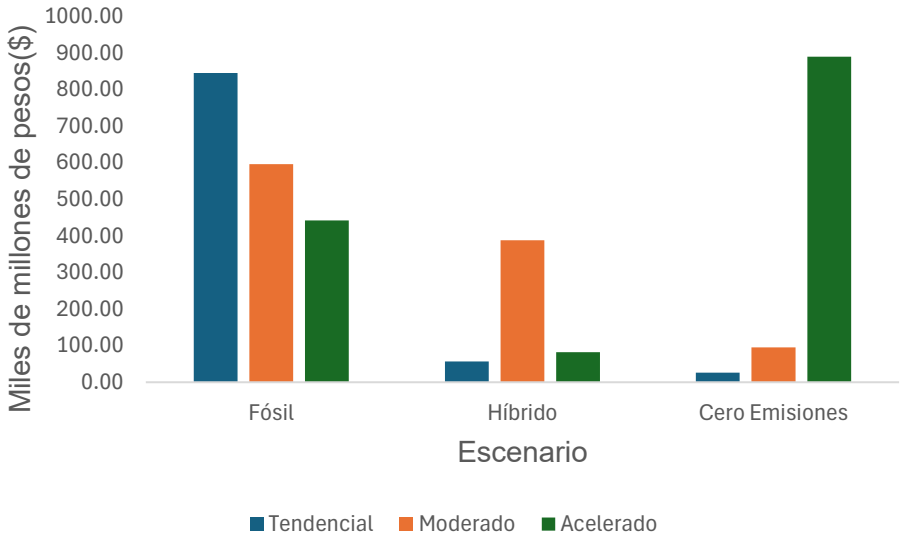
ambas metodologías, aunque el uso de crédito amplifica el peso financiero del segmento de cero emisiones, dada la mayor inversión inicial y el costo financiero asociado.

Estos resultados indican que, para las entidades que adquieren vehículos mediante financiamiento convencional, la proyección presupuestal de inversión debe considerar el incremento por intereses y sobrecostos de financiamiento, especialmente en escenarios acelerados de transición tecnológica. La implicación práctica es que el CAPEX asumido por la entidad será mayor, aunque se fragmenta a través del tiempo (seis años), mientras el resultado en la figura 7 impacta de forma instantánea al momento de la inversión. Lo cual puede requerir ajustes en la planeación financiera, en tanto que el arrendamiento operativo y la compra directa ofrecen una menor presión sobre el flujo de inversión capturado en el análisis.

Los resultados del CAPEX presentados en la figura 9 siguen la misma metodología utilizada en las figuras 7 y 8 en cuanto a la exclusión del costo de adquisición de los vehículos para las entidades que operan bajo esquemas de arrendamiento operativo, es decir, únicamente reflejan los compromisos de inversión asociados a entidades propietarias directas de sus vehículos de emergencias y especializados. La diferencia en el caso de la figura 9 es la incorporación de los costos financieros de un esquema de leasing crédito para la renovación o compra de vehículos.

Para el contexto colombiano, las condiciones de financiación empleadas corresponden a parámetros de mercado vigentes para la adquisición de vehículos vía leasing, con un plazo de seis años y una tasa efectiva anual (TAE) promedio de 11,20%. Estos valores se presentan en el anexo 3, de acuerdo con las tasas ofrecidas por entidades bancarias y financieras nacionales para productos de crédito vehicular durante 2025, conforme a las condiciones de leasing en el sector automotor.

Figura 9. Resultados agregados del CAPEX para los escenarios de análisis (financiamiento a través de leasing)



Fuente: elaboración propia

En la alternativa de leasing, los compromisos de inversión son superiores a la compra directa en todos los casos y marginalmente menores que el crédito convencional. Para el escenario tendencial, el CAPEX bajo leasing es de $986,78 (miles de millones de pesos), en tanto que con compra directa o arrendamiento operativo es de $921,34 (miles de millones de pesos) y con crédito asciende a $1.082,21 (miles de millones de pesos).

Esta diferencia se mantendría en los escenarios moderado y acelerado, lo que evidencia que el incremento total del CAPEX bajo esquemas de leasing y crédito responde al costo financiero asociado al servicio de la deuda, conforme a tasas y plazos vigentes en el mercado colombiano (tasas efectivas de aproximadamente 11,2% para leasing y entorno al 19,5% para 2025).

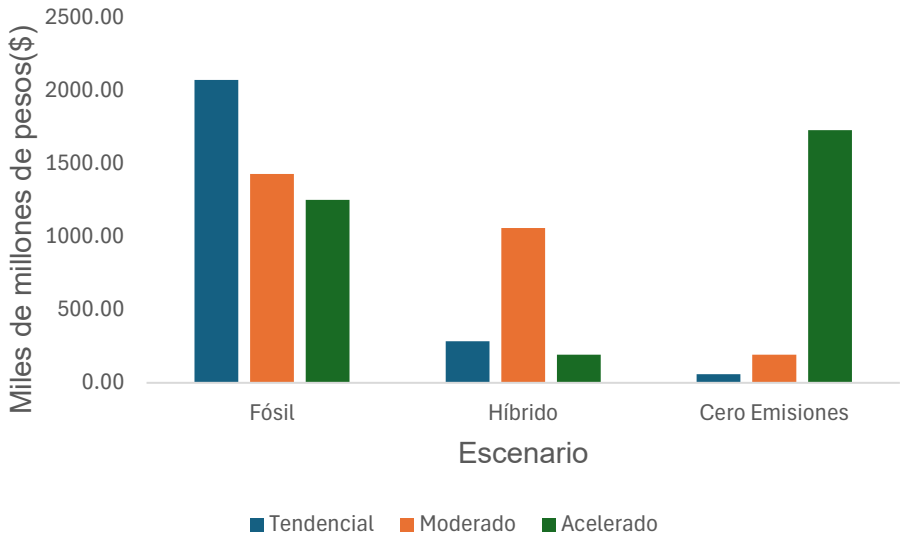
En términos de distribución por tecnología, los tres esquemas muestran en el escenario acelerado una concentración del CAPEX en vehículos de cero emisiones (82% en leasing, 82,6% en compra directa y 82,3% en crédito), lo que evidencia que la presión financiera de la transición tecnológica se traslada proporcionalmente a la modalidad de financiación elegida y al valor de adquisición de estas tecnologías.

Para los escenarios tendencial y moderado, el CAPEX fósil e híbridos disminuye en porcentaje, pero su peso relativo se amplía en los esquemas con mayores costos financieros.

Comparando las modalidades, la compra directa o arrendamiento operativo presenta el menor CAPEX total, reflejando el ahorro directo en el pago de intereses o cuotas asociadas a la financiación. El leasing implica un sobrecosto financiero moderado, incorporando cánones y servicios adicionales, pero puede ser más eficiente en términos fiscales y de liquidez institucional. La financiación vía crédito convencional es la menos eficiente desde el CAPEX total, dado que el pago de intereses es mayor a plazos equivalentes, pero brinda mayor autonomía y control sobre los activos al finalizar el periodo.

Las implicaciones favorables del leasing y el crédito están relacionadas con el escalonamiento de los pagos, la reducción de cargas iniciales y una posible optimización fiscal o contable, aunque ello resulta en mayores costos acumulados al final del periodo. Como implicación desfavorable, la gestión presupuestal debe prever una mayor erogación a largo plazo frente a la compra directa.

Figura 10. Resultados agregados del CAPEX para los escenarios de análisis (sin ningún financiamiento, concesión o arrendamiento operativo)



Fuente: elaboración propia

La figura 10 presenta el valor consolidado del CAPEX total requerido para el proyecto de ascenso tecnológico de la flota de vehículos de emergencia y especializados en Bogotá D.C. en el periodo 2026-2040. El CAPEX representa la inversión total en activos físicos necesarios para la adquisición y entrada en operación de estos vehículos, independientemente de la modalidad de adquisición implementada por las entidades distritales, incluyendo compra directa, contratos, concesiones o esquemas de financiamiento con terceros. Este valor constituye el desembolso efectivo asociado a la creación y renovación de activos de larga duración que soportan la prestación de los servicios misionales de cada entidad.

Técnicamente, desde la perspectiva de una evaluación costo beneficio social (ACB), el CAPEX más adecuado debe reflejar el costo de oportunidad de los recursos utilizados para generar el beneficio esperado, independientemente de la fuente de financiamiento o la titularidad del activo. Por tanto, la metodología estándar exige emplear el CAPEX real, es decir, el valor económico de los activos requeridos para cumplir el objetivo del proyecto, no solamente la suma de los flujos de erogaciones administrativas bajo arrendamiento.

Por ello, para efectos de una ACB que mida correctamente el impacto social y ambiental de la intervención, es recomendable utilizar como base el CAPEX consolidado, correspondiente al valor total de reposición de los vehículos de emergencia y especializados necesarios para prestar las competencias misionales, independientemente de si la adquisición es mediante compra, crédito, leasing o cualquier otro contrato público-privado. Esta aproximación garantiza comparabilidad y consistencia en la valoración económica y social del proyecto (Banco Mundial, 2025; FDN, 2022).

Según la figura 10, en el escenario tendencial, el CAPEX total asciende a $2.415,34 miles de millones de pesos (2025), de los cuales el 86% corresponde a tecnologías fósiles, el 12% a híbridas y solo el 2% a tecnologías de cero emisiones. Este escenario refleja una flota que mantiene la distribución tecnológica actual con cambios mínimos, predominando los vehículos convencionales de combustión interna.

En el escenario moderado, el CAPEX total incrementa a $2.679,87 (miles de millones) unidades, acompañado de un cambio en la estructura tecnológica: los vehículos fósiles representan el 53%, los híbridos el 39% y los de cero emisiones el 7%. Esto evidencia una transición progresiva hacia alternativas más limpias, aunque los combustibles fósiles seguirían siendo mayoritarios.

En el escenario acelerado, el CAPEX se eleva a $3.172,13 (miles de millones), con una redistribución destacada: el 39% del gasto se dirige a vehículos fósiles, el 6% a híbridos y el 55% a tecnologías de cero emisiones. Este escenario implica una aceleración en la adopción de flotas de cero emisiones o de muy bajas emisiones, con un esfuerzo financiero sustancial orientado a la modernización tecnológica conforme a metas ambientales ambiciosas.

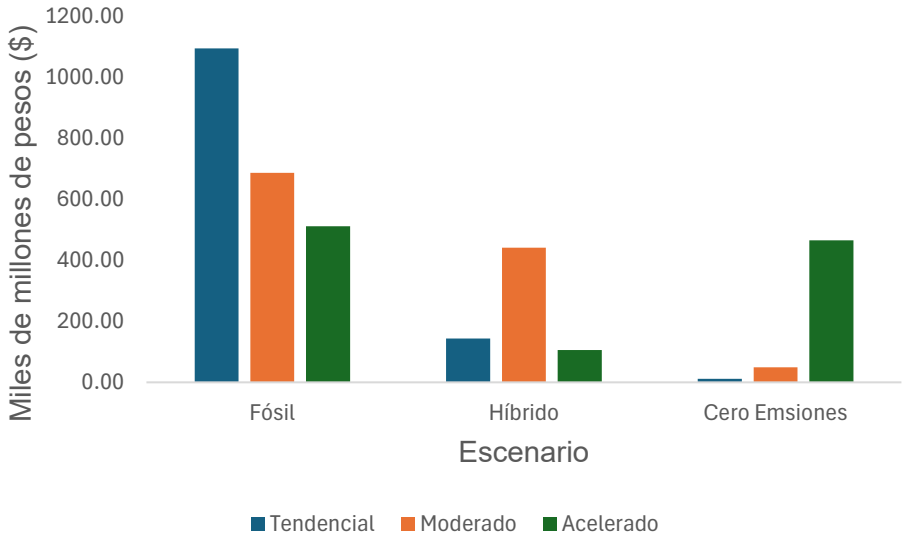
Por otra parte y en síntesis, la decisión sobre el esquema de adquisición debe considerar el costo financiero total, el ciclo de vida útil de los vehículos, la flexibilidad presupuestal requerida y la conveniencia estratégica para la institución, haciendo uso de tasas y plazos representativos del mercado colombiano. En términos de política pública y planeación financiera, estos resultados obligarían a una adopción de modelos de financiamiento, fuentes presupuestales y esquemas de adquisición para responder a los valores del CAPEX en el escenario de transición acelerada.

El cambio estructural exige gestionar adecuadamente los recursos para no comprometer la sostenibilidad financiera de las entidades distritales y asegurar la continuidad del servicio durante el proceso de modernización. El CAPEX aumenta proporcionalmente con el grado de avance tecnológico, dado que los escenarios de transición acelerada exigen inversiones iniciales más elevadas para permitir la sustitución masiva y la adecuación operativa. Sin embargo, estos montos pueden generar rendimientos a largo plazo mediante reducción de costos operativos y acceso a beneficios fiscales que compensen la inversión en el horizonte de planeación.

3.3.2. Impactos Análisis financiero del OPEX para los escenarios tendencial, moderado y acelerado (en pesos de 2025)

A partir de los resultados desagregados para el OPEX (anual) en el anexo 2, en la figura 11 se consolidan los costos operativos (OPEX) en miles de millones de pesos colombianos para tres escenarios tecnológicos: tendencial, acelerado y moderado, separados por tecnología (fósil, híbrido y cero emisiones).

Figura 11. Resultados agregados del OPEX (anual) para los escenarios de análisis (compra directa o arrendamiento operativo)



Fuente: elaboración propia

Los resultados del OPEX presentados en las figuras 11 y 12 se excluyen los rubros correspondientes a las entidades distritales que gestionan su flota de emergencias o vehículos especializados mediante esquemas de concesión, como UAESP y Transmilenio, porque estas modalidades transfieren el costo operativo fuera del presupuesto institucional. En las entidades que operan bajo contratos de arrendamiento operativo, específicamente Canal Capital, IDRD y UAERMV, se determinó un sobrecosto promedio del 30% en el OPEX, resultado de la estructura de los contratos revisados (ver detalle en el estudio de mercado del tercer entregable, anexo 2, y en el anexo 2 del presente documento).

Este porcentaje corresponde a las condiciones que prevalecen en el mercado de prestación de servicios de flota pública, generado por cánones adicionales y cláusulas contractuales que regulan el mantenimiento, la gestión de seguros y la administración operativa. Además, este sobrecosto se observa en escenarios donde el CAPEX, reportado en la sección precedente, no incorpora el valor de adquisición de los vehículos de emergencia o especializados para estas entidades distritales, debido a que la propiedad y la inversión inicial permanecen fuera del alcance de estas, que únicamente financian su operación a través de contratos de arrendamiento operativo y no de compra directa o concesión.

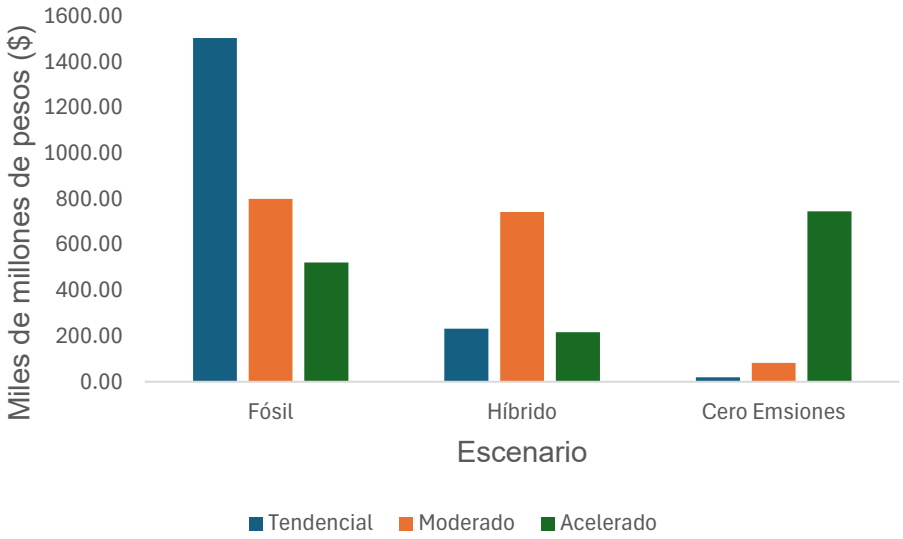
El análisis financiero de los resultados en la figura 11 del OPEX, expresados en miles de millones de pesos constantes de 2025, permite comparar los costos operativos anuales por tecnología vehicular en los escenarios tendencial, moderado y acelerado para las entidades distritales de Bogotá propietarias o usuarias en arrendamiento operativo de vehículos de emergencias y especializados.

En el escenario tendencial, los costos operativos entre 2026 y 2040 (en miles de millones de pesos colombianos de 2025 -$-) se concentran en vehículos de combustión fósil ($664), con una participación sobre el total del 72%. Los híbridos ($227) representan el 25% y los vehículos de cero emisiones ($30) únicamente el 3%. En el escenario moderado, el OPEX para fósil desciende a $354 (33%), mientras los híbridos suben a $702 (65%) y cero emisiones se ubican en $30 (2%). Bajo el escenario acelerado, los vehículos fósil e híbridos tienen menos participación ($39 en fósil, $243 en híbridos), representando 4% y 26% respectivamente, mientras que los vehículos de cero emisiones incrementan el OPEX reportado ($642; 70%).

La comparación señala que los vehículos de cero emisiones, a pesar de representar una proporción creciente de la flota en escenarios acelerados, mantienen costos operativos unitarios menores que los vehículos fósil e híbridos. Este ahorro se explica por la eliminación de varios componentes de mantenimiento y por la eficiencia superior de los sistemas eléctricos.

Como implicaciones favorables, el cambio tecnológico hacia flotas de cero emisiones permite a las entidades distritales liberar recursos operativos año a año (2026-2040), lo que puede ser reorientado a otros servicios estratégicos, fortalecer la capacidad de mantenimiento o mejorar la calidad de la gestión. No obstante, existen retos, el aumento del OPEX para cero emisiones en el escenario acelerado está explicado por el incremento en la magnitud de vehículos y por necesidades de mantenimiento especializado, infraestructuras de recarga y gestión de baterías.

Figura 12. Resultados agregados del OPEX (anual) para los escenarios de análisis con financiamiento convencional o leasing



Fuente: elaboración propia

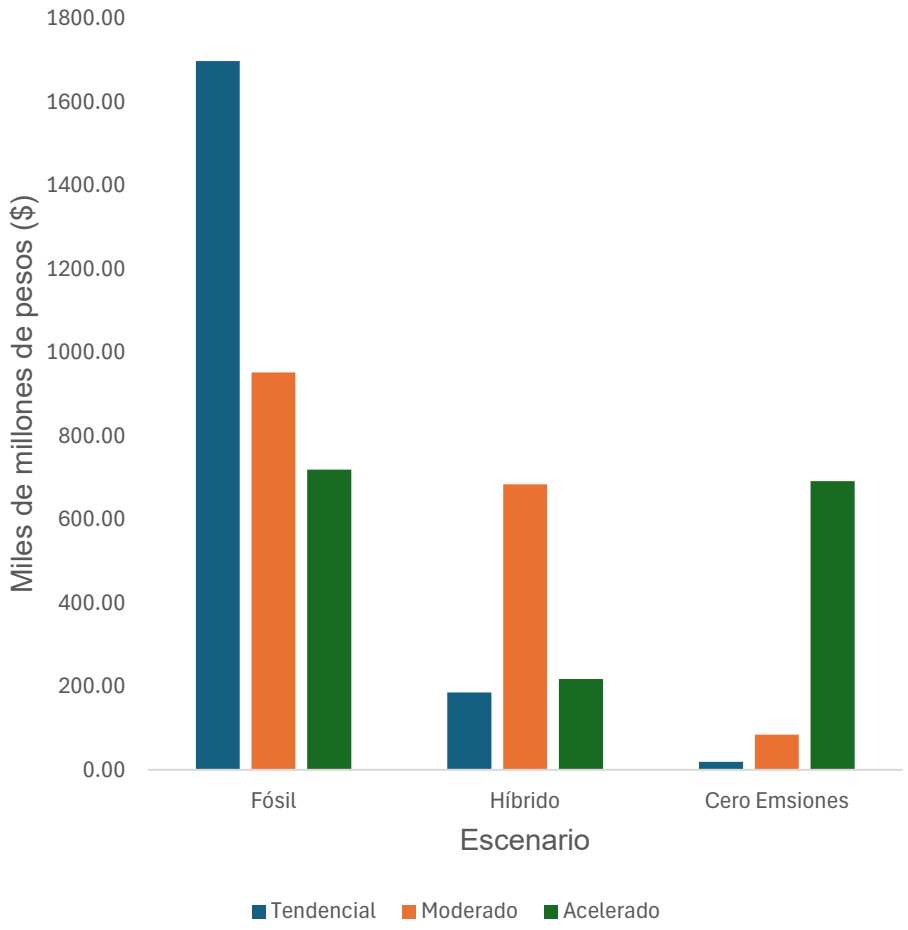
La figura 12 proporciona los resultados del OPEX (miles de millones de pesos de 2025), bajo esquemas de leasing o financiamiento convencional para la adquisición y operación de vehículos de emergencia y especializados en Bogotá D.C., considerando las tres trayectorias tecnológicas (tendencial, moderada y acelerada). En el escenario tendencial, el OPEX total asciende a $1.759,71, con los vehículos fósiles representando la mayor parte ($1.506,57), seguidos de los híbridos ($233,36) y una participación marginal de cero emisiones ($19,78).

En el escenario moderado, el OPEX total disminuye levemente a $1.629,90, pero se observa una redistribución: el gasto en fósiles baja a $801,49, mientras que el de híbridos se incrementa a $744,53 y el de cero emisiones a $83,88. En el escenario acelerado, el OPEX total se reduce aún más hasta $1.487,00, con una mayor variabilidad interna: el OPEX en fósiles cae a $522,88, el de híbridos a $217,14, pero el de cero emisiones aumenta a $746,98.

La comparación con la compra directa muestra que los esquemas de leasing o financiamiento convencional tienden a prolongar la duración del pago de OPEX, porque los contratos suelen extenderse a lo largo de varios años, permitiendo distribuir el gasto operativo pero comprometiendo recursos institucionales durante períodos mayores, lo que exige una planeación financiera sostenida. Las implicaciones financieras para la planeación

presupuestal y la evaluación de la sostenibilidad operativa de cada alternativa de modernización se evidencia en los resultados del anexo 2.

Figura 13. Resultados agregados del OPEX (anual) para los escenarios de análisis (sin ningún financiamiento, concesión o arrendamiento operativo)



Fuente: elaboración propia

En los resultados del OPEX presentados en la figura 13, no se excluyen los rubros correspondientes a las entidades distritales que gestionan su flota de emergencias o vehículos especializados mediante esquemas de concesión, como UAESP y Transmilenio. Tampoco se tienen en cuenta los sobrecostos (30%, aproximadamente) con los que operan los contratos de arrendamiento operativo, específicamente Canal Capital, IDRD y UAERMV. Esto significa el OPEX que debería asumirse independiente de la modalidad de operación de la flota.

En el escenario tendencial, el OPEX total asciende a $1.904,38, de los cuales el 89,2% corresponde a tecnologías fósiles, el 9,8% a híbridos y solo el 1% a tecnologías de cero emisiones. Este escenario refleja una estructura de costos operativos dominada por tecnologías convencionales, compatibles con la composición actual de la flota distrital. En el escenario moderado, el OPEX total disminuye a $1.721,02, en un contexto donde los vehículos fósiles representan el 55,3%, los híbridos el 39,8% y los de cero emisiones suben al 4,9%.

El escenario acelerado proyecta un OPEX aún menor, con un valor total de $1.629,55. En este caso, la composición tecnológica muestra una participación de 44,2% para fósiles, 13,4% para híbridos y 42,5% para cero emisiones. Para la evaluación social y económica mediante análisis costo-beneficio (ACB), los valores de OPEX presentados en la figura 13 son adecuados, porque no dependen del agente operador o del modelo de financiación, permitiendo comparar alternativas de política pública bajo criterios de eficiencia, sostenibilidad fiscal y reducción de impacto ambiental. La consolidación del OPEX bajo supuestos homogéneos de uso y reemplazo objetivo proporciona una base para determinar ahorros esperados y valorar los retornos sociales de la adopción tecnológica (Banco Mundial, 2025; FDN, 2022).

3.4. Diseño del modelo económico

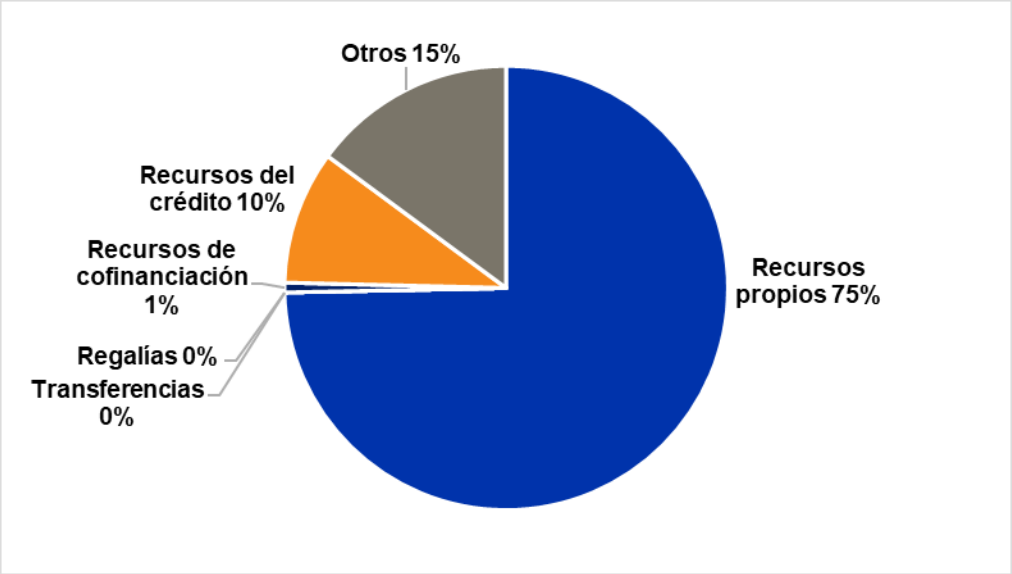
Como resultados de la implementación metodológica contenida en la segunda sección, a continuación se encuentran los escenarios de adquisición de las diversas opciones financieras disponibles para la adquisición de los vehículos, considerando su tipología, que incluye las opciones de adquisición con alternativas de financiamiento tradicionales, leasing y compra o arrendamiento operativo.

Posteriormente, se analizan los resultados del impacto de la afectación del presupuesto a corto y largo plazo de las entidades distritales (ver anexo 2), así como la identificación y evaluación de las implicaciones legales y regulatorias que aseguran en cada escenario el cumplimiento de las normas vigentes. Por último, ACB, reconociendo los costos asociados a la adopción y los beneficios generados por la reducción de externalidades negativas, considerando los costos económicos, los beneficios sociales y ambientales (ver anexo 2).

3.4.1. Escenarios de adquisición de las diversas opciones financieras disponibles para la adquisición de los vehículos

Para entender las opciones financieras disponibles de las entidades del Distrito, se requiere un análisis del estado fiscal de Bogotá D.C. durante el último año. De acuerdo con la figura 14, para la vigencia 2024 las tres principales fuentes de financiamiento para los gastos de inversión y funcionamiento fueron las siguientes:

Figura 14. Principales fuentes de ingresos para Bogotá Distrito Capital vigencia 2024



Fuente: Elaboración propia a partir de Operaciones Efectivas de Caja consolidador de información fiscal y financiera territorial (Departamento Nacional de Planeación, 2025)

Los recursos propios, compuestos por ingresos tributarios y no tributarios, constituyeron el 75% de los ingresos totales del Distrito. Le siguieron en proporción los rubros agrupados como "otros", que incluyen otros ingresos y otros ingresos de capital, con una participación del 15%. Finalmente, los recursos originados por crédito representaron el 10% de los ingresos totales.

De acuerdo con los resultados del Índice de Desempeño Fiscal (IDF) medido por el Departamento Nacional de Planeación (DNP), Bogotá D.C. registró en 2023 una puntuación de 90,1 puntos. Esta puntuación sitúa a la entidad en la primera posición del ranking para su grupo de ciudades.

El análisis del IDF indica que la entidad cumplió con los límites legales establecidos para los indicadores de deuda y gasto. Adicionalmente, los resultados reflejan una capacidad para la generación de recursos propios, la cual se ha incrementado durante las dos últimas vigencias consecutivas. Este esfuerzo se ve cuantificado en una puntuación de 0,19 dentro del indicador específico de Bonificación por esfuerzo propio.

Esta solvencia fiscal proporciona el marco para las prioridades de financiamiento establecidas en el Plan de Desarrollo 'Bogotá Camina Segura 2024–2027', el cual sitúa la acción climática como una de sus prioridades. En el objetivo 4, 'Ordenar el territorio', se define la ejecución del programa 26: Movilidad Sostenible, cuyo propósito es orientar el sistema de movilidad hacia la sostenibilidad ambiental, el bienestar e integración social, y la interacción ciudadana.

Dentro de este plan, el objetivo 4, "Ordenar el territorio", cuenta con un presupuesto de inversión de $3,9 billones de pesos, según el acta de sesión extraordinaria asamblea No. 18 del 30 de octubre del 2024. De este monto, el 57% está asignado al programa 26: Movilidad Sostenible, lo que refleja la prioridad asignada a orientar el sistema de movilidad hacia la sostenibilidad ambiental, el bienestar e integración social, y la interacción ciudadana.

Este programa incluye acciones para promover una movilidad sostenible y descarbonizada, en alineación con el Plan de Acción Climática de Bogotá D.C. 2020–2050 (Decreto Distrital 555 de 2021), específicamente con la medida de mitigación 4: Movilidad baja en carbono. Esta medida contempla la sustitución de combustibles, la gestión de transporte de carga, la modernización tecnológica y las mejoras logísticas para incrementar la eficiencia energética de la cadena de suministro de la ciudad.

Por su parte, el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 "Colombia Potencia Mundial de la Vida", dispone: Artículo 33. Fondo para la Promoción de Ascenso Tecnológico. Créese el Fondo para la Promoción de Ascenso Tecnológico (FOPAT) como un patrimonio autónomo constituido mediante un contrato de fiducia mercantil celebrado por el Ministerio de Transporte. El régimen de contratación y administración de los recursos se regirá por el derecho privado.

El objeto del Fondo será recibir y administrar los recursos que lo conforman, así como articular, focalizar y financiar la ejecución de planes, programas y proyectos del sector transporte, y tendrá las siguientes fuentes generales de financiación: i) aportes a cualquier título de la Nación de acuerdo con el marco de gasto del sector y el Marco Fiscal de Mediano Plazo; ii) aportes a cualquier título de las entidades territoriales; iii) recursos de cooperación nacional o internacional no reembolsable; iv) donaciones; y v) los demás recursos que obtenga o que se le asignen a cualquier título.

Los recursos de las diferentes fuentes de financiación serán distribuidos entre las subcuentas específicas que se creen para su administración de acuerdo con el reglamento que el Ministerio establezca para el Fondo cuenta.

En este sentido, el Fondo administrará los recursos percibidos a través de dos subcuentas específicas para cada modalidad de transporte, así: 1. Subcuenta “Movilidad bajas y preferiblemente cero emisiones para los Sistemas de Transporte Público de Pasajeros Cofinanciados por la Nación”, cuyos recursos serán destinados a la generación de estructuras y/o esquemas de financiación que permitan la adquisición de vehículos automotores nuevos con estándares de bajas y preferiblemente cero emisiones, así como a la construcción y el desarrollo de la infraestructura para el abastecimiento energético.

Por su parte, la 2. Subcuenta denominada “Modernización de transporte de carga liviana y volquetas de nivel nacional”, cuyos recursos serán destinados a implementar programas de modernización y transición energética del parque automotor de carga con peso bruto vehicular igual o inferior a 10.5 toneladas y volquetas. Esta subcuenta estará financiada, además de las fuentes generales señaladas en el presente artículo, por aquellos recursos provenientes del pago de un porcentaje que defina el Gobierno nacional, sobre el valor comercial del vehículo nuevo de carga con tecnología convencional diésel o gasolina antes de IVA, como requisito para su registro inicial.

Por último, la 3. Subcuenta de “Modernización de transporte de carga pesada”, cuyos recursos serán destinados a implementar programas de modernización y transición energética del parque automotor de carga con peso bruto vehicular superior a 10,5 toneladas.

Esta subcuenta estará financiada, además de las fuentes generales, por las siguientes fuentes: i) los recursos del Fondo Nacional de Modernización del Parque Automotor de Carga, creado mediante la Ley 1955 de 2019 administrados por la Dirección General de Crédito Público y del Tesoro Nacional del Ministerio de Hacienda y Crédito Público y los que hayan sido aportados al Patrimonio Autónomo Fompacarga que estén pendientes de ejecutar: ii) los recursos provenientes del pago efectuado por los interesados en el proceso de normalización del registro inicial de vehículos de carga; cuyo aporte se determinará teniendo en cuenta el costo de la caución que se debió constituir en el momento de la matrícula, indexado a la fecha de la normalización; iii) el pago de un porcentaje que defina el Gobierno nacional sobre el valor comercial del vehículo nuevo de carga antes de IVA, como requisito para su registro inicial: y (iv) los recursos de que trata el artículo 21 de la Ley 2251 de 2022.

De acuerdo con lo anterior, el Fondo para la Promoción de Ascenso Tecnológico (FOPAT) se configura como una alternativa de financiamiento aplicable en el mediano plazo para tipologías vehiculares específicas, entre las cuales se incluyen sistemas de transporte público de pasajeros cofinanciados por la Nación, vehículos de transporte de carga liviana[1] con peso bruto vehicular inferior a 10.5 toneladas, como furgones, grúas y vehículos panel, volquetas, y vehículos de transporte de carga pesada, como compactadores. Esta identificación de tipologías elegibles deriva del marco normativo y de las directrices técnicas establecidas para el Fondo.

Sin embargo, actualmente El FOPAT, si bien representa una oportunidad futura para el ascenso tecnológico, sería una alternativa de financiamiento en el mediano plazo en Colombia, teniendo en cuenta que aún no está totalmente definida la metodología, acceso real ni coordinación entre niveles de gobierno, su impacto seguirá siendo nulo (Portal mobiliy, 2025).

[1] Vehículo de carga liviana: Vehículo de carga con peso bruto vehicular superior a siete mil quinientos (7.500) kilogramos hasta diez mil quinientos (10.500) kilogramos (Ministerio de Transporte, 2024)

3.4.3.1 Opciones financieras disponibles para la adquisición de los vehículos del Distrito

Siguiendo lo expuesto anteriormente, y una vez realizado el análisis de viabilidad fiscal en la entidad y evaluando alternativas de financiamiento, se proponen como mecanismos de financiamiento de manera particular las siguientes:

La primera alternativa corresponde a **los recursos propios**, conformados por ingresos tributarios y no tributarios, dentro de los cuales se encuentran el impuesto predial y el impuesto de industria y comercio (ICA). Esta fuente de financiamiento puede complementarse con mecanismos como la captura de valor del suelo, la actualización de la base catastral, el fortalecimiento del recaudo del impuesto predial y la titularización de ingresos futuros en áreas de influencia de proyectos de infraestructura.

Los recursos derivados de estas estrategias (recursos propios) pueden destinarse por parte del Distrito a las entidades adscritas para apoyar procesos de modernización tecnológica y la gestión del parque automotor institucional, que incluye motocicletas, ambulancias, automóviles, camperos, camionetas y camiones con capacidad de hasta 10.5 toneladas, entre otros.

De manera complementaria, el Código Nacional de Tránsito Terrestre, en su artículo 160, establece en cuanto a *destinación de multas y sanciones lo siguiente:*
De conformidad con las normas presupuestales respectivas, el recaudo por concepto de multas y sanciones por infracciones de tránsito, se destinará a la ejecución de los planes y proyectos del sector movilidad, en aspectos tales como planes de tránsito, transporte y movilidad, educación, dotación de equipos, combustible, seguridad vial, operación e infraestructura vial del servicio de transporte público de pasajeros, transporte no motorizado, y gestión del sistema de recaudo de las multas, salvo en lo que corresponde a la Federación Colombiana de Municipios (Senado de la República de Colombia, 2002).

Otra alternativa son los **recursos de crédito,** los cuales permiten financiar programas e indicadores de producto relacionados con el Plan de Desarrollo del Distrito. Para su utilización, la entidad debe evaluar la capacidad de endeudamiento en función del crecimiento del ahorro y de la capacidad de pago del servicio de la deuda. Este análisis requiere la verificación de los límites establecidos en los indicadores de solvencia de la ley

358 de 1997[2], superávit de la ley 819 de 2003[3] y límites de gastos de funcionamiento de la Ley 617 de 2000[4].

El Decreto único 1068 de 2015 establece que las operaciones de crédito público son internas o externas. Son operaciones de crédito público internas las que, de conformidad con las disposiciones cambiarias, se celebren exclusivamente entre residentes del territorio colombiano para ser pagaderas en moneda legal colombiana. Son operaciones de crédito público externas todas las demás.

En el ámbito del crédito interno, se identifican alternativas como la emisión de bonos, el acceso a la banca de segundo piso o la contratación de créditos con el sector bancario comercial. De acuerdo con lo establecido en el Decreto 1333 de 1989, estas operaciones de crédito interno requieren que las obras o inversiones financiadas sean de utilidad pública y se ajusten a los planes y programas de la entidad solicitante.

Por otro lado, los créditos externos comprenden operaciones con o sin garantía de la Nación, destinadas a financiar proyectos específicos alineados con las prioridades de desarrollo de la entidad. Por tanto, las entidades pueden evaluar líneas de crédito ofrecidas por entidades financieras multilaterales, las cuales proporcionan condiciones preferenciales para la adquisición de vehículos de cero o bajas emisiones.

De manera complementaria, **los recursos del Presupuesto General de la Nación (PGN)** constituyen una alternativa de cofinanciación para las entidades. Estos recursos corresponden a asignaciones a cargo de entidades nacionales. En este marco, las entidades del Distrito deben identificar la oferta de apoyo disponible por parte del Gobierno Nacional para iniciativas de ascenso tecnológico. Este proceso permite determinar la viabilidad de presentar proyectos y solicitar acompañamiento técnico de las entidades nacionales competentes, facilitando así la estructuración de esquemas de cofinanciación.

[2] Solvencia: intereses deuda / ahorro operacional < 40%

[3] Superávit primario: Superávit primario / Intereses >= 100%

[4] Límites de gastos = Gasto de funcionamiento / ICLD no debe superar el límite de la categoría de la ET

El Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026, denominado "Colombia Potencia Mundial de la Vida", establece un marco de acción a través de su línea 4, "Transformación productiva, internacionalización y acción climática". Dentro de esta línea, define el indicador C, "Transición energética justa, segura, confiable y eficiente", define lo siguiente en el numeral 3:

3. Ascenso tecnológico del sector transporte y promoción de la movilidad activa. Con el fin de promover la eficiencia energética y la descarbonización del sector transporte, se avanzará de manera progresiva hacia formas de movilidad de cero y bajas emisiones en todos los segmentos, medios y modos. Se fortalecerá la política nacional para apoyar la cofinanciación de sistemas de transporte público y se revisará y articulará la regulación actual en materia de ascenso tecnológico del sector transporte, con énfasis en metas, incentivos, exenciones y restricciones, entre otras acciones.

Los recursos del Sistema General de Regalías (SGR), establecido en la Ley 2056 de 2020, constituyen una fuente de financiamiento para las entidades beneficiarias. El Distrito tiene acceso a estos recursos, los cuales pueden ser destinados a proyectos de inversión en ciencia, tecnología e innovación ambiental.

Considerando la oferta disponible en el mercado de vehículos híbridos y eléctricos en las categorías de automóviles, camperos y camionetas, estos recursos representan una alternativa potencial de financiamiento para la adquisición de dichos vehículos, por su alineación con los criterios ambientales establecidos en la normativa.

La Ley 2056 de 2020 también establece que los recursos de asignaciones directas pueden ser objeto de pignoración o constituir fuente de pago para operaciones de crédito público contratadas por las entidades territoriales. Para ejecutar estas operaciones, las entidades deben seguir lo dispuesto en el Decreto 1821 de 2020 y utilizar los recursos del crédito exclusivamente para financiar proyectos de inversión que se encuentren incluidos en el capítulo del plan de desarrollo territorial, teniendo en cuenta lo siguiente:

(i) cumplir con todas las normas de endeudamiento y disciplina fiscal vigentes.

(ii) realizar operaciones de crédito solo para financiar proyectos de infraestructura en fase 3 y que en ningún caso superen en dos bienalidades su ejecución.

(iii) no celebrar operaciones de crédito público con cargo a los recursos de asignaciones directas, en el último año del periodo de gobierno del respectivo gobernador o alcalde.

(iv) que el pago de las operaciones de crédito público no supere el periodo de gobierno del respectivo gobernador o alcalde, salvo que los proyectos de inversión que están financiando las operaciones de crédito público sean declarados de importancia estratégica por el consejo de gobierno y a través de un concepto favorable del ministerio o entidad del orden nacional que se encuentre relacionada con el proyecto.

(v) que solo se celebren operaciones de crédito público cuando la disponibilidad presupuestal de las asignaciones directas del bienio no sea suficiente para la financiación de un proyecto de inversión en la vigencia en que se aprueba (CONPES 4099, 2022, pág. 15).

3.4.3.2 Recursos por cooperación internacional

Esta forma de financiación se caracteriza por tener una diversidad de asistencia y apoyos que van desde los préstamos reembolsables y la financiación no reembolsable, hasta la asistencia técnica por parte de gobiernos y organismos multilaterales, dependiendo de los intereses de estas entidades en los problemas de política pública que estos quieran afrontar (Guía Territorial DNP, 2022).

Existen iniciativas de apoyo, como lo es Latin America Investment Facility - LAIF (Fondo para Inversiones en América Latina), el cual combina diferentes formas de financiación, tanto de entidades multilaterales como de gobiernos nacionales. Complementario a las opciones de financiamiento expuestas anteriormente, se explican a continuación otras alternativas de financiamiento disponibles para la adquisición de vehículos que podrían ser consideradas por el Distrito y las entidades adscritas.

3.4.3.3 Leasing financiero con el fin de rentar con opción de compra

Este tipo de arrendamiento vincula como arrendatario la entidad, y el banco es quien entrega el bien (vehículo) a través de un canon de arrendamiento por el uso del vehículo con flexibilidad en los plazos, eligiendo desde 12 hasta 72 meses, es decir, que se convierte en propietario. Una vez se cumple el tiempo acordado, se puede devolver el vehículo, con

opción de compra a precio de mercado o con opción de volver a arrendar. El mercado ofrece actualmente las siguientes tipologías de vehículo para arrendar:

- Automóvil
- Campero
- Camioneta, Suv, van 4x4
- Pick Up
- Vans
- Vehículos Eléctricos
- Camión Liviano
- Camión Dobletroque
- Tractomula–Tractocamión
- Tráiler – Semiremolque
- Ambulancia
- Mezclador (Hormigonera)
- Bus - Buseta
- Dumper
- Grúa Hidráulica Autopropulsada
- Carrocerías
- Volco – Tanque – Tolva – Grúa

En cuanto a condiciones financieras: Se fijan la tasa básica de referencia, modalidad, plazo, periodicidad de pago, el tipo de amortización, entre otros. En cuanto a la opción de compra, se define el día del vencimiento del plazo y el porcentaje.

3.4.3.4 Convenios interadministrativos

El convenio interadministrativo fue creado en la Ley 80 de 1993 y el Decreto 1082 de 2015 definió a los convenios o contratos interadministrativos como aquella contratación entre entidades estatales. Por lo anterior, los convenios interadministrativos serían otra fuente de financiamiento en la que se presenta un acuerdo donde concurre la voluntad de dos o más personas jurídicas de derecho público con la finalidad de cumplir, en el marco de sus objetivos misionales y sus competencias, con los fines del Estado.

Por tanto, en este tipo de convenios pueden coincidir los aportes de recursos de dos entidades estatales para la adquisición de vehículos de cualquier tipología que de manera conjunta cofinancian proyectos que busquen el ascenso de la flota tecnológica. Por ejemplo, la Nación y el Distrito avanzan en acuerdos que buscan financiar aval técnico por parte del Ministerio de Transporte para la cofinanciación de la flota eléctrica de TransMilenio (Secretaría de Hacienda Distrito Capital, 2025).

3.4.3.5 Donaciones

De acuerdo con el Código Civil Colombiano, el artículo 1443, “la donación entre vivos es un acto por el cual una persona transfiere, gratuita e irrevocablemente, una parte de sus bienes a otra persona que la acepta.” Esta modalidad representa una alternativa de financiamiento para las entidades del Distrito en casos en los que el ahorro disponible o los recursos propios de las entidades no permiten la adquisición de vehículos. Los bienes recibidos en donación se incorporan a los inventarios y a la contabilidad de la entidad receptora.
Según la información disponible en el SECOP, esta alternativa de financiamiento para la adquisición de vehículos está disponible tanto para entidades públicas como privadas. Por ejemplo, la Secretaría de Salud de Aguachica recibió en donación tres ambulancias por parte de la Gobernación del Cesar a través del contrato CD-SGR-1119-2021 (SECOP II, 2021).

También se registran procesos contractuales de donación de vehículos para la atención de emergencias a favor del Cuerpo Oficial de Bomberos de Bogotá, a través del UAECOB-CD-019-2025 (SECOP II, 2025). Asimismo, se identificaron donaciones de motocicletas para las labores misionales de la policía, como la realizada por la empresa Aris Mining para reforzar la seguridad en Marmato, Caldas (Valora Analitik, 2024).

Por lo tanto, esta alternativa de financiamiento puede ser considerada especialmente por entidades que operan vehículos de emergencia, tales como la Secretaría de Salud (Subredes), Defensa Civil, Secretaría Distrital de Movilidad – MEBOG y Tránsito y Transporte, así como el Cuerpo Oficial de Bomberos de Bogotá. En este tipo de donaciones pueden intervenir entidades públicas y empresas privadas, así como agencias de cooperación internacional, quienes canalizan ayudas en sus programas territoriales a través de donaciones.

3.4.3.6 Obras por impuestos

Esta es una alternativa de financiación que consiste en la celebración de convenios entre entidades privadas y públicas de nivel nacional, donde se fijan compromisos de inversión cuyo presupuesto no puede ser superior al 30% del patrimonio contable del contribuyente. Por dicha inversión, se reciben a cambio títulos negociables para el pago del impuesto sobre la renta, en los términos previstos en la ley (DNP, 2002, pág. 62).

La Alcaldía Mayor de Bogotá reglamentó el mecanismo de Obras por Impuestos en Bogotá a través del Decreto 054 del 6 de febrero de 2025. En el cual se definió que los proyectos deberán ser estructurados según metodología de la Secretaría Distrital de Planeación; contar con estudios y diseños acordes a lineamientos técnicos sectoriales; obtener viabilidad de la entidad distrital competente; ser registrados en el Banco de Proyectos de Inversión; y ser autorizados por el CONFIS Distrital, quien definirá el cupo máximo.

Esta alternativa representaría un mecanismo para establecer vínculos con empresas del sector automotriz que desarrollan actividades comerciales en la ciudad. Su implementación podría ser evaluada para potencialmente beneficiar a las entidades adscritas al Distrito en materia de ascenso tecnológico de la flota vehicular y el desarrollo de infraestructura de carga para vehículos híbridos y eléctricos.

3.4.3.7 Asociaciones Público-Privadas (APP)

Las Asociaciones Público-Privadas son un instrumento de vinculación de capital privado, que se materializan en un contrato entre una entidad estatal y una persona natural o jurídica de derecho privado, para la provisión de bienes públicos y de sus servicios relacionados, que involucra la retención y transferencia de riesgos entre las partes y mecanismos de pago, relacionados con la disponibilidad y el nivel de servicio de la infraestructura y/o servicio (Congreso de la República, (Ley 1508 del 2012), 2012). La APP puede desarrollarse bajo la modalidad de dos iniciativas:

1. Iniciativa pública: donde la idea conceptual del proyecto es estructurada por la entidad pública y puede participar el sector privado. La fuente de pago del proyecto se puede dar por varios medios, como aportes de recursos públicos, de la explotación económica del valor generado por la APP o una combinación de estas. La modalidad de contratación es por medio de licitación pública.
2. Iniciativa privada: donde la idea conceptual y propuesta proviene del sector privado; este mismo tiene la responsabilidad de realizar, por su propia cuenta y riesgo, la estructuración del proyecto sin obligación por parte del sector público a reconocerle los costos asociados. Las fuentes de pago tienen las siguientes limitaciones:

• Puede contar con recursos públicos de hasta el 20% del valor de la inversión. En este caso, la selección del contratista se realizará a través de licitación pública.

• Cuando el pago del servicio que presta la infraestructura en su totalidad es a través de la explotación económica del proyecto, operará los mecanismos de selección abreviada de menor cuantía (DNP, 2022, p. 62).

Esta alternativa puede convertirse en una alternativa para llevar a cabo proyectos de infraestructura o que implican el desarrollo de proyectos de infraestructura en temas de puntos de carga de vehículos eléctricos. Sintetizando las alternativas analizadas, a continuación se presentan en la tabla las diversas opciones financieras disponibles para las entidades del Distrito para la adquisición de los vehículos, considerando su tipología.

Tabla 3. Opciones financieras disponibles para la compra de vehículos en el Distrito por tipología vehicular

Tipología de vehículo	Opciones financieras disponible
Ambulancia	recursos propios, donaciones, recursos del crédito, regalías, leasing financiero.
Automóviles	recursos propios, recursos del crédito, leasing financiero, SGR, obras por impuestos.
Bus	recursos propios, recursos del crédito, leasing financiero.
Buseta	recursos propios, recursos del crédito, leasing financiero.
Camión	recursos propios, recursos del crédito, recursos del PGN
Camiones compactadores	recursos propios, recursos del crédito, recursos del PGN, leasing financiero.
Campero/Camioneta	recursos propios, recursos del crédito, leasing financiero, SGR, obras por impuestos.
Carrotanque	recursos propios, recursos del crédito, recursos del PGN
Furgón	recursos propios, recursos del crédito, recursos del PGN
Grúa tipo planchón	recursos propios, recursos del crédito, recursos del PGN
Microbús	recursos propios, recursos del crédito, leasing financiero.
Motocicleta	recursos propios, recursos del crédito, leasing financiero, obras por impuestos, donaciones y cooperación internacional.
Pick Up	recursos propios, recursos del crédito, leasing financiero.
Van	recursos propios, recursos del crédito, leasing financiero.
Vehículo de Extinción de Incendios	recursos propios, donaciones, recursos del crédito, cooperación internacional.
Vehículo de Primera Intervención Multipropósito	recursos propios, donaciones, recursos del crédito, cooperación internacional.
Vehículo tipo cisterna	recursos propios, donaciones, recursos del crédito.
Vehículos Destinados al Transporte de Carga Liviana	recursos propios, donaciones, recursos del crédito, recursos del PGN.
Volqueta	recursos propios, recursos del crédito, recursos del PGN.

Fuente: elaboración propia

La tabla resume la evidencia de las opciones de financiamiento, que varían según el tipo de vehículo. Por ejemplo, las ambulancias y vehículos de emergencia pueden acceder a donaciones y cooperación internacional, mientras que vehículos de carga pesada dependen

en mayor medida de recursos del Presupuesto General de la Nación (PGN) o leasing financiero.

3.4.2. Análisis de los resultados del impacto de la afectación del presupuesto a corto y largo plazo de las entidades distritales

El impacto presupuestal para entidades públicas en Colombia varía dependiendo de si la adquisición de vehículos se realiza de forma directa o a través de la contratación de un tercero para su operación. Cuando la entidad compra los vehículos, la inversión de capital (CAPEX, que incluye la compra inicial y adecuaciones) y los costos operativos y de mantenimiento (OPEX) afectan el presupuesto institucional, dado que deben ser registrados y ejecutados como gastos propios durante la vida útil del activo.

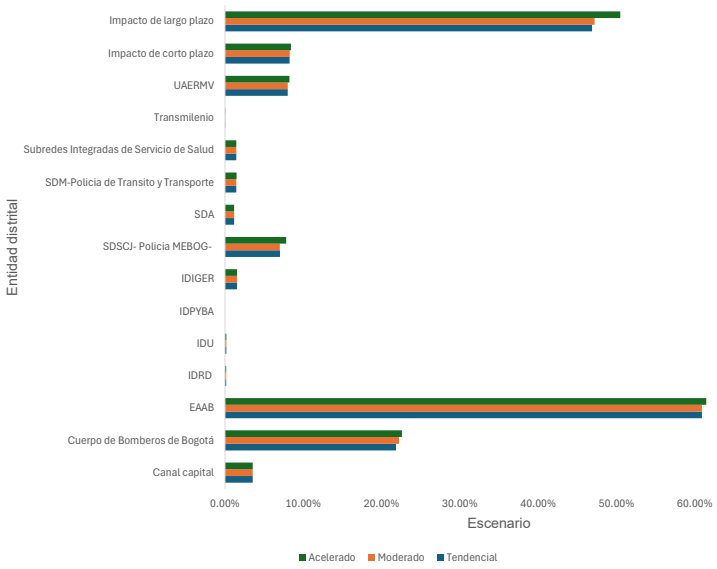
En contraste, al contratar la operación con un tercero (por ejemplo, a través de leasing, arrendamiento operativo o concesión), la entidad distrital transfiere el costo de inversión y rehabilitación al operador privado, y únicamente paga cuotas periódicas asociadas al servicio (OPEX), lo que significa que el presupuesto anual solo refleja el gasto operativo y no el desembolso de capital, aunque este siga existiendo, pero asumido por el contratista. Como ejemplo, el IDRD reportó que la posesión de su flota especializada la realiza a través de contratación con terceros, por lo cual el impacto en su presupuesto solo está afectado por el OPEX y no por el CAPEX (ver anexo 2, impacto presupuestal).

Sin embargo, en el ACB, se reconoce que para entender si el avance tecnológico, como pasar a vehículos de cero emisiones, es realmente beneficioso, es necesario considerar todos los costos que la sociedad enfrenta, sin importar el tipo de posesión del vehículo por parte de la entidad distrital.

Los manuales de evaluación económica y documentos de política pública indican que deben incluirse tanto CAPEX como OPEX. Ambos son recursos que la sociedad debe destinar al proyecto para obtener los beneficios ambientales y sociales asociados a la modernización de la flota de emergencia y especializada de las entidades distritales (FDN, 2022). Según los resultados del anexo 2, la figura 15 ilustra el impacto combinado de CAPEX y OPEX sobre el presupuesto 2025 de 17 entidades distritales analizadas, considerando en una sola partida a las cuatro subredes integradas de servicios de salud.

En el caso del IDRD, que terceriza la provisión de vehículos especializados mediante contratos con operadores externos, solo el OPEX estimado impacta su rubro presupuestal, porque los costos de inversión (CAPEX) recaen sobre el contratista y no sobre la entidad. Esta misma lógica aplica para las unidades de Canal Capital y UAERMV en lo referente a los vehículos gestionados por terceros.

Figura 15. Impacto presupuestal de los CAPEX y OPEX para los escenarios de estudio (compra y/arrendamiento operativo)



Fuente: elaboración propia

Sin embargo, ambas entidades mantienen también vehículos especializados de su propiedad institucional, en cuyo caso los valores de CAPEX y OPEX proyectados sí tienen impacto directo en el presupuesto de la respectiva entidad, que fueron considerados. Por otra parte, UASEP y SDM (GYP Bogotá S.A.S) no se consideran en este análisis, dado que toda su flota está concesionada y estos costos no afectan su presupuesto propio. Adicionalmente, no se incorporan partidas correspondientes a la Defensa Civil ni la Cruz Roja, al no ser entidades del distrito ni representar asignaciones presupuestales distritales.

Esta distinción refleja la modalidad de propiedad empleada: la tercerización traslada los costos de capital al proveedor externo y mantiene solo los gastos operativos en el presupuesto de la entidad, mientras que la propiedad directa implica la asunción de ambos tipos de gasto.

De acuerdo con los resultados en la figura 15, utilizando el CAPEX y OPEX de las figuras 7 y 11, el análisis financiero de los resultados porcentuales adjuntos evidencia que el impacto del CAPEX y OPEX de la flota de vehículos de emergencia y especializados sobre el presupuesto de las entidades distritales de Bogotá D.C. es determinante en la EAAB. Concentraría en 2026 la mayor proporción del impacto presupuestal, superando el 60% en todos los escenarios, atribuible a la magnitud y requerimientos de su flota.

Le siguen el Cuerpo de Bomberos y la Secretaría Distrital de Seguridad, Convivencia y Justicia, quienes sostienen impactos entre el 7% y el 22%, reflejando el peso de las flotas de atención de emergencias y patrullaje. El resto de entidades, incluyendo el sector salud, movilidad, ambiente, cultura y recreación, participan de manera minoritaria, con impactos individuales generalmente inferiores al 2%.

En cuanto al efecto global, el impacto presupuestal de corto plazo sobre el total institucional oscila entre 8,26% (escenario tendencial) y 8,44% (escenario acelerado), mientras que el impacto de largo plazo varía entre 46,88% y 50,48%. Estos valores sugieren una presión determinante sobre la planeación financiera de las entidades, particularmente ante políticas de renovación acelerada o masiva bajo esquemas de adquisición directa o arrendamiento operativo.

Prosiguiendo con los resultados en la figura 16, utilizando el CAPEX y OPEX de las figuras 8 y 12, muestran que, bajo crédito tradicional, el impacto presupuestal a corto plazo se sitúa entre 2,89% y 2,91% del presupuesto institucional, mientras que a largo plazo el rango oscila entre 43,91% y 45,71%, considerando los diferentes escenarios de transición tecnológica (tendencial, moderado y acelerado).

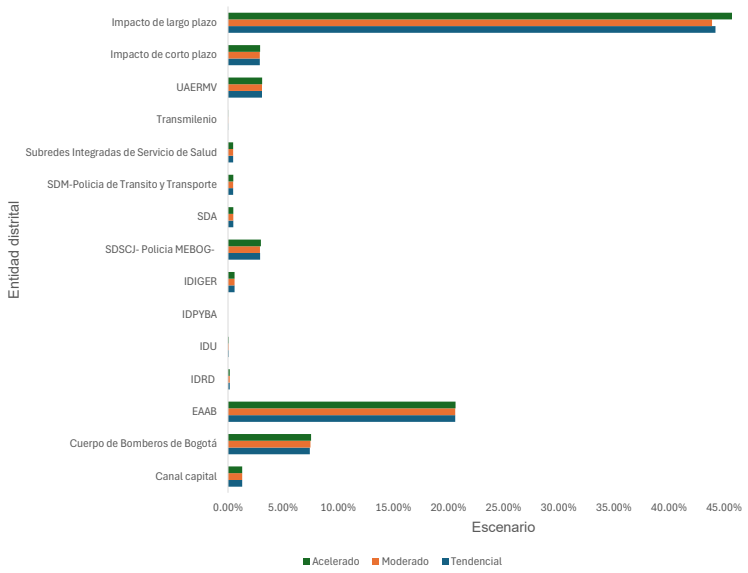
La EAAB es la entidad con mayor participación relativa en el impacto de CAPEX y OPEX, superando el 20% en todos los escenarios. El Cuerpo de Bomberos representa la segunda entidad con mayor peso, manteniéndose alrededor del 7,5%. El resto de entidades, incluyendo salud, movilidad, ambiente, recreación, seguridad y transporte, muestran impactos presupuestales individuales inferiores al 3%.

Comparando con el esquema anterior de compra directa o arrendamiento operativo, el crédito incrementa el impacto presupuestal debido al pago de intereses. Este perfil de distribución indica la presión financiera en dos entidades, mientras que las demás presentan una participación transversalmente baja en la estructura presupuestal total.

Comparado con los modelos de adquisición directa y arriendo operativo, la modalidad de crédito tradicional permite una distribución temporal de las erogaciones de capital, desplazando parte del gasto de inversión hacia el mediano y largo plazo a través del servicio de deuda, lo que puede favorecer la planificación multianual. Sin embargo, la obligación de pago de intereses genera una presión acumulada sobre los presupuestos institucionales anuales.

Este comportamiento presupuestal implica que, aunque el crédito tradicional modera la presión financiera inmediata sobre los presupuestos anuales de las entidades, mantiene los compromisos de pago futuros y puede absorber una parte importante de los recursos disponibles en el horizonte multianual. La decisión sobre el mecanismo de adquisición debe balancear flexibilidad presupuestal, sostenibilidad fiscal, capacidad institucional y estrategias de recambio tecnológico para cumplir oportunamente las competencias asignadas a cada entidad distrital en Bogotá.

Figura 16. Impacto presupuestal de los CAPEX y OPEX para los escenarios de estudio (financiamiento convencional)



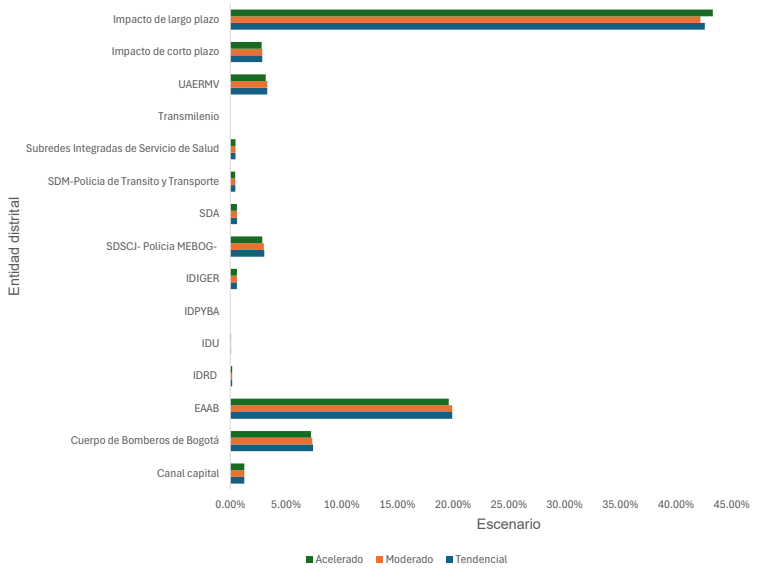
Fuente: elaboración propia

Las ventajas del financiamiento a crédito incluyen la posibilidad de escalonar el gasto y optimizar la liquidez, además de permitir la actualización tecnológica sin desembolsos iniciales elevados. Entre las posibles implicaciones desfavorables, el gasto total acumulado resulta mayor por concepto de intereses, y la gestión financiera requiere controles de largo

plazo sobre el servicio de la deuda y su posible repercusión en otros programas institucionales.

Prosiguiendo, con los resultados en la figura 17, utilizando el CAPEX y OPEX de las figuras 9 y 12, entre las tres modalidades de adquisición y operación, el leasing se sitúa en una posición intermedia. En los escenarios tendencial, moderado y acelerado, el impacto de corto plazo oscila entre 2,86% y 2,80%, mientras que el de largo plazo se sitúa entre 42,19% y 43,32%. Este comportamiento refleja una estabilización del gasto a lo largo del tiempo y menor presión sobre el presupuesto institucional, especialmente en los primeros años de implementación de la estrategia de renovación de flota.

Figura 17. Impacto presupuestal de los CAPEX y OPEX para los escenarios de estudio (financiamiento a través de leasing)



Fuente: elaboración propia

Comparado con la adquisición vía crédito tradicional, el leasing permite disminuir el impacto presupuestal de corto plazo, dado que los pagos periódicos por arrendamiento operativo tienden a mantenerse constantes y no requieren grandes inversiones de capital inicial. También se observa una menor variabilidad en los porcentajes de impacto en el corto y largo plazo, lo cual promueve mayor previsibilidad y control presupuestal.

Sin embargo, el leasing implica que la entidad no adquiere la propiedad de los activos, y la obligación de pago se extiende durante el periodo pactado, lo que requiere asegurar capacidad de pago estable y compromisos financieros de largo plazo. El efecto acumulado

de CAPEX y OPEX bajo el esquema de leasing resulta ser comparable en el largo plazo con otras modalidades, aunque ofrece ventajas en términos de gestión y administración operativa, particularmente en contextos de restricción presupuestal y necesidades de actualización tecnológica recurrente.

La tendencia al incremento del impacto de largo plazo en el escenario acelerado (43,32%) respecto al tendencial (42,60%) evidencia que una transición tecnológica intensiva demanda mayor financiamiento sostenido a medida que se renuevan mayores proporciones de la flota institucional. Las implicaciones favorables del leasing incluyen la liberación de presión sobre el gasto de inversión inicial, la flexibilidad presupuestal y la optimización fiscal al no registrar el activo en el balance patrimonial, permitiendo una mejor gestión financiera a corto plazo sin descapitalizar la entidad. Entre las implicaciones desfavorables, el leasing puede generar mayor gasto total frente a la compra directa y exige control contractual y operativo para evitar sobrecostos en mantenimiento, seguros y administración.

En conclusión, el leasing representa una alternativa eficiente para reducir el impacto presupuestal inicial, facilitando la renovación paulatina de los vehículos de emergencia y especializados en Bogotá, mientras que en el horizonte multianual, su impacto se equipara con los esquemas tradicionales, condicionado siempre a la planeación y sostenibilidad fiscal de las entidades distritales.

En síntesis, los tres esquemas de adquisición y operación de flota —leasing, crédito y compra directa/arrendamiento operativo— muestran un impacto presupuestal diferenciado para cada entidad distrital en Bogotá, en el corto y largo plazo, independientemente del avance tecnológico. Esto evidencia la viabilidad financiera de la modernización de la flota distrital de emergencias y especializados utilizando cualquiera de los mecanismos analizados, siempre que se realice una adecuada planeación financiera conforme a la estructura particular de cada entidad y a las condiciones del mercado financiero nacional.

3.4.3. Evaluación de las implicaciones legales y regulatorias que aseguran en cada escenario el cumplimiento de las normas vigentes distritales

En el marco del presente acápite se presenta el análisis de las implicaciones legales y regulatorias aplicables a la proyección del ascenso tecnológico de la flota de vehículos especializados y de emergencia del Distrito Capital hacia el año 2040, conforme a lo exigido por el Anexo Técnico.

Dicho análisis se estructura de manera individual por cada uno de los escenarios planteados por el equipo consultor (tendencial, moderado y acelerado), con el fin de determinar cómo, en cada uno de los modelos, las decisiones de adquisición y/o contratación deben ajustarse a la normatividad vigente, específicamente en cuanto a contratación pública, financiamiento de proyectos de inversión y transición a tecnologías de cero y bajas emisiones.

En tal contexto, el objetivo central de este componente es ofrecer a las entidades distritales una ruta clara de cumplimiento normativo, que les permita planificar, justificar y ejecutar sus procesos de adquisición con plena seguridad jurídica, minimizando riesgos de incumplimiento y alineando sus decisiones con los compromisos nacionales y locales en sostenibilidad y modernización del parque automotor.

Así las cosas, el análisis elaborado frente al particular, considera dentro de su marco regulatorio: (i) las normas generales de contratación pública, por ser estas las que fijan los principios y procedimientos para la selección de contratistas y la administración de recursos públicos, (ii) las disposiciones técnicas y sectoriales, que regulan la homologación, operación y estándares de seguridad de los vehículos especializados y de emergencia y, (iii) las políticas públicas ambientales y de movilidad sostenible, tanto nacionales como distritales, en virtud de las cuales se proyecta para el país la transición progresiva hacia tecnologías limpias.

El análisis regulatorio en mención tiene como objetivo garantizar que los procesos de modernización vehicular se desarrollen bajo parámetros de transparencia, eficiencia y sostenibilidad, en consonancia con los objetivos estratégicos planteados, cuya armonización permitirá que cada uno de los escenarios no solo refleje una proyección tecnológica, sino la compatibilidad entre las decisiones de inversión y las exigencias legales y regulatorias que rigen la materia.

3.4.3.1. Implicaciones legales y regulatorias en el escenario tendencial

Como se anotó en forma previa, el escenario tendencial corresponde a la proyección de la flota distrital a 2040, bajo el supuesto de conservar la misma estructura tecnológica y de gestión vigente en el año base. En este modelo la incorporación de nuevas tecnologías se da únicamente a través de los procesos de renovación natural de los vehículos, por lo que

la mayor parte de la flota seguiría operando con combustibles convencionales como diésel y gasolina.

Así pues, en el escenario tendencial, el cual se caracteriza por la continuidad del parque automotor distrital con predominio de tecnologías convencionales cuya operación se circunscribe a combustibles diésel y gasolina, plantea una serie de implicaciones de carácter legal y regulatorio que deben ser observadas por las entidades públicas en todos los procesos de adquisición y/o contratación de su flota especializada y de emergencia.

Sea entonces lo primero anotar que el marco normativo en materia de contratación pública continúa siendo plenamente exigible, esto es, las disposiciones contenidas en la Ley 80 de 1993, así como en la Ley 1150 de 2007 las cuales consagran la obligación de adelantar procesos transparentes, objetivos y ajustados a los principios de eficiencia, economía y responsabilidad, se mantienen incólumes y deben ser plenamente observadas.

Como consecuencia de lo anterior, atendiendo al principio de planeación contractual es deber de las entidades públicas conducir sus actuaciones con diligencia, cuidado, eficiencia y responsabilidad, en la medida en que administran recursos oficiales destinados a la satisfacción del interés general. Este principio, para el caso particular exige que, incluso en un escenario sin cambios tecnológicos relevantes, como lo es el escenario tendencial, las entidades distritales deben sustentar adecuadamente la naturaleza de la necesidad de la contratación o adquisición, la modalidad de selección y los criterios presupuestales, garantizando la trazabilidad en cada decisión.

Ahora bien, la operación de la flota de vehículos especializados y de emergencia bajo tecnologías de combustión fósil debe observar los requisitos previstos en la Ley 769 de 2002 y el Decreto 1079 de 2015, los cuales se deben armonizar con las disposiciones específicas contenidas en la Resolución 20223040045295, adicionada en su capítulo 14 por la Resolución 20233040026535 al ser de manera específica aplicables a los vehículos automotores terrestres, así como a los actores involucrados en la prestación del servicio de emergencias y, otros que intervengan o interactúen con el tránsito de estos.

Desde la perspectiva ambiental y de sostenibilidad, aun cuando el ascenso tecnológico sea marginal, es deber de las entidades públicas atender las obligaciones derivadas de normas y políticas públicas vigentes. Los Planes Nacionales de Desarrollo (Leyes 1151 de 2007, 1450 de 2011, 1955 de 2019 y 2294 de 2023) han fijado lineamientos que obligan a

considerar tecnologías limpias en la movilidad urbana, mientras que la Ley 1964 de 2019 promueve la incorporación de vehículos eléctricos y cero emisiones, con el fin de contribuir a la movilidad sostenible y a la reducción de gases de efecto invernadero.

A nivel distrital, el Acuerdo 790 de 2020 que declaró la emergencia climática en Bogotá y el Acuerdo 811 de 2021 que fijó compromisos de descarbonización disponen que las entidades deben alinear sus procesos de adquisición con los objetivos de transición energética.

De manera complementaria, políticas como la Resolución 40156 de 2022 (Plan PROURE 2022-2030) y el CONPES Distrital 30 de 2023 sobre movilidad motorizada de cero y bajas emisiones, constituyen parámetros de referencia de carácter obligatorio, habida consideración que a través de estos instrumentos se fijan metas de eficiencia energética, en virtud de las cuales se promueve la sustitución progresiva de combustibles fósiles y orientan a las entidades hacia la adopción gradual de tecnologías menos contaminantes.

En ese orden de ideas, dentro del escenario tendencial, no existe una exención de las entidades distritales para atender las obligaciones normativas vigentes en materia de contratación y sostenibilidad ambiental, a contrario sensu, la normatividad actual conmina a reforzar las medidas de planeación, control y transparencia, a propósito que, los procesos de contratación y/o adquisición de vehículos se armonicen con el marco legal y con las políticas públicas distritales y nacionales, a propósito de garantizar la coherencia institucional y la seguridad jurídica en la gestión contractual.

Es necesario acotar que aun cuando los lineamientos establecidos en la normatividad antes referida se enfocan principalmente en el servicio público y la flota de transporte de servidores, es necesario extrapolar sus fines de cara a las tipologías vehiculares propias de vehículos especializados y de emergencia.

3.4.3.2. Implicaciones legales y regulatorias en el escenario moderado

El escenario de transición gradual hacia tecnologías de bajas y cero emisiones plantea un cambio progresivo medio en la composición tecnológica de la flota distrital. Según la proyección realizada por el equipo consultor, los vehículos de emergencia y especializados con tecnología convencional disminuirían del 82% en 2026 al 30% en 2040. De manera complementaria, los vehículos de bajas emisiones pasarían del 13% al 30% en el mismo periodo, mientras que los de cero emisiones aumentarían del 5% al 40%. Esta proyección

evidencia una transición intermedia, en la que, aunque persiste la participación de tecnologías fósiles, se consolida de manera creciente la participación de opciones más limpias.

Desde la perspectiva legal y regulatoria, este escenario obliga a las entidades distritales a anticipar los retos asociados a tres aspectos fundamentales a saber: contratación pública, operación vehicular e infraestructura de soporte.

Como en todos los escenarios, es requisito sine qua non que, las entidades distritales atiendan las disposiciones contenidas en la Ley 80 de 1993 y la Ley 1150 de 2007, que regulan la contratación estatal bajo principios de planeación, transparencia y eficiencia, así como aquellas que las modifiquen, adicionen o complementen.

En este escenario, cobra especial relevancia el principio de planeación contractual, pues la adquisición y/o contratación de vehículos especializados y de emergencia considerados como de bajas y cero emisiones debe incluir desde la etapa precontractual la evaluación de diversos aspectos, entre los que se incluyen los costos de ciclo de vida del vehículo, la infraestructura complementaria (estaciones de carga, talleres especializados) y los esquemas de mantenimiento de estos.

Ahora bien, la operación de vehículos bajo tecnologías híbridas y eléctricas exige el cumplimiento de la Ley 769 de 2002 y del Decreto 1079 de 2015, en lo relacionado con homologación y seguridad técnica. Particularmente, para los vehículos de emergencia, serán igualmente aplicables las exigencias contenidas en la Resolución 20223040045295 y la Resolución 20233040026535. En este escenario, además, deberán adoptarse protocolos para la circulación segura de vehículos eléctricos y de gas natural vehicular, atendiendo a las disposiciones que para el efecto emita el Ministerio de Transporte.

Aunado a lo anterior, es de destacar que el escenario moderado se articula con normas de alcance nacional y distrital. En el plano nacional, la Ley 1964 de 2019, en su artículo 8 fija cuotas mínimas de incorporación progresiva de vehículos eléctricos en las compras anuales realizadas por el Gobierno nacional en tratándose de prestadores del servicio público de transporte. A su vez, la Ley 2169 de 2021, en sus artículos 5 y 6 establece metas de mitigación de gases de efecto invernadero y adaptación al cambio climático a 2030.

En el ámbito distrital, los Acuerdos 790 de 2020 y 811 de 2021 imponen a la Administración la obligación de alinear las decisiones de adquisición y reposición de flota con los compromisos de descarbonización, priorizando versiones homologadas de bajas y cero emisiones en el Sistema Integrado de Transporte Público (SITP), en el transporte oficial y en la flota de servidores públicos.

De manera específica, el numeral 4.1.3 del artículo 5 del Acuerdo Distrital 790 de 2020, modificado por el artículo 139 del Acuerdo 927 de 2024 estableció que a partir del 1 de enero de 2028, el Distrito Capital no podrá dar apertura a procesos de contratación de transporte público cuya operación se base en combustibles fósiles, siempre que la tipología vehicular requerida (troncal o zonal) exista en el mercado en versión de cero o bajas emisiones y cuente con homologación ante la autoridad competente. En caso de que la tipología no esté disponible comercialmente, se trate de un prototipo no probado en condiciones similares, o no esté homologada, se permite contratar vehículos que cumplan estándares de emisión Euro 6/VI o Tier 3/EPA 2010, en concordancia con los hitos previstos en el parágrafo 3° del artículo 8 de la Ley 1964 de 2019 sobre cuotas mínimas de vehículos eléctricos.

El parágrafo transitorio establece que, si a 31 de diciembre de 2029 existe en el mercado la tipología de vehículos de cero o bajas emisiones requerida por el Distrito, cuyo costo total (capital y operación) supera los techos presupuestales proyectados a 15 años, o si un proceso de adquisición llega a declararse desierto, se podrá optar por abrir un proceso contractual para adquirir vehículos a combustibles fósiles. En todo caso, estos automotores deberán cumplir con los estándares de emisión Euro 6/VI o Tier 3/EPA 2010, garantizando así niveles mínimos de eficiencia ambiental.

No obstante, es preciso advertir que estas disposiciones fueron diseñadas principalmente para el transporte público de pasajeros y la flota de uso oficial, sin que exista hasta el momento un marco regulatorio explícito en el que sea aborde de manera particular a los vehículos especializados y de emergencia. De ahí que, se insiste es necesario extrapolar los fines de la normativa vigente, en aras de contribuir con dichas tipologías a la reducción de emisiones de GEI, la alineación con los compromisos climáticos y la adopción de tecnologías limpias.

En este sentido, resulta deseable promover la expedición de normas específicas que incluyan expresamente a vehículos especializados y de emergencia dentro de las

obligaciones y beneficios de la transición tecnológica, de modo que el marco jurídico distrital avance hacia un esquema integral, inclusivo y coherente para toda la flota del Distrito.

Adicionalmente, en este escenario es importante introducir obligaciones sobre la gestión de residuos tecnológicos y baterías, cuyo tratamiento se encuentra en el marco de la Responsabilidad Extendida del Productor y en instrumentos como la Guía Ambiental para la Desintegración Vehicular del Ministerio de Ambiente, por lo tanto, es igualmente necesario que en las fases precontractuales se prevean especificaciones sobre disposición final de baterías y otros componentes a propósito de mitigar riesgos ambientales.

A ello se suma la posibilidad de utilizar dentro de los procesos contractuales esquemas como vigencias futuras, arrendamiento financiero (leasing) y arrendamiento operativo, todos ellos sujetos a la normativa de contratación estatal y de gestión presupuestal.

En conclusión, el escenario de transición gradual no solo obliga a las entidades distritales a cumplir con la normatividad vigente en materia de contratación, tránsito y sostenibilidad, sino que les exige fortalecer sus capacidades de planeación, presupuestación y control. La proyección de reducción de tecnologías fósiles del 82% al 30% hacia 2040 confirma que el marco regulatorio actual es un punto de partida del cual emana un compromiso a cargo de las entidades publicar para garantizar que la transición en pro del ascenso tecnológico de la flota de vehículos especializados y de emergencia se realice bajo criterios de legalidad, eficiencia y sostenibilidad, minimizando riesgos jurídicos y ambientales en la gestión pública.

3.4.3.3. Implicaciones legales y regulatorias en el escenario acelerado

El escenario acelerado plantea una adopción intensiva de tecnologías limpias, con un predominio de flotas eléctricas y de hidrógeno hacia el año 2040. Este cambio implica que los vehículos de combustión interna serán reemplazados antes de lo previsto, lo que a su vez exige un marco normativo y regulatorio sólido que brinde seguridad jurídica a las entidades distritales en sus procesos de contratación y financiamiento de proyectos de inversión pública.

Al respecto, es importante destacar que las directrices establecidas en la normativa vigente, como la Ley 1964 de 2019, la Ley 2169 de 2021 y los Acuerdos Distritales 790 de 2020 y 811 de 2021, se centran en la transición tecnológica del servicio público de transporte de

pasajeros, la flota oficial y los vehículos de los servidores públicos. Estas disposiciones establecen cuotas, cronogramas y condiciones para la incorporación gradual de tecnologías de bajas y cero emisiones en estas categorías, pero no abordan de manera explícita los vehículos especializados y de emergencia, como ambulancias, camiones de bomberos, patrullas de policía, vehículos de tránsito, barredoras, grúas o maquinaria móvil.

En este sentido, se insiste en la necesidad de extrapolar los objetivos y principios de estas normas al ámbito de los vehículos especializados y de emergencia, ya que su función esencial requiere una transición rápida hacia tecnologías más limpias.

Por consiguiente, aunque la normativa actual no establece metas obligatorias a corto o mediano plazo para este tipo de vehículos, una interpretación coherente y armónica de las normas sugiere que los compromisos de descarbonización, reducción de Gases Efecto Invernadero y, en general, las políticas públicas frente a la lucha contra el cambio climático deben aplicarse de manera integral a toda la flota automotriz distrital.

Sin embargo, es de destacar que la ausencia de metas regulatorias específicas para el ascenso tecnológico acelerado de vehículos especializados y de emergencia genera incertidumbre en los procesos de planeación y contratación. Esta carencia normativa limita la capacidad de las entidades para sustentar jurídicamente escenarios de sustitución anticipada con tecnologías de alto costo con un predominio de flotas eléctricas y de hidrógeno.

Todo lo anterior conduce a que, bajo este escenario, se identifique la necesidad de promover la expedición de normas específicas que incluyan explícitamente a los vehículos especializados y de emergencia dentro de los compromisos de transición energética.

Se ajusten los instrumentos de planeación contractual, tales como estudios previos, pliegos de condiciones y actas de adjudicación, previendo la incorporación de cláusulas de sostenibilidad y niveles mínimos de provisión de infraestructura y se fortalezcan los mecanismos de financiamiento público, a propósito de garantizar que las inversiones iniciales más altas puedan respaldarse con vigencias futuras, esquemas de endeudamiento o fondos de promoción tecnológica, sin comprometer la estabilidad presupuestal de las entidades distritales.

De otra parte, en cumplimiento de lo dispuesto en el Anexo Técnico, resulta indispensable presentar el análisis de aplicabilidad de vinculación con el “análisis de productos específicos

del mercado colombiano con posibilidad real de adquisición el día de realización del modelo", como insumo fundamental para reducir la incertidumbre de las entidades distritales al momento de estructurar sus Planes Anuales de Adquisiciones (PAA).

Este ejercicio permite identificar, de manera diferenciada para cada escenario de ascenso tecnológico, la disponibilidad real de vehículos especializados y de emergencia en el mercado nacional, su homologación ante el Ministerio de Transporte, las condiciones de comercialización inmediata o bajo pedido, así como las limitaciones en infraestructura y costos asociados. De esta manera, se busca garantizar que las decisiones de planeación contractual se fundamenten en opciones concretas y verificables, asegurando que los procesos de adquisición y contratación se ajusten tanto a la normatividad vigente como a la realidad operativa del mercado colombiano.

3.4.3.4. Análisis de aplicabilidad frente al mercado colombiano – Escenario Tendencial

La aplicabilidad al mercado colombiano en el escenario tendencial puede sintetizarse en varios elementos relevantes. En primer lugar, la disponibilidad actual de tecnologías convencionales. En términos generales, la oferta de vehículos de combustión interna (diésel y gasolina) sigue siendo mayoritaria en el mercado nacional, con múltiples marcas, modelos y proveedores homologados por el Ministerio de Transporte. En materia de tipologías vehiculares, especializadas y de emergencia, el Acuerdo Marco de Vehículos III de Colombia Compra Eficiente - CCE-163-III-AMP-2020 tiene previstas únicamente las ambulancias.

No obstante, en el mercado Colombiano existe un amplio catálogo de vehículos de combustión con disponibilidad inmediata, lo que otorga certeza a las entidades distritales para programar su adquisición y/o contratación en el corto y mediano plazo. Esta condición contribuye a mitigar los riesgos asociados a la introducción de nuevas tecnologías y asegura que los procesos de planeación contractual se sustenten en opciones técnicamente viables y normativamente habilitadas.

En segundo lugar, es relevante mencionar el limitado acceso a tecnologías de cero y bajas emisiones, pues tal y como se dejó establecido en el análisis diagnóstico de la consultoría, en tratándose de vehículos especializados y de emergencia, la oferta en el mercado es reducida y, en muchos casos, depende de importaciones bajo pedido, lo que implica

tiempos de entrega más prolongados y mayores costos iniciales. En el escenario tendencial, estos equipos se incorporan de manera gradual, representando un ascenso tecnológico leve.

En tercer lugar, para las entidades distritales, el reto en el escenario tendencial consiste en diseñar Planes Anuales de Adquisiciones realistas, ajustados a las tecnologías actualmente disponibles en el mercado Colombiano, incorporando progresivamente vehículos cero y bajas emisiones. Ello implica, entre otras acciones: identificar vehículos homologados y comercializados en el país, estimar tiempos de entrega y costos asociados a importación o ensamblaje y verificar la existencia de infraestructura de soporte.

Así, en el escenario tendencial los Planes Anuales de Adquisiciones de las entidades distritales se deben elaborar sobre bases objetivas y verificables. Es de anotar que, aunque en este escenario se proyecta que la mayor parte de la flota distrital continuará operando con tecnologías de combustión diésel y gasolina, se reconoce que en el mercado Colombiano existe una oferta incipiente de vehículos de bajas y cero emisiones. En ese contexto, aunque la presencia de dichos vehículos es minoritaria, permite a las entidades distritales prever procesos de reposición gradual ajustando sus decisiones a lo previsto en la normatividad vigente.

En este contexto, dado que la oferta de vehículos especializados y de emergencia en el mercado Colombiano abarca no solo ambulancias, sino también camiones de bomberos, patrullas de policía, vehículos de tránsito, grúas, barredoras, recolectores de residuos, vehículos de limpieza, carro taller y maquinaria móvil, las cuales hacen parte del parque automotor requerido para el cumplimiento de las funciones misionales de las entidades distritales, pueden adquirirse directamente o mediante esquemas de arrendamiento, lo que amplía el abanico de posibilidades disponibles en el marco del escenario tendencial.

3.4.3.5. Análisis de aplicabilidad frente al mercado colombiano – Escenario Moderado

Como se ha mencionado en el marco del escenario moderado, la transición tecnológica de la flota distrital implica la incorporación gradual de vehículos híbridos y eléctricos, acompañada de una reducción progresiva en el uso de tecnologías diésel y gasolina. Bajo este supuesto, resulta indispensable analizar la oferta específica de productos disponibles

en el mercado que permitan a las entidades distritales planificar sus adquisiciones con coherencia frente a los compromisos normativos.

Bajo el escenario moderado, la oferta disponible en el mercado Colombiano para ambulancias, vehículos de bomberos, de policía, de tránsito, de recolección y limpieza, talleres móviles, grúas y maquinaria especializada otorga a las entidades distritales un margen de maniobra suficiente para avanzar en la reposición paulatina de su flota. El hecho de que estos vehículos puedan adquirirse tanto en propiedad como bajo esquemas de arrendamiento robustece la viabilidad operativa y financiera del proceso, reduciendo la incertidumbre al momento de programar las adquisiciones en los Planes Anuales de Adquisiciones (PAA) y asegurando la coherencia con las metas regulatorias de sostenibilidad y modernización tecnológica.

3.4.3.6. Análisis de aplicabilidad frente al mercado colombiano – Escenario Acelerado

En el escenario acelerado, la planificación de las entidades distritales necesita enfocarse en reemplazar los vehículos de combustión interna por tecnologías más limpias, especialmente eléctricas y de hidrógeno. Sin embargo, al comparar esta visión con la realidad del mercado Colombiano, surgen desafíos importantes en cuanto a su viabilidad.

Lo anterior, como quiera que aún cuando la oferta de vehículos eléctricos ha aumentado en algunos segmentos la disponibilidad de vehículos especializados y de emergencia sigue siendo bastante limitada. La mayoría de las ambulancias, camiones de bomberos, patrullas, vehículos de tránsito, barredoras, grúas y maquinaria móvil todavía dependen de tecnologías tradicionales, con pocas opciones de bajas o cero emisiones que estén homologadas por el Ministerio de Transporte.

En este sentido, las adquisiciones y/o contrataciones de dichas tipologías vehiculares, en el contexto del escenario acelerado dependerían en gran medida de procesos de importación, ensamblajes locales en pequeña escala o acuerdos directos con fabricantes internacionales, lo que conlleva tiempos de entrega largos y costos iniciales elevados.

Ahora bien, la rápida adopción de estas tecnologías requiere que los Planes Anuales de Adquisiciones no solo consideren el costo de los vehículos, sino también las inversiones

necesarias en infraestructura de soporte, tales como: estaciones de carga rápida, sistemas de abastecimiento de hidrógeno, talleres especializados, capacitación técnica, entre otros.

La disponibilidad de estos recursos en el Colombia es bastante limitada, por lo que la planificación contractual debe incluir mecanismos de coordinación entre instituciones y posibles alianzas con el sector privado para asegurar el funcionamiento de la flota.

Finalmente, es de destacar que a pesar de que las normativas nacionales y distritales, como la Ley 1964 de 2019, la Ley 2169 de 2021, y los Acuerdos 790 y 811 de 2021, fomentan la transición hacia tecnologías limpias, no existen metas concretas que obliguen a una adopción rápida de vehículos especializados y de emergencia.

Ahora bien, desde la proposición de un análisis transversal de la armonización normativa y práctica contractual, el estudio de las implicaciones legales y regulatorias para cada escenario de avance tecnológico de la flota distrital revela una conexión directa con las prácticas contractuales que las entidades están implementando en la actualidad.

Tal y como quedó reflejado en el entregable 2 sobre el Diagnóstico de la Flota Especializada y de Emergencias, a partir de la revisión de la normatividad vigente y los documentos relacionados con los procesos de adquisición, contratación y uso de vehículos especializados y de emergencia, se encontraron varios hallazgos que ayudan a entender la brecha entre el marco normativo vigente y su aplicación práctica.

En primer lugar, se advirtió que las entidades distritales han tenido una ejecución limitada de procesos contractuales entre 2022 y 2025, lo cual se atribuyó en parte, a la falta de competencia funcional en muchas de ellas, así como a restricciones presupuestarias y operativas. En segundo lugar, se estableció que los esquemas de arrendamiento son más comunes que la compra directa, lo cual se justifica por la flexibilidad en el presupuesto y la capacidad de acceder rápidamente a los vehículos sin tener que asumir los costos de mantenimiento, seguros o gestión administrativa.

En tercer lugar, se observó que los métodos de selección más utilizados han sido la licitación pública y la selección abreviada para bienes y servicios con características técnicas uniformes. Aunque los Acuerdos Marco de Precios son una opción eficiente en la contratación pública, su alcance actual (Acuerdo Marco de Vehículos III de Colombia Compra Eficiente) solo incluye ambulancias dentro de los vehículos de emergencia, lo que

limita su aplicación a otras categorías como patrullas de policía, grúas, barredoras, camiones de bomberos o maquinaria móvil.

Finalmente, el análisis de los contratos mostró que hay poco progreso en la incorporación de vehículos de cero o bajas emisiones. Los hallazgos en referencia conducen a establecer que, aunque existe un marco normativo que promueve la transición hacia tecnologías de bajas y cero emisiones, aquel se encuentra enfocado principalmente en el servicio público y la flota de transporte de servidores, adicionalmente, no se cuenta con una norma jurídica que regule de forma específica y detallada los procedimientos que deben seguir las entidades públicas para la adquisición de dichos vehículos.

Además, aun cuando existen lineamientos generales en materia de contratación estatal y principios que orientan la gestión de compras públicas, es relevante contar con una disposición normativa puntual que defina etapas, criterios técnicos o condiciones diferenciadas aplicables exclusivamente a este tipo de vehículos. Esta ausencia de regulación específica ha llevado a que cada entidad adopte los procedimientos de adquisición conforme a su marco presupuestal, sus necesidades misionales y las herramientas contractuales disponibles, generando en la práctica escenarios dispares en cuanto a criterios de selección, justificación técnica y enfoque de sostenibilidad.

En síntesis, se colige que es necesario avanzar hacia la armonización normativa y práctica, de manera que las entidades distritales puedan traducir los compromisos regulatorios en decisiones contractuales efectivas, que se ajusten con los escenarios de transición tecnológica de la flota de vehículos especializados y de emergencia que han sido planteados y se alineen también, con las metas de sostenibilidad y eficiencia fiscal.

4. Identificación y sustentación de ajustes normativos requeridos para el ascenso tecnológico de la flota distrital de vehículos especializados y de emergencia a 2040

En cumplimiento de los lineamientos contenidos en el Anexo Técnico y conforme a lo previsto en el Análisis Reglamentario del Entregable 2, a continuación se identifican y sustentan, los ajustes normativos que, se estiman necesarios para adelantar o acelerar los

procesos de ascenso tecnológico de la flota oficial de vehículos especializados y de emergencia en el Distrito Capital, de acuerdo con cada uno de los tres escenarios propuestos por el equipo consultor (*tendencial, moderado y acelerado*).

Lo anterior, como quiera que tal y como se ha reiterado a lo largo del presente documento, el marco regulatorio vigente, tanto a nivel nacional como distrital, concentra sus exigencias en el transporte público de pasajeros y en la flota oficial de servidores públicos, sin incorporar de manera expresa a las tipologías de vehículos especializados y de emergencia.

No obstante, el análisis transversal de la normatividad evidencia que, en el caso de los vehículos especializados y de emergencia, a través de los cuales las entidades distritales desarrollan funciones misionales, operativas y esenciales, resulta indispensable avanzar hacia una transición más rápida hacia tecnologías limpias. En esa medida, se hace prioritario establecer metas obligatorias, de corto y mediano plazo, que orienten específicamente a este tipo de vehículos, de manera que se armonicen con las políticas públicas adoptadas en la lucha contra el cambio climático y con los compromisos de descarbonización en el Distrito Capital.

La adecuación de dicho marco normativo permitirá que las decisiones contractuales y presupuestales de las entidades distritales encuentren respaldo jurídico suficiente en todos los escenarios de proyección y, por consiguiente, sean sólidas a la luz de los Planes Anuales de Adquisiciones.

4.1. Escenario tendencial

En el escenario tendencia, el cual se caracteriza por el predominio de tecnologías convencionales y una incorporación marginal de tecnologías limpias, los ajustes normativos deben orientarse a fortalecer la planeación contractual y la gestión de riesgos ambientales.

Como quedo evidenciado en el Entregable 2, el Acuerdo Marco de Vehículos III de Colombia Compra Eficiente - CCE-163-III-AMP-2020, en tratándose de vehículos de emergencia, únicamente contempla a las ambulancias, sin que incorpore otras tipologías de vehículos especializados o de emergencia. En ese sentido, es necesario ampliar el alcance de dicho mecanismo, con el fin que se incluya gradualmente un mayor número de tipologías de vehículos especializados y de emergencia.

Aunado a lo anterior, es necesaria la expedición de una reglamentación distrital que incluya metas fijas para la inclusión de alternativas tecnológicas de cero y bajas emisiones respecto de vehículos especializados o de emergencia.

Así mismo, deberán emitirse lineamientos de carácter ambiental que exijan la aplicación del principio de responsabilidad frente a la disposición de repuestos, llantas, aceites y demás residuos peligrosos, en coherencia la utilización mayormente de vehículos de combustión fósil, a propósito de garantizar una gestión integral y sostenible durante todo el ciclo de vida de estos.

4.2. Escenario moderado

En el escenario moderado, donde se presenta una transición gradual hacia tecnologías de cero y bajas emisiones, los ajustes normativos deben centrarse en crear condiciones jurídicas que viabilicen la incorporación progresiva de estas tecnologías, alineando la contratación pública con la disponibilidad real del mercado.

En ese contexto, es necesaria la expedición de una reglamentación distrital que incluya metas fijas para la inclusión de alternativas tecnológicas de cero y bajas emisiones respecto de vehículos especializados o de emergencia, en la que además se incorpore la obligación de que las entidades distritales, en sus estudios previos y Planes Anuales de Adquisiciones, incluyan análisis comparativos de costos de ciclo de vida (CAPEX y OPEX) entre vehículos convencionales y vehículos de cero y bajas emisiones, con el fin de favorecer las decisiones de adquisición y/o contratación de estos basadas en los principios de eficiencia y sostenibilidad.

Adicionalmente, es necesario acompañar dicho proceso reglamentario, con otros de la misma naturaleza, a través de los cuales se establezcan las condiciones técnicas de la infraestructura de soporte (puntos de carga, talleres especializados, servicios de mantenimiento) a propósito de garantizar que la planeación contractual de dichos vehículos cuente con condiciones operativas integrales para su uso.

Así mismo, es necesario trabajar mancomunadamente con Colombia Compra Eficiente para promover la inclusión de vehículos especializados o de emergencia dentro del catálogo nacional de vehículos, como quiera que los Acuerdo Marco ofrecen garantía y seguridad a las entidades compradoras, en tanto las condiciones técnicas ya se encuentran

previamente definidas, siendo un modelo idóneo para que las entidades adelanten sus procesos contractuales.

Por otra parte, se requiere ajustar la regulación vigente para otorgar incentivos fiscales y presupuestales específicos a las entidades que prioricen tecnologías de bajas emisiones en sus procesos de adquisición y/o contratación de la flota especializada y de emergencia.

4.3. Escenario acelerado

En el escenario acelerado, hay una incorporación intensiva de tecnologías eléctricas y de hidrógeno a las flotas de vehículos de las entidades distritales, razón por la que los ajustes normativos deben ser más ambiciosos y estar orientados a fijar metas obligatorias de sustitución para los vehículos especializados y de emergencia, las cuales tengan un carácter vinculante y obligatorio.

En ese sentido, resulta óptimo bien sea a nivel de Ley o Decreto establecer cronogramas vinculantes de sustitución tecnológica, con plazos concretos, en los que se incorpore de manera clara y especifica las tipologías vehiculares especializados y de emergencia (vehículos bomberos, ambulancias, vehículos de policía, vehículos de tránsito o vehículos con funciones especializadas, teniendo en cuenta vehículos de recolección de residuos, vehículos de limpieza, carro taller, grúas, maquinaria móvil, prestación de servicios públicos o de transporte de mercancías especiales).

En materia contractual, dentro del proceso de ascenso de la flota de las entidades distritales, para la adquisición de tipologías vehiculares especializadas y de emergencia, excepto en el caso de las ambulancias, se ha definido que en la actualidad no posible acudir al Acuerdo Marco de Precios como mecanismo de contratación, toda vez que dichas categorías no se encuentran previstas dentro del catálogo vigente.

Así las cosas, resulta adecuado que para los próximos Acuerdos Marcos de Precios de vehículos se incorporen las condiciones técnicas para la adquisición de vehículos especializados y de emergencia distintos a las ambulancias.

En materia financiera y presupuestal, es preciso definir beneficios fiscales y mecanismos de soporte financiero para la transición flotas altamente especializadas, ello a propósito de armonizar la regulación existente con los compromisos nacionales e internacionales de reducción de emisiones.

A continuación, en la tabla 4, se presenta un cuadro comparativo a través del cual se formula, en síntesis, las principales implicaciones legales y regulatorias, así como los aspectos asociados a la aplicabilidad frente al mercado Colombiano de los tres escenarios (tendencial, moderado, acelerado) formulados por el equipo consultor. Lo anterior, a propósito de evidenciar el grado de avance normativo y los requerimientos institucionales que cada escenario demanda para garantizar la transición pretendida de manera ordenada, eficiente y jurídicamente segura.

Tabla 4. Implicaciones legales y regulatorias, así como los aspectos asociados a la aplicabilidad de los escenarios en el mercado Colombiano

Ítem	Escenario Tendencial	Escenario Moderado	Escenario Acelerado
Descripción general	Proyección de continuidad del parque automotor con predominio de tecnologías diésel y gasolina. La incorporación de nuevas tecnologías se limita a la reposición natural de vehículos.	Transición progresiva con incorporación gradual de tecnologías híbridas y eléctricas, manteniendo parcialmente la flota fósil.	Sustitución acelerada de flota fósil por tecnologías de cero emisiones (eléctricas e hidrógeno) con metas ambiciosas de descarbonización.
Marco normativo aplicable	Es transversal a los tres escenarios el cumplimiento de las disposiciones en materia de contratación pública contenidas en la Ley 80 de 1993 y la Ley 1150 de 2007, así como de las normas que las modifiquen, adicionen o complementen.		
	Primacía al cumplimiento de la Ley 769 de 2002, Decreto 1079 de 2015, Resoluciones 20223040045295 y 20233040026535.	Primacía al cumplimiento de: Ley 769 de 2002, Decreto 1079 de 2015, Resoluciones 20223040045295 y 20233040026535. Ejercicio de adecuación normativa en relación con la Ley 1964 de 2019, Ley 2169 de 2021, el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026, el Fondo para la Promoción de Ascenso Tecnológico (FOPAT), el Plan de Acción Climática de Bogotá D.C. 2020–2050, Acuerdos Distritales 790 de 2020 y 811 de 2021, de cara a los fines y metas de políticas públicas frente a movilidad sostenible, entre otras a saber: Resolución 40156 de 2022 (Plan PROURE 2022-2030) y el CONPES Distrital 30 de 2023 sobre movilidad motorizada de cero y bajas emisiones	Con el fin de garantizar seguridad jurídica en el proceso de transición tecnológica de las flotas conformadas por vehículos especializados y de emergencia, resulta imprescindible la expedición de instrumentos normativos específicos que regulen la incorporación, operación y reposición de vehículos con tecnologías fósiles, híbridas y de cero emisiones.
Cumplimiento y exigibilidad normativa	Pleno cumplimiento del régimen de contratación estatal bajo criterios de transparencia, eficiencia y planeación.	Refuerzo del principio de planeación contractual, incluyendo criterios de sostenibilidad y costos de ciclo de vida.	Incorporación obligatoria de criterios de sostenibilidad y metas vinculantes de descarbonización mediante nuevos instrumentos jurídicos.
Necesidad de ajustes normativos	En este escenario se identifica la ausencia de un marco normativo específico que regule la transición tecnológica de las flotas conformadas por vehículos especializados y de emergencia.	Se proyecta una transición gradual a tecnologías híbridas y de cero emisiones, por lo que se requieren también ajustes normativos que fortalezcan la planeación, contratación y gestión presupuestal de las entidades distritales.	En este escenario se requieren ajustes normativos de alto alcance, mediante la expedición de un Acuerdo Distrital que otorgue carácter expreso y vinculante al proceso de transición tecnológica de los vehículos especializados y de emergencia, así como su

	Si bien las disposiciones nacionales y distritales actuales promueven la adopción de tecnologías limpias en el transporte público y oficial, no existe una regulación particular que establezca metas, cronogramas o lineamientos vinculantes para las tipologías que integran vehículos especializados y de emergencia.	En este orden de ideas, es necesario la ampliación de las metas distritales de descarbonización, incorporando de manera explícita a los vehículos especializados y de emergencia dentro de los compromisos establecidos, entre otros, por el CONPES Distrital 30 de 2023. Aunado a lo anterior, es necesario ajustar los criterios de planeación contractual, a fin de que en los documentos precontractuales y de ejecución se incorporen variables como el costo de ciclo de vida del vehículo, la eficiencia energética, la infraestructura de soporte y la gestión ambiental.	reglamentación mediante Decreto del Alcalde mayor, con el fin de asegurar seguridad jurídica, obligatoriedad y coherencia institucional en la implementación del ascenso tecnológico.
Disponibilidad y aplicabilidad frente al mercado Colombiano	Mayor oferta de tecnologías fósiles. Escasa disponibilidad de vehículos híbridos o eléctricos para tipologías especializadas.	Oferta creciente de híbridos y eléctricos, con ampliación paulatina a categorías especializadas.	Baja disponibilidad nacional de vehículos eléctricos e hidrógeno; dependencia de importaciones y altos costos iniciales.
Retos operativos	Renovación natural de flota y mantenimiento convencional.	Incorporación gradual de infraestructura básica de carga y talleres técnicos.	Creación de red de carga avanzada, estaciones de hidrógeno, talleres certificados y formación técnica especializada.
Implicaciones contractuales y presupuestales	Continuidad de las modalidades de contratación vigentes y principalmente empleadas (licitación pública, selección abreviada, subasta inversa, bolsa de productos, contratación directa)	Se prevé la continuidad de las modalidades de contratación actualmente vigentes y más utilizadas, tales como licitación pública, selección abreviada, subasta inversa, bolsa de productos y contratación directa. Adicionalmente, se incorpora el uso de esquemas como leasing y arrendamiento operativo, así como la inclusión de cláusulas de sostenibilidad, eficiencia energética y gestión integral de residuos dentro de los pliegos de condiciones y contratos.	Se propone la incorporación de las tipologías que conforman los vehículos especializados y de emergencia dentro del catálogo del Acuerdo Marco de Vehículos de Colombia Compra Eficiente, con el fin de ampliar la oferta disponible y optimizar los procesos de adquisición. En materia financiera, se plantea la utilización de diversas fuentes y mecanismos de financiación, tales como vigencias futuras, recursos propios, crédito público, Sistema General de Regalías (SGR), cooperación internacional, leasing financiero, convenios interadministrativos, donaciones, obras por impuestos y Asociaciones Público-Privadas (APP).

Fuente: elaboración propia.

5. Análisis costo beneficio para la adopción del avance tecnológico de los vehículos de emergencia y especializados

Los resultados de ACB se encuentran en el anexo 2, sintetizados de forma comparativa (análisis de sensibilidad) en la figura 18.

Figura 18. Resultados comparativos del ACB escenario acelerado

Compra y arrendamiento operativo			
Escenario	Tendencial	Moderado	Acelerado
Beneficios beneficios generados por la reducción de externalidades negativas			
VPN Beneficios	$ 3,117,944,899,607	$ 3,123,749,316,207	$ 3,138,673,812,748
Costos (asociados a la adopción)			
VPN Costos	$ 1,011,932,248,655	$ 1,041,976,181,379	$ 1,105,960,340,017
(=) Flujo económico total			
VPN ECONÓMICO	$ 2,106,012,650,951	$ 2,081,773,134,828	$ 2,032,713,472,730
Relación beneficio / costo	3.08	3.00	2.84
Financiamiento tradicional			
Escenario	Tendencial	Moderado	Acelerado
Beneficios beneficios generados por la reducción de externalidades negativas			
VPN Beneficios	$ 3,117,944,899,607	$ 3,123,749,316,207	$ 3,138,673,812,748
Costos (asociados a la adopción)			
VPN Costos	$ 976,769,040,094	$ 993,641,609,354	$ 1,023,872,071,745
(=) Flujo económico total			
VPN ECONÓMICO	$ 2,141,175,859,513	$ 2,130,107,706,853	$ 2,114,801,741,002
Relación beneficio / costo	3.19	3.14	3.07
Leasing			
Escenario	Tendencial	Moderado	Acelerado
Beneficios beneficios generados por la reducción de externalidades negativas			
VPN Beneficios	$ 3,117,944,899,607	$ 3,123,749,316,207	$ 3,138,673,812,748
Costos (asociados a la adopción)			
VPN Costos	$ 938,871,928,059	$ 952,839,606,810	$ 978,067,227,788
(=) Flujo económico total			
VPN ECONÓMICO	$ 2,179,072,971,548	$ 2,170,909,709,397	$ 2,160,606,584,960
Relación beneficio / costo	3.32	3.28	3.21
Ninguno			
Escenario	Tendencial	Moderado	Acelerado
Beneficios beneficios generados por la reducción de externalidades negativas			
VPN Beneficios	$ 3,117,944,899,607	$ 3,123,749,316,207	$ 3,138,673,812,748
Costos (asociados a la adopción)			
VPN Costos	$ 2,066,923,528,018	$ 2,107,087,123,153	$ 2,250,155,387,702
(=) Flujo económico total			
VPN ECONÓMICO	$ 1,051,021,371,589	$ 1,016,662,193,054	$ 888,518,425,046
Relación beneficio / costo	1.51	1.48	1.39

Fuente: elaboración propia

La integración de los impactos presupuestales estimados por modalidad de adquisición y sus resultados de análisis costo-beneficio (ACB), valor presente neto social (VPN), con una tasa social de descuento real de 6,4%, para descontar los beneficios estimados en los tres escenarios de estudio, a precios de 2025, permite una evaluación integrada del desempeño económico y fiscal del avance tecnológico para adquisición y operación de vehículos de emergencias y especializados en las entidades distritales de Bogotá D.C.

De acuerdo con los análisis de sensibilidad en la figura 18, en todos los esquemas de financiamiento evaluados (compra y arrendamiento operativo, financiamiento tradicional, leasing y sin ningún mecanismo de financiamiento específico) se observa que el escenario acelerado presenta el mayor valor presente neto de beneficios (VPN Beneficios), superior a 3,138 billones de pesos, independientemente del mecanismo de adopción. Este resultado refleja que la maximización de la mitigación de externalidades negativas y de los efectos positivos acumulados socialmente ocurre bajo una progresiva y acelerada transición tecnológica.

En cuanto a la RBC, los resultados muestran una leve disminución relativa en el escenario acelerado respecto a los demás. Los valores estimados son 3,32 para el tendencial, 3,28 para el escenario moderado y 3,21 para el acelerado. Si bien las diferencias son marginales, el comportamiento de la RBC indica que todos los escenarios presentan beneficios superiores a los costos, manteniéndose por encima del umbral de rentabilidad económica.

No obstante, el hecho de que el escenario acelerado, a pesar de tener el VPN más alto, no exhiba la RBC más elevada, revela que el incremento en los beneficios absolutos viene acompañado de un aumento proporcionalmente mayor en los costos o en la intensidad de la inversión. En otras palabras, la eficiencia relativa medida como el cociente entre beneficios y costos disminuye ligeramente, aunque el valor total generado continúa siendo mayor.

Este resultado indica que, aunque el costo incremental adicional requerido para alcanzar los beneficios del escenario acelerado reduce la RBC, la magnitud de los beneficios sociales y ambientales totales supera el aumento del costo necesario para su materialización, representando el mayor valor social neto para Bogotá D.C. Desde la perspectiva de la evaluación social costo-beneficio, el análisis sugiere priorizar el escenario acelerado por generar el mayor VPN de beneficios, aunque implique asumir una RBC relativamente más baja.

La articulación de los análisis expuestos a lo largo del documento evidencia que la elección de modalidad de adquisición debe considerar no solo la presión presupuestal anual, sino también el VPN del ciclo total y la relación beneficio/costo, priorizando esquemas que maximicen el valor social generado por la inversión pública en movilidad y atención de emergencias.

5.1. Ventajas y desventajas de los escenarios tendencial, moderado y acelerado

De acuerdo con lo expuesto en las secciones precedentes y las barreas, riesgos y oportunidades expuestas en el anexo 2 del tercer entregable, a continuación, se exponen las ventajas y desventajas financieras de cada escenario tecnológico (tendencial, moderado y acelerado) para la renovación de vehículos de emergencias y especializados de las entidades distritales objeto del estudio.

En el escenario tendencial, la flota mantiene tecnologías convencionales (combustión fósil) y la incorporación de nuevas tecnologías surge solo por renovación natural de forma lenta (con una tasa promedio de 3% en cero emisiones y de 9% en bajas emisiones), de acuerdo con el momento de renovación entre los años 2026 y 2040, según la vida útil de los vehículos, determinada por el modelo de este.

La principal ventaja de este escenario es que permite establecer la línea comparativa con los otros dos escenarios (moderado y acelerado), es decir la situación sin sustitución tecnológica de la flota de vehículos especializada y de emergencias que operan las entidades distritales en Bogotá. En términos presupuestales, significa un menor costo de inversión inicial (CAPEX).

Otra ventaja es el conocimiento de los esquemas financieros tradicionales asociados a la compra de vehículos convencionales. Las condiciones de financiamientos disponibles, como tasas de interés y plazos de pago, corresponden a las prácticas consolidadas en el mercado local, lo cual facilita la planeación de gastos y la administración de la flota bajo esquemas de conocidos (financiamientos tradicionales, leasing y arrendamiento operativo).

Adicionalmente, el mantenimiento y la operación de las unidades se benefician de la amplia disponibilidad de repuestos y talleres, resultando en menores riesgos operativos vinculados a la infraestructura técnica y logística. En términos ambientales se destaca una menor

generación de residuos peligrosos y electrónicos que generan los vehículos híbridos y cero emisiones (eléctricos) al final de su vida útil. Dado los procesos que conllevan el manejo, transporte y disposición final de estos elementos vinculados a las nuevas tecnologías vehiculares.

Sin embargo, la desventaja son las externalidades ambientales sobre la calidad del aire en Bogotá D.C. por la emisión de contaminantes como CO, CO2, PM2.5 y Black Carbon (BC) (ver anexos 2). Por lo cual se alejaría de la convergencia estipulada en los acuerdos 790 de 2020 y 811 de 2021 para el parque automotor de transporte de público de pasajeros y de los vehículos utilizados para los funcionarios de las entidades distritales.

Es decir, se esperaría que los vehículos de emergencia y especializados estén en línea a las tipologías estipuladas en los acuerdos 790 y 811 y no mantenerse con combustión fósil. La lenta reducción de emisiones mantiene los costos sociales y ambientales (ver anexo 2), lo que posiblemente afecta indirectamente los gastos del sector salud y el cumplimiento de metas ambientales y regulatorias establecidas para el periodo 2026-2040.

Además, la transición limitada hacia tecnologías limpias restringe los beneficios fiscales disponibles, como exenciones y deducciones aplicables a vehículos eléctricos e híbridos, lo que se traduce en una menor optimización tributaria a lo largo de la vida útil de la flota. La exposición acumulada a las variaciones en los precios del combustible incrementa el riesgo financiero, especialmente en escenarios de alzas prolongadas o volatilidad en el mercado energético.

En el escenario moderado, la flota de vehículos de emergencias y especializados experimenta una transición gradual intermedia hacia tecnologías híbridas (30%) y de cero emisiones (10%). Este escenario permite acceder a incentivos fiscales y tributarios, como reducción de aranceles para la importación de vehículos eléctricos e híbridos, exención parcial o total de IVA y descuentos en tasas de impuesto vehicular (Arval Colombia, s.f).

En el escenario moderado las líneas de créditos y fuentes de financiación pueden beneficiarse de tasas de interés de líneas crediticias verdes, con condiciones promovidas por Bancoldex, Findeter y cooperación internacional. Los plazos de pago pueden extenderse, llegando incluso a igualarse con la vida útil ampliada de tecnologías eléctricas.

Conforme a los CAPEX y OPEX en el anexo 2, los costos operativos disminuyen en comparación con vehículos de combustión fósil, debido al menor consumo de combustible

y la reducción de gastos de mantenimiento, dado que vehículos eléctricos y algunos híbridos requieren menos intervenciones técnicas periódicas y consumibles. Además, la disminución de emisiones locales contribuye a la mejora del aire urbano (ver anexo 2) y a una potencial reducción en los costos sociales asociados a salud pública, atribuibles a enfermedades respiratorias y condiciones derivadas de la contaminación atmosférica.

Este escenario amplía la flexibilidad en la gestión de la flota, permitiendo a las entidades ajustar progresivamente su infraestructura y capacidades técnicas sin incurrir en disrupciones operativas abruptas. No obstante, el escenario moderado exige inversiones adicionales en infraestructura de apoyo, como estaciones de carga, áreas de mantenimiento especializado y sistemas para la gestión de baterías o componentes electrónicos, lo que incrementa el CAPEX inicial de a mano de una reducción de los OPEX respecto al escenario tendencial (ver anexo 2).

El riesgo financiero puede estar asociados a la posibilidad de obsolescencia tecnológica parcial, dado que los estándares evolucionan hacia cuotas cada vez más altas de cero emisiones (acuerdos 790 de 2020 y 811 de 2021), lo cual puede requerir renovaciones aceleradas no planificadas (ver anexo 4 del tercer entregable). Para mitigar este riesgo, en el anexo 2 se planteó la modalidad de compra o arrendamiento operativo con el fin de no generar un detrimento patrimonial por parte de las entidades del estado.

Desde lo jurídico, se blindaría este riesgo con la aprobación de un acto administrativo para la evolución tecnológica de la flota especializada y de emergencias de Bogotá D.C. Donde se contemple que este tipo de flota debe evolucionar a tecnologías de cero emisiones, como primera obligación, si el mercedo y presupuesto de las entidades lo permiten. Si las condiciones del mercado y presupuestales no se dan, estarían los vehículos de baja emisiones tipo híbrido o Euro VI, tal como lo plantean los acuerdos 790 de 2020 y 811 de 2021.

Otra desventaja es la baja disponibilidad actual de infraestructura de recarga y soporte técnico limitado en comparación con la cobertura destinada a tecnologías convencionales, lo que posiblemente puede generar restricciones temporales en la operación plena de la flota (ver anexo 4 del tercer entregable).

Por último el escenario acelerado implica el avance tecnológico rápido (88%) hacia cero emisiones para la flota de vehículos de emergencia y especializados de las entidades

distritales, en donde predominarían los eléctricos y en la medida que el mercado disponga hidrógeno o equivalentes con visón 2040 (ver tabla 1).

Las posibles fuentes de financiación en un escenario acelerado pueden ser a través de líneas concesionales, bonos verdes o programas internacionales (ejemplo: Climate Finance del BID o BEI para Colombia). Las tasas de interés pueden reducirse en contextos de financiamiento verde, a través de fondeo externo o mecanismos de garantía soberana, aunque la exigencia de reporte y gestión de riesgo es mayor.

Los posibles riesgos financieros pueden estar asociados a la volatilidad del mercado tecnológico, incertidumbre respecto al costo futuro de energéticos alternativos (hidrógeno, electricidad), riesgos sobre la regulación y manejo para gestionar residuos tecnológicos (baterías, pilas de hidrógeno), el cual se puede mitigar en una modalidad de adquisición y operación en arrendamiento operativo (ver figura 18). El riego por la falta de disponibilidad de oferta de tipologías de vehículos especializados de carga pesada.

También este escenario puede estar afectado por los riesgos regulatorios en caso de cambios en esquemas de incentivos. Sin embargo, la ventaja más relevante sería el beneficio social y ambiental por la potencial reducción del 88%, aproximadamente, de la emisión de contaminantes al aire de la ciudad. Es decir, la disminución de externalidades negativas ocasionadas por la contaminación atmosférica (ver figura 18).

6. Identificación de los ajustes normativos e insumos técnicos para la elaboración de los actos administrativos

La presente sección corresponde al insumo técnico de soporte para la elaboración de los actos administrativos (ver anexo 4) requeridos para adelantar o acelerar los procesos de ascenso tecnológico de la flota oficial de vehículos especializados y de emergencia por parte de las entidades distritales, siendo especialmente necesario resaltar que, el marco regulatorio vigente, tanto a nivel nacional como distrital, concentra sus exigencias principalmente en el transporte público de pasajeros y en la flota oficial de servidores públicos, sin incorporar de manera expresa a las tipologías de vehículos especializados y de emergencia.

La construcción de este apartado se desarrolló mediante una metodología integral y articulada con la información que ha sido obtenida en el curso de la presente consultoría. Es así como, se tuvo en consideración la revisión normativa respecto del marco jurídico vigente a nivel nacional y distrital, que regulan la adquisición y contratación de vehículos especializados y de emergencia, contenidos en el Entregable 2.

Así mismo, respecto de este último, se evalúo la existencia de brechas de carácter regulatorio, con el objetivo de definir la existencia de vacíos, limitaciones y restricciones existentes frente a los vehículos especializados y de emergencia, armonizando dicho análisis con las proyecciones de transición tecnológica planteadas en los escenarios tendencial, moderado y acelerado que han sido formulados por el equipo consultor.

Dentro de este análisis, se tuvo en cuenta también, los resultados de la información primaria derivada de las consultas elevadas a las entidades distritales, en virtud de las cuales se complementó el diagnostico de integración de la flota de vehículos y, se pudo evaluar, además, otros aspectos como la aplicabilidad real del marco normativo con las prácticas contractuales y operativas de las entidades distritales.

Finalmente, se realizó una evaluación desde lo financiero y contractual, para establecer la coherencia entre las disposiciones normativas, las modalidades de contratación disponibles y los costos de inversión y operación (CAPEX y OPEX) en los escenarios planteados.

Este enfoque integral permitió arribar a la creación de cinco (5) objetivos estratégicos, que se estiman sólidos, viables y ajustados a la realidad jurídica, operativa y presupuestal de las entidades distritales, para proceder a la transición de su flota de vehículos especializados y de emergencia, los cuales podrán ser incorporados dentro del respectivo Acto Administrativo.

De manera complementaria se adjunta como anexo 4 con el modelo inicial de Acto Administrativo que incorpora el apartado de considerandos y las disposiciones pertinentes, reiterando la necesidad de crear una herramienta normativa que le dé carácter vinculante al proceso de transición tecnológica de la flota especializada y de emergencia. Por esta razón, se estima factible que se lleve a cabo mediante un acuerdo emitido por el Concejo de Bogotá, cuyo modelo se anexa y/o un decreto promulgado por el Alcalde mayor de Bogotá. Tales instrumentos deberán ser emitidos por las autoridades antes referenciadas

en virtud de sus competencias constitucionales y legales, con el fin de garantizar la seguridad jurídica y la plena aplicabilidad del proceso.

Dicho lo anterior, a continuación, se presenta la descripción de las brechas normativas identificadas, los objetivos estratégicos planteados y, la identificación y, detalle de instrumentos regulatorios requeridos.

6.1. Identificación brechas normativas

Durante la revisión del marco jurídico de carácter nacional y distrital, así como el análisis de la información primaria y secundaria relacionada con los procesos contractuales adelantados por las entidades distritales durante los últimos 4 años, tendientes a la adquisición y contratación de vehículos especializados y de emergencia, se identificó un conjunto de brechas normativas que limitan la efectividad y alcance de los procesos de ascenso tecnológico de la flota en mención. Estas limitantes se agrupan en dos niveles fundamentalmente: vacíos del marco legal y limitaciones en la práctica contractual.

En primer lugar, se encuentran vacíos o limitaciones propias del marco regulatorio actual, pues tal y como se ha venido reiterando a lo largo del presente documento, la normatividad tendiente a la transición energética, la movilidad sostenible y la inclusión de vehículos de cero y bajas emisiones se erigen de manera principal frente al transporte público de pasajeros y la flota oficial de servidores públicos sin que se incorpore de manera clara, concreta y específica a las tipologías de vehículos objeto de la presente consultoría, esto es, vehículos especializados y de emergencia.

Esta omisión normativa implica que, en la actualidad, no existen metas claras ni de carácter vinculante para la incorporación progresiva de vehículos fósiles, híbridos y de cero emisiones en las flotas conformadas por vehículos especializados y de emergencia, cuyo uso resulta indispensable para el cumplimiento de las funciones misionales y operativas de las entidades distritales. En este sentido, se hace necesario establecer un marco normativo específico que, además de llenar dicho vacío, se articule con la Política Pública de Movilidad Motorizada de Cero y Bajas Emisiones – PCBE (CONPES Distrital 30 de 2023), así como con las demás políticas públicas nacionales y distritales orientadas al cumplimiento de los compromisos en materia de descarbonización y lucha contra el cambio climático.

Esta situación se refleja de manera palmaria en el Acuerdo Marco de Precios actualmente disponible a través de Colombia Compra Eficiente (CCE-163-III-AMP-2020), que contempla

únicamente la adquisición de ambulancias, sin extender su cobertura a otras tipologías de vehículos especializados y de emergencia. Tal limitación restringe la capacidad de las entidades para acceder a procesos de adquisición estandarizados, ágiles y con economías de escala, lo que a su vez dificulta avanzar en la planeación y ejecución de procesos contractuales alineados con los objetivos de sostenibilidad y modernización tecnológica.

De otra parte, se detectaron dificultades en los procesos contractuales, derivadas de la ausencia de criterios de sostenibilidad incorporados en los estudios previos, fichas técnicas y pliegos de condiciones de los contratos evaluados, lo que se traduce en que el universo de aquellos se surtieron en sus fases de planeación y ejecución, sin incorporar criterios diferenciales frente a exigencias asociadas a la incorporación de tecnologías de cero y bajas emisiones respecto de los vehículos adquiridos o contratados por las entidades distritales.

Ello implica a su vez que los procesos contractuales se surtieron, como es esperable, en consideración aspectos basados principalmente en la disponibilidad inmediata y el costo mismo del vehículo, sin que mediaran aspectos inherentes a beneficios de carácter ambiental, social o de salud pública derivados de la implementación de la tecnología de cero y bajas emisiones.

Durante el proceso de evaluación contractual se evidenció, que durante las vigencias examinadas (2022, 2023, 2024 y parte del 2025), las entidades distritales adelantaron en términos generales procesos de compra y contratación de vehículos; sin embargo, únicamente un grupo reducido de ellas surtió trámites contractuales orientados a la adquisición o contratación de vehículos de emergencia o especializados.

En este sentido, aunque dentro de dicho universo se identificaron tanto contratos de compra como de arrendamiento, el número de casos resulta marginal para arribar a conclusiones definitivas respecto de cuál de las dos modalidades adquisición o arrendamiento representa una alternativa más viable o eficiente.

Tal como quedó consignado en el Entregable 2, la elección entre una u otra alternativa atiende a las condiciones particulares del contexto institucional, operativo y financiero de cada entidad. En términos generales, el arrendamiento constituye una opción más flexible y adecuada cuando la entidad no dispone de los recursos presupuestales suficientes para asumir la compra en un solo ejercicio fiscal, o cuando requiere disponer del vehículo en un

plazo corto para el cumplimiento de funciones misionales, por lo que, en nuestro criterio, es plausible que a futuro las entidades se acojan a escenarios en los que se arrienden los vehículos especializados y de emergencia. Por su parte, la compra directa se presenta como la alternativa más razonable cuando la entidad enfrenta una necesidad permanente y sostenida en el tiempo, de manera que la inversión inicial pueda amortizarse frente al costo acumulado que implicaría el arrendamiento en el mediano o largo plazo.

Aunado a lo anterior, en dichos procesos se evidenció que no son incorporados de manera expresa lineamientos ambientales o criterios de transición tecnológica, lo cual robustece en la actualidad, la incorporación de vehículos con tecnologías convencionales a las flotas de vehículos de las entidades distritales.

Adicionalmente, se pudo determinar que no se han desarrollado protocolos, guías o manuales que de manera clara especifiquen el tratamiento de los vehículos al finalizar su vida útil, es decir, hay una carencia normativa frente al proceder en tratándose de la disposición final de vehículos especializados y de emergencia, así como para la gestión de sus residuos asociados lo cual genera riesgos ambientales adicionales.

Por consiguiente, las brechas normativas y contractuales identificadas revelan una desconexión entre el marco jurídico vigente y las prácticas de contratación pública, que impide a las entidades distritales proyectar de manera clara y segura el ascenso tecnológico de su flota especializada y de emergencia, sin embargo, a partir de una mirada transversal a la normatividad se concluye con plena claridad que, dado que los vehículos especializados y de emergencia son elementos a través de los cuales, las entidades distritales desarrollan funciones misionales, operativas y esenciales, resulta indispensable avanzar hacia una transición más rápida respecto de tecnologías de cero y bajas emisiones, lo cual a su vez implica la necesidad de realizar ajustes regulatorios específicos y lineamientos técnicos complementarios que permitan superar estas limitaciones.

Así las cosas, es prioritario establecer metas obligatorias, de corto y mediano plazo, que involucren de manera específica dichas tipologías vehiculares a propósito que se armonicen con las políticas públicas adoptadas en la lucha contra el cambio climático y con los compromisos de descarbonización en el Distrito Capital.

6.2. Propuesta de ajustes normativos por escenario

La identificación de las brechas y limitantes a que se ha hecho mención conducen perse a la formulación de una propuesta para afrontarlas, cuya construcción se desarrolla a partir de cada uno de los escenarios prospectivos de ascenso tecnológico de la flota de vehículos especializados y de emergencia del Distrito Capital.

En el escenario tendencial, tal y como se ha mencionado con anterioridad, predomina el uso de tecnologías de combustión fósil, por lo que la incorporación de tecnologías limpias es marginal. En ese sentido, los ajustes normativos deben orientarse en reforzar la planeación contractual y la gestión de impactos los ambientales asociados, razón por la cual se plantea que se brinde un acompañamiento las entidades distritales a propósito de sensibilizarlas frente a la incorporación de tecnologías limpias, especialmente aquellas fósiles, híbridas y cero emisiones, así como criterios de sostenibilidad ambiental, para ser tenidos en cuenta durante la fase de planeación de sus procesos contractuales, para que a su vez se reflejen en los documentos elaborados durante la fase precontractual.

Así mismo, se les debe conminar de una parte a incluir lineamientos justificativos en sus Planes Anuales de Adquisiciones, para la evaluación de alternativas fósiles, híbridas y cero emisiones disponibles en el mercado, aun cuando estas no sean mayoritarias y, de otra, lo relacionado con la gestión de residuos de flotas fósiles, incluyendo repuestos, llantas, aceites y materiales peligrosos, bajo un esquema de responsabilidad extendida que garantice un manejo ambientalmente adecuado.

En el escenario moderado, se requieren ajustes intermedios, como quiera que el mismo permite la gradualidad al uso e incorporación de tecnologías fósiles, híbridas y cero emisiones. Esta transición, concede adoptar normas de carácter vinculante que aceleren el cambio tecnológico en vehículos especializados y de emergencia, las cuales se deben alinear con la Ley 1964 de 2019 y la Ley 2169 de 2021, pero adaptadas al contexto distrital.

Así también se debe promover la incorporación de criterios de sostenibilidad ambiental de cara a las fases precontractuales adelantadas para la contratación o adquisición de vehículos especializados y de emergencia, definiendo criterios técnicos sólidos en los que se privilegie las ofertas presentadas por proponentes qué ofrezcan vehículos híbridos, eléctricos o a hidrógeno.

Por supuesto, es necesario promover desde la óptica fiscal y presupuestal, la creación de incentivos que permitan equilibrar los mayores costos derivados de la adquisición de los vehículos, para el caso de las entidades que van a incorporarlos a sus flotas vehiculares en calidad de bienes propios, siendo también extensibles a los proponentes o contratistas que participarán en los futuros procesos contractuales a propósito de la prestación del servicio de transporte para coadyuvar al cumplimiento de las funciones misionales y operativas de las entidades distritales.

Por su parte, el escenario acelerado requiere ajustes profundos, de mayor alcance y con un carácter estructural, Disponiendo a través de un acuerdo distrital metas específicas para la transición tecnológica de los vehículos especializados y de emergencia de las entidades distritales, con cronogramas de sustitución obligatoria y mecanismos de seguimiento y control.

Así también resulta óptimo, la creación de un fondo distrital para este efecto, en virtud del cual se articulen recursos propios, aportes nacionales e internacionales, y esquemas de cooperación público-privada y mecanismos de inversión diversificados, para financiar la adquisición de vehículos fósiles, híbridas y cero emisiones y, se que permitan equilibrar los mayores costos iniciales de adquisición, a través de los cuales se afronten las limitaciones presupuestales y se garantice la sostenibilidad financiera de la transición tecnológica.

6.3. Insumos técnicos de soporte (propuesta de articulado)

El ascenso tecnológico de la flota oficial de vehículos especializados y de emergencia constituye una necesidad prioritaria para el Distrito Capital desde la óptica jurídica, habida consideración que el marco normativo nacional y distrital (Ley 1964 de 2019, Ley 2169 de 2021, Acuerdo 790 de 2020, Acuerdo 811 de 2021, CONPES Distrital 30 de 2023) establece metas de reducción de emisiones y compromisos de transición hacia vehículos fósiles, híbridas y cero emisiones, con las limitantes a que se hizo alusión, previamente, esto es, que no se incluye de manera específica a los vehículos especializados y de emergencia, pese a que los mismos hacen parte de las flotas de vehículos de las entidades y son empleados para el desarrollo de sus actividades misionales y operativas.

Desde el punto de vista técnico, se determinó que los vehículos de combustión fósil presentan altos niveles de emisiones contaminantes que contravienen las políticas públicas en materia de lucha contra el cambio climático y sostenibilidad ambiental. Además, la

disponibilidad tecnológica en el mercado ha incorporado opciones híbridas, eléctricas y de hidrógeno. Así también se debe considerar los avances en otras latitudes frente al reemplazo de la flota por vehículos de cero y bajas emisiones, lo cual constituye un progreso en los escenarios de desarrollo sostenible.

Las experiencias previas y los avances alcanzados en materia de tecnologías fósiles, híbridas y cero emisiones por otros países representan un activo valioso para las economías emergentes, como la nuestra, al considerar las lecciones aprendidas, los modelos y tendencias implementadas. En ese estado de cosas, dado que, en Colombia, particularmente en el Distrito Capital se requiere la creación de un instrumento normativo que otorgue el carácter vinculante a la transición tecnológica para el ascenso de la flota de vehículos especializados y de emergencia, se estima viable que la misma se suscite vía Acuerdo expedido por el Concejo de Bogotá y Decreto por parte del Alcalde mayor de Bogotá.

A través de un Acuerdo, el Concejo de Bogotá, en ejercicio de sus facultades legales y reglamentarias, podría ampliar el alcance de las medidas de sustitución de combustibles fósiles, orientadas a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero con horizonte al año 2030, para que incluyan de manera expresa a los vehículos especializados y de emergencia.

Conviene resaltar que el Acuerdo 790 de 2020 ya establece metas concretas en relación con los procesos de contratación de transporte público que dependen de combustibles fósiles. En esa medida, la incorporación de estas tipologías vehiculares dentro de las metas vigentes, o en aquellas que se definan hacia el futuro, constituye una alternativa idónea para garantizar seguridad jurídica, coherencia normativa y continuidad en el ascenso tecnológico pretendido.

A su turno, mediante Decreto, el alcalde mayor en su calidad de autoridad de tránsito, conforme a lo previsto en el artículo 3 de la Ley 769 de 2002 podrá expedir medidas regulatorias orientadas a facilitar la operación de vehículos fósiles, híbridos y cero emisiones en el caso de los vehículos especializados y de emergencia. Dichas disposiciones podrían incluir la definición de criterios técnicos y operativos para su incorporación, así como lineamientos específicos sobre condiciones de circulación, homologación, infraestructura de soporte y estándares de seguridad, garantizando la compatibilidad de estas tecnologías con las funciones misionales de las entidades

distritales. A continuación, se presenta el conjunto de elementos a tener en consideración dentro de los instrumentos normativos en mención:

Objeto: El Acto Administrativo tendrá por objeto establecer lineamientos obligatorios para el ascenso tecnológico de la flota de vehículos especializados y de emergencia de propiedad de las entidades distritales y/o contratados por las mismas para el desarrollo de sus funciones misionales y operativas.

Ámbito de aplicación. Las disposiciones contenidas en el Acto Administrativo aplican a las entidades distritales que operen o contraten la operación de vehículos especializados y de emergencia, incluyendo pero sin limitarse a: vehículos bomberos, ambulancias, vehículos de policía, vehículos de tránsito, vehículos de recolección de residuos, vehículos de limpieza, carro taller, grúas, maquinaria móvil, vehículos de prestación de servicios públicos o de transporte de mercancías especiales.

Objetivos estratégicos: Los siguientes objetivos estratégicos tienen como propósito que las decisiones de planeación para la contratación y/o adquisición de vehículos especializados y de emergencia se fundamenten en alternativas tecnológicas realmente disponibles en el mercado nacional, de suerte que se minimicen los riesgos de desabastecimiento o sobrecostos y se garantice que los mismos responden tanto a los criterios de legalidad y eficiencia administrativa, como a las políticas públicas de sostenibilidad y modernización progresiva del parque automotor distrital.

Objetivo 1. Gobernanza, institucionalidad y cumplimiento legal y regulatorio

Desde la perspectiva de la gobernanza y la institucionalidad, el aseguramiento del cumplimiento normativo en el ascenso tecnológico de la flota especializada y de emergencia del parque automotor de los vehículos de entidades distritales, exige la implementación de herramientas que fortalezcan la capacidad de control y la transparencia en todas las etapas del proceso, a propósito de asegurar que las decisiones y actuaciones se enmarquen en los principios de legalidad, eficiencia, integridad y responsabilidad administrativa.

Lo anterior, coadyuva a fortalecer la institucionalidad pública y a consolidar una gobernanza más efectiva, capaz de anticipar riesgos de incumplimiento contractual, optimizar los procesos de adquisición y garantizar que la operación de la flota se realice en condiciones de plena seguridad jurídica y alineada con los objetivos de sostenibilidad y modernización tecnológica que demanda el Distrito Capital.

En tal contexto, el ascenso tecnológico de la flota especializada y de emergencia mediante el uso de tecnologías fósiles, híbridas y cero emisiones exige, por parte de las entidades compradoras o contratistas (según sea el caso), la observancia estricta del marco normativo vigente a nivel nacional y distrital, así como el cumplimiento de estándares técnicos y ambientales aplicables. Este marco comprende, entre otras, disposiciones de rango legal, distrital y de política pública que orientan la transición energética y la movilidad sostenible en el país y en el Distrito Capital.

En el ámbito nacional, la Ley 1955 de 2019, “Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 – Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad”, contiene lineamientos para avanzar hacia la movilidad de cero y bajas emisiones, reconociéndola como una estrategia prioritaria para la reducción de emisiones contaminantes y contribuir a la modernización del sector transporte.

En el contexto distrital, el Concejo de Bogotá, mediante el Acuerdo 790 de 2020, declaró la emergencia climática en la ciudad y dispuso que la transición energética y la disminución de gases de efecto invernadero son objetivos prioritarios de la gestión pública, razón por la cual fijó como meta al año 2030, reducir en un 50% las emisiones de gases de efecto invernadero, adicionalmente adoptó acciones estratégicas en materia de movilidad, entre las que se destacan:

- La formulación de la Política Pública de Movilidad Motorizada de Cero y Bajas Emisiones, con criterio de multimodalidad, incluyendo el ascenso tecnológico de todas las tipologías vehiculares, con fecha límite para su adopción el 31 de diciembre de 2021.

- La mejora sustancial de la infraestructura destinada a modos de transporte activos y alternativos, como bicicletas, patinetas y patines.

- La prohibición de adelantar procesos de contratación de transporte público basados en combustibles fósiles cuando en el mercado exista disponibilidad de vehículos de cero o bajas emisiones homologados por la autoridad competente, con el fin de alinear las decisiones contractuales con los objetivos de sostenibilidad y modernización tecnológica.

- En armonía con lo anterior, el Decreto Distrital 555 de 2021 estableció la priorización hacia una movilidad sostenible y descarbonizada como política de ordenamiento territorial, a través del uso de modos activos y tecnologías limpias.

- En el mismo sentido, el Acuerdo 811 de 2021 reforzó los compromisos de descarbonización e impulsó la implementación de tecnologías de cero emisiones en el Sistema Integrado de Transporte Público y en el transporte oficial.

De otra parte, es de anotar que, si bien las políticas públicas de austeridad del gasto orientan a una administración responsable de los recursos, resulta innegable que las entidades estatales deben adelantar procesos de renovación de su flota vehicular y adquirir unidades que les permitan cumplir con sus funciones misionales. Estas acciones se enmarcan, entre otros lineamientos, en la Política Pública de Movilidad Motorizada de Cero y Bajas Emisiones, adoptada mediante el CONPES Distrital 30 de 2023, el cual establece la hoja de ruta para Bogotá y la Región Metropolitana con proyección al año 2040.

Dicha política tiene como objetivos promover la transición hacia tecnologías limpias, fortalecer la gestión, la innovación y el desarrollo en la cadena de valor de la movilidad sostenible, así como incentivar la participación y apropiación ciudadana en torno a estos procesos. La normatividad antes relacionada se integra con disposiciones como la Ley 80 de 1993 y la Ley 1150 de 2007, que constituyen las normas rectoras de la contratación pública en Colombia, las cuales a su vez se articulan con lo establecido en la Ley 769 de 2002 y el Decreto 1079 de 2015 que regulan los requisitos en materia de tránsito, transporte y homologación vehicular.

Adicionalmente, se incluyen regulaciones específicas para vehículos de emergencia, como la Resolución 20223040045295, complementada por la Resolución 20233040026535, que establecen lineamientos técnicos y operativos aplicables a este tipo de automotores.

Tabla 5. Matriz del Marco Normativo y Regulatorio de Vehículos fósiles, híbridos y cero emisiones

Norma	Año	Descripción	Aspectos relevantes
Ley 86 y Ley 310	1989, 1996	Marco para el sistema masivo de transporte de pasajeros.	Reconoce el impacto ambiental del transporte y habilita medidas como restricción por antigüedad, control de emisiones, adopción de tecnologías limpias y fomento de biocombustibles.

Ley 1151 – PND 2006-2010	2007	Plan Nacional de Desarrollo con enfoque en transporte.	Introduce sostenibilidad ambiental en transporte, impulsa tecnologías no contaminantes y fomenta la desintegración física de vehículos obsoletos.
Ley 1083, Decretos 798 y 1077	2006, 2010, 2015	Planes de movilidad obligatorios en municipios y distritos.	Prioriza modos alternativos y transporte público con combustibles limpios, incorporando criterios de bajas y cero emisiones en la planeación territorial.
Resolución 910 y Resolución 1111	2008, 2013	Reglamenta niveles de emisión y certificaciones para vehículos y motos.	Garantiza que las nuevas flotas cumplan estándares de bajas emisiones y control de contaminantes.
Ley 1205	2008	Mejora la calidad del diésel.	Reduce progresivamente el azufre a menos de 50 ppm, disminuyendo emisiones de material particulado.
Ley 1450 – PND 2010-2014	2011	Fortalece el transporte masivo y no motorizado.	Fomenta buses con tecnologías limpias y desarrollo de infraestructura ciclista y peatonal.
Plan Decenal de Descontaminación y Decreto 332 – Plan Aire	2011, 2021	Estrategia de calidad del aire para Bogotá.	Incorpora tecnologías cero y bajas emisiones en transporte público y motocicletas.
Resoluciones 41286 y 40156 – PROURE	2016, 2022	Planes de acción para eficiencia energética en transporte.	Promueve el GNV, electrificación de flotas, híbridos y sustitución de combustibles líquidos.
Decreto 926 y Ley 1844	2017	Impuesto al carbono y compromiso con Acuerdo de París.	Incentiva la transición a tecnologías limpias para cumplir metas de reducción de GEI.
Decreto 1116	2017	Reducción de aranceles a vehículos eléctricos e híbridos.	Facilita acceso y adopción de vehículos de bajas y cero emisiones.
Ley 1931 y CONPES 3934	2018	Integración de cambio climático en planes de desarrollo.	Promueve la electrificación progresiva del transporte público y privado.
Ley 1955 – PND 2018-2022	2019	Plan de movilidad sostenible en POT.	Obliga a priorizar transporte público y modos no motorizados con tecnologías limpias.
Ley 1964	2019	Promoción de vehículos eléctricos.	Establece el cronograma de adopción: 10% en 2025 a 100% en 2035 para transporte público, oficial y privado.
CONPES 3943 y CONPES 3991	2018, 2020	Políticas para calidad del aire y movilidad urbana.	Estrategias para renovación de flotas y promoción de transporte con tecnologías limpias.
Acuerdo 790 y Acuerdo 811 – Bogotá	2020, 2021	Declaratoria de emergencia climática.	Prohíbe nuevas contrataciones con combustibles fósiles si hay versiones de bajas o cero emisiones disponibles.
Ley 2128 y Ley 2169	2021	Abastecimiento de gas y carbono neutralidad.	Incentivan uso de GNV y tecnologías limpias en transporte.
Decreto 555 – POT Bogotá	2021	Revisión del Plan de Ordenamiento Territorial.	Incorpora movilidad descarbonizada y modos activos en política de ordenamiento.
Ley 2294 – PND 2022-2026	2023	Fondo para la Promoción de Ascenso Tecnológico.	Financia la adquisición de flotas bajas y cero emisiones en transporte público y taxis.
CONPES 30 – Política Pública de Movilidad Motorizada	2023	Hoja de ruta para Bogotá y Región Metropolitana.	Metas de renovación de flota e infraestructura para tecnologías limpias.
Decreto 1266 y Resolución 20243040001165	2024	Reglamenta uso de recursos del FOPAT y reposición de vehículos.	Programas para reemplazo de flotas con estándares de bajas y cero emisiones en transporte público, de carga y otros modos.

Fuente: elaboración propia.

Objetivo 2. Evaluación de compatibilidad normativa con las metas de la compra pública sostenible

En el marco de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de la Organización de Naciones Unidas se comino al sector público de cada nación para actuar como un

consumidor responsable y promotor de prácticas de contratación pública basadas en el desarrollo sostenible.

Para Colombia la compra sostenible es la satisfacción de las necesidades mediante la adquisición de bienes y servicios con criterios que consideren aspectos ambientales, mediante la utilización eficiente de recursos naturales a lo largo de su ciclo de vida; aspectos económicos que se ajusten a los principios de eficacia, eficiencia, oportunidad y transparencia; y aspectos sociales que consideren estándares establecidos en sus procesos de producción y/o suministro (Ministerio de Ambiente, s.f.)

En tal contexto, las compras públicas sostenibles obedecen a un proceso a través del cual las entidades estatales satisfacen sus requerimientos de bienes, obras y servicios, procurando simultáneamente la protección del medio ambiente, la optimización en el uso de los recursos, la inclusión social y la equidad durante toda la ejecución contractual.

El enfoque de compra pública sostenible debe estar presente en todo el proceso contractual, esto es, desde la identificación de la necesidad hasta la finalización del plazo contractual y su liquidación e, inclusive, tal y como ocurre en el caso sub-lite, es extensible al término de la vida útil de los bienes adquiridos, incluyendo su reincorporación al ciclo productivo o su disposición final, según corresponda.

En el caso particular el ascenso tecnológico de la flota de vehículos pretendida, mediante la adquisición o contratación de vehículos fósiles, híbridos y cero emisiones, dada su contribución a la reducción de emisiones y a la optimización de costos operativos, se enmarca como una compra pública sostenible.

En el plano operativo, el fortalecimiento del componente ambiental de los proyectos de movilidad tiene como fin reducir los impactos del transporte sobre la contaminación y el cambio climático. Ello implica coordinación intersectorial, respaldo técnico y financiero de organismos nacionales e internacionales, y el seguimiento a los compromisos asumidos en el Plan de Movilidad Sostenible y Segura y en el Plan Distrital de Desarrollo.

A continuación, se presenta una matriz con los criterios de sostenibilidad en el proceso contractual, la cual podrá ser tenida en cuenta como guía orientadora por las entidades distritales en tratándose de los criterios de la compra pública sostenible.

Tabla 6. Matriz del Marco Normativo y Regulatorio de Vehículos Fósiles, Híbridos y Cero Emisiones

Etapa	Aspectos Clave	Acciones / Criterios	Responsable	Medios de Verificación
Precontractual	Definición de la naturaleza y extensión de las necesidades; evaluación de alternativas de contratación considerando el ciclo de vida y el menor impacto ambiental; aplicación del principio de selección objetiva.	• Incorporar criterios de sostenibilidad ambiental y social. • Evaluar alternativas contractuales que promuevan innovación y sostenibilidad. • En licitación pública o selección abreviada: ponderar calidad y precio para obtener la mejor relación costo-beneficio. • En subasta inversa o bolsa de productos: definir especificaciones técnicas sostenibles como requisito habilitante. • En contratación directa: incluir criterios ambientales y sociales en estudios previos y cláusulas de ejecución.	Dependencia contratante	Estudios previos, pliegos de condiciones, actas de evaluación, resoluciones de adjudicación
Contractual	Monitoreo y control del cumplimiento de las obligaciones; seguimiento a criterios ambientales y sociales establecidos en el contrato.	• Establecer mecanismos, indicadores y unidades de medida para seguimiento. • Solicitar documentos, certificaciones, informes y pruebas para verificar el cumplimiento. • Informar a autoridades competentes sobre actos u omisiones que afecten la moralidad pública. • Activar protocolos internos para mitigar impactos detectados.	Supervisor / Interventor	Informes de supervisión, certificaciones, reportes de no conformidad
Poscontractual	Cierre del contrato con evaluación de cumplimiento de criterios de sostenibilidad; registro de observaciones en acta de liquidación.	• Documentar en el acta de liquidación las observaciones sobre el cumplimiento de criterios. • Conservar soportes documentales que respalden la verificación. • Evaluar el impacto de la ejecución contractual para retroalimentar futuros procesos.	Dependencia contratante / Supervisor	Acta de liquidación, soportes documentales, informe final de supervisión

Fuente: elaboración propia.

Objetivo 3. Determinación de las modalidades de contratación que reduzcan riesgos y optimicen recursos.

Para el desarrollo de sus funciones y la ejecución de sus competencias, el Estado demanda bienes y servicios cuya provisión se realiza mediante diversas modalidades y procedimientos de contratación, seleccionados en atención a la naturaleza y características de las necesidades que se busca satisfacer; en este contexto a partir del análisis integral de diversas fuentes primarias y secundarias, se determinó que los Acuerdos Marco de Precios constituyen una herramienta eficiente para adelantar procesos de adquisición y contratación de vehículos, dado que proporcionan uniformidad de condiciones técnicas, así como transparencia y agilidad en el proceso contractual.

No obstante, en el evento en que no se encuentre la totalidad de tipologías de vehículos especializados y de emergencias en el Acuerdo Marco de Precios, las entidades distritales deben optar por otras modalidades de contratación, seleccionando aquella que mejor se ajuste a las condiciones del mercado y a la naturaleza de la adquisición y/o contratación, así como a su realidad presupuestal y operativa. Entre las opciones más viables se encuentran, las siguientes:

Licitación pública y Selección abreviada: La selección de la oferta más favorable debe realizarse teniendo en consideración la ponderación de los elementos de calidad y precio soportados en puntajes o fórmulas señaladas en el Pliego de Condiciones o la ponderación de los elementos de calidad y precio que representen la mejor relación de costo-beneficio para la entidad.

Subasta Inversa: Las entidades deben definir especificaciones técnicas, los cuales debe garantizar cada uno de los participantes en el proceso de contratación, so pena del rechazo de la oferta. El modelo de subasta inversa logra el mayor ahorro para las Entidades Compradoras a través del menor precio.

Contratación Directa. Es necesario que para esta modalidad de selección se cuente con estudios previos a través de los cuales se fijen criterios técnicos, ambientales y operativos asociados al objeto del contrato y, con fundamento en los mismos, se estructuren las cláusulas de ejecución en las que se fije de manera clara las prestaciones a cargo de las partes.

Arrendamiento financiero (leasing): Contrato mediante el cual se otorga el uso del vehículo por un plazo previamente acordado, pero sin incluir en la cuota otros gastos relacionados,

tales como impuestos, seguros, mantenimientos o reparaciones, los cuales deben ser asumidos directamente por el usuario, en este caso, la entidad distrital.

Arrendamiento operativo: Modalidad contractual en la cual el proveedor entrega a la entidad el uso del vehículo por un período determinado, incluyendo en la tarifa pactada los costos asociados a impuestos, seguros, mantenimiento preventivo y correctivo, así como reparaciones y demás servicios vinculados a su operación.

En tal contexto, las entidades distritales cuentan con diversas modalidades de contratación, las cuales se estiman óptimas para atender la necesidad de adquisición y/o contratación de los vehículos especializados y de emergencia. Resulta deseable que acorde con la modalidad de selección, desde la construcción de los documentos que integran la fase precontractual y, posteriormente, en los contratos se incorporen cláusulas que fortalezcan el control institucional, minimicen riesgos y garanticen la sostenibilidad operativa del proyecto, tales como:

Condiciones técnicas. Las condiciones técnicas deben encontrarse claramente definidas en los documentos contractuales, en ellas se deberá contemplar lo relacionado con el mantenimiento preventivo para cada tipo de vehículo y la periodicidad en función del kilometraje en el cual debe realizarse o verificarse y, en caso de ser procedente, lo atinente al suministro oportuno de repuestos.

Resulta deseable además, que se definan criterios que permitan asegurar la incorporación de tecnologías disponibles en el mercado colombiano con posibilidad de adquisición inmediata, es decir, considerar vehículos que ya se encuentren homologados y comercializados en Colombia, con el fin de garantizar su disponibilidad, evitar retrasos y asegurar su compatibilidad con la infraestructura del Distrito Capital, en el evento en que los vehículos deban superar procesos de importación y/o ensamblaje, los tiempos de entrega deben quedar expresamente definidos con claridad entorno a sanciones por incumplimiento a los mismos.

Bolsa en dinero para imprevistos. En el marco del proceso de adquisición de vehículos, es fundamental que la estructuración de la evaluación contractual no se limite únicamente a los gastos propios de la compra o arrendamiento, sino que incorpore una provisión presupuestal específica para la atención de imprevistos, calculada con base en el valor total del contrato. Esta reserva permitirá cubrir costos no previstos que puedan generarse

durante la ejecución, tales como reparaciones por daños no cubiertos por garantía, sanciones derivadas de infracciones de tránsito atribuibles a la operación, así como un estimativo mensual de gastos por recarga para vehículos eléctricos o híbridos.

La inclusión de esta bolsa para imprevistos en la planeación y formalización contractual contribuye a asegurar la continuidad y eficiencia operativa de la flota, evitando la afectación de los servicios misionales por falta de recursos para atender contingencias, y fortaleciendo la gestión financiera y preventiva de las entidades distritales.

Niveles mínimos de disponibilidad operativa. En el marco de la contratación bajo la modalidad de arrendamiento, las entidades distritales tienen la obligación de garantizar la continuidad ininterrumpida de sus operaciones misionales, para lo cual el alquiler de parque automotor se configura como un recurso estratégico indispensable. Esta modalidad contractual permite disponer de los vehículos requeridos para dar respuesta oportuna y eficiente a las demandas operativas, para lo cual se debe adelantar los correspondientes estudios y fijar contractualmente las condiciones de disponibilidad de los automotores (día, mes, hora), a fin de atender tanto las labores programadas en horarios habituales como las necesidades derivadas de turnos de operación, contingencias y situaciones de emergencia.

Lo anterior, como quiera que la disponibilidad y utilización del parque automotor arrendado debe responder a las especificaciones y características técnicas que exija cada tipo de intervención, considerando que la complejidad y naturaleza de las actividades a ejecutar pueden demandar que el vehículo permanezca en el lugar de la operación hasta la total culminación de la labor y la verificación de su correcta ejecución por parte de la entidad.

Garantías. Se estima conveniente que la cláusula de garantías exija como mínimo amparos de Cumplimiento del contrato, Calidad y Correcto Funcionamiento de los Bienes y Calidad del Servicio con una vigencia de dos (2) años desde el último mantenimiento.

Declaratoria de Incumplimiento. En caso de incumplimiento de las obligaciones generales o especificas por parte del oferente, proveedor o contratista (según sea el caso) la entidad podrá adelantar el procedimiento establecido en la ley para la declaratoria del incumplimiento, la cuantificación de los perjuicios, así como para la imposición de las multas y exigibilidad de la cláusula penal.

Objetivo 4. Implementación de esquemas de financiamiento diversificados para viabilizar la transición tecnológica.

Un análisis integral que combine la planeación fiscal, la normativa en contratación estatal y la realidad operativa de cada entidad estatal, permitirá evaluar la mejor alternativa a seleccionar como esquemas de financiamiento para el ascenso tecnológico de la flota especializada y de emergencia, ello como quiera que, la transición esperada junto con la utilización de tecnologías fósiles, híbridas y cero emisiones implica inversiones iniciales significativas.

En tal contexto, resulta claro que no existe una única modalidad que se estime como "óptima" para lograr dicho ascenso, por el contrario, son múltiples los factores que confluyen para la adopción de la decisión tales como CAPEX/OPEX, disponibilidad operativa y presupuestal de cada entidad. Así las cosas, corresponde a cada una de ellas sopesar con rigor técnico, jurídico y presupuestal las alternativas disponibles en el mercado para trasegar por dicha transición a través de la compra directa, arrendamiento financiero (leasing) y/o arrendamiento operativo acorde con cada una de las ventajas y limitaciones que cada figura pueda ofrecer.

Al respecto, resulta necesario destacar que la compra directa, ya sea con recursos propios o mediante líneas de crédito, asegura a la entidad distrital la plena propiedad de los vehículos y le otorga control directo sobre dichos activos. La compra es en consecuencia viable cuando las actividades misionales y operacionales de la entidad son altamente especializadas, no obstante, esta modalidad supone una carga presupuestal inicial elevada, que puede implicar autorizaciones de endeudamiento o compromisos presupuestales frente a vigencias futuras y, adicionalmente, genera costos de mantenimiento y operación, así como aquellos inherentes a la obsolescencia tecnológica.

De otra parte, el leasing financiero es una alternativa en virtud de la cual la entidad estatal podrá distribuir los pagos en el tiempo mientras que conserva la opción de adquirir el activo al finalizar el contrato. Esta modalidad puede ser especialmente conveniente cuando los vehículos requieren un nivel alto de inversión inicial, como sucede con ambulancias o vehículos de bomberos, sin embargo, es de tener en consideración que la dada la naturaleza jurídica del futuro locatario, es necesaria la apropiación de vigencias futuras durante toda la duración del arrendamiento, lo que tiene que ser evaluado desde la óptica del endeudamiento público.

A su vez el arrendamiento operativo, constituye una medida admisible para garantizar la continuidad del servicio mediante un esquema en el que la tarifa cubre no solo el uso del

vehículo, sino también impuestos, seguros, mantenimientos, entre otros. En este caso, el reto radica en fijar condiciones contractuales claras sobre niveles de disponibilidad, tiempos máximos de reparación, sanciones, provisión de vehículos de respaldo y, en general, todas aquellas que impliquen que el riesgo operativo permanecerá en cabeza del arrendador y no de la entidad distrital.

Ahora bien, independientemente de la opción seleccionada por la entidad distrital compra o arrendamiento, la elección debe responder a un análisis comparativo de costos, riesgos y beneficios, y estar siempre enmarcada en los principios de legalidad, sostenibilidad y eficiencia que rigen la contratación estatal.

Objetivo 5. Tratamiento de los vehículos al final de su vida útil

Dentro del proceso de transición tecnológica de la flota de vehículos especializados y de emergencia, resulta deseable que desde la fase de planeación del proceso contractual, se aborde lo relativo al proceso de desintegración ambientalmente responsable de los activos, una vez aquellos cumplan con su vida útil, en virtud del cual se defina que condiciones asociadas a la extracción segura de residuos peligrosos, el desensamble con recuperación de materiales valorizables y la disposición adecuada de los residuos restantes.

- **Metas de incorporación tecnológica**. En el marco del ascenso tecnológico, según el escenario seleccionado *(tendencial, moderado, acelerado)* se deberán establecer metas de claras frente a la incorporación tecnológica específicas para los vehículos especializados y de emergencia.

En ese sentido, se deberá dejar claridad que no se autorizará la apertura de procesos de contratación o adquisición que se soporten exclusivamente en combustibles fósiles, siempre que la tipología vehicular requerida cuente con versiones híbridas y cero emisiones disponibles en el mercado nacional y homologadas por la autoridad competente. Previendo en todo caso alternativas, cuando existiendo dichas tipologías las mismas superan techos presupuestales o se declaran desiertos los procesos.

- **Planificación contractual.** En los estudios previos y en los Planes Anuales de Adquisiciones (PAA), las entidades distritales deberán incluir la evaluación comparativa de tecnologías de bajas y cero emisiones disponibles en el mercado colombiano, así como el análisis de ciclo de vida (CAPEX + OPEX).

- **Lineamientos ambientales.** Los contratos que incluyan provisión de vehículos especializados y de emergencia deberán incorporar cláusulas asociadas a responsabilidad extendida en la disposición final de residuos peligrosos, cumplimiento de estándares de eficiencia energética y emisiones y disponibilidad de repuestos y soporte técnico certificado en el país.

7. Conclusiones

A partir de los análisis de los resultados expuestos en las secciones anteriores se destacan las siguientes conclusiones del caso:

- Se construyeron tres escenarios prospectivos (tendencial, moderado y acelerado) para proyectar la demanda tecnológica de los vehículos de emergencias y especializados de las entidades distritales de Bogotá con visión 2040. Forjados a partir de variables y parámetros.
- La línea base utilizada corresponde al año 2025, con información proveniente de 20 entidades que reportaron información parcial de interés para 6.383 vehículos caracterizados por entidad, tipología, año (modelo) y tipo de energético utilizado. Complementada con información secundaria para la determinación de las variables y estimación de los parámetros que justifican los gradientes de avance tecnológico en cada escenario.
- Mediante la estimación de un modelo econométrico Poisson, se estimaron los parámetros de la demanda proyectada de avance tecnológico de vehículos de emergencias y especializados por tipología, entidad distrital y energético utilizado.
- El gradiente de avance tecnológico se estimó en 88% de penetración de tecnologías de cero emisiones hacia 2040, sujeto a la convergencia de precios entre vehículos de combustión fósil y eléctricos.
- Este gradiente se relaciona con mandatos regulatorios vigentes (Acuerdos 790 de 2020 y 811 de 2021) que establecen restricciones a la adquisición de vehículos con combustibles fósiles en el transporte público y en la flota oficial.
- El escenario tendencial mantiene la estructura tecnológica actual, con un 88% de vehículos de combustión fósil, 9% de bajas emisiones y 5% de cero emisiones. Este escenario sirve como línea base para comparar costos e impactos esperados del avance tecnológico de vehículos de emergencia y especializados, en contraste con los escenarios moderado y acelerado.
- El escenario moderado propone una transición gradual, con 60% de combustibles fósiles, 30% de bajas emisiones y 10% de cero emisiones. Este escenario implica menores emisiones que el tendencial, pero requiere inversiones en infraestructura de soporte.

- La proyección de la demanda de vehículos se mantiene estable alrededor de 6.383 unidades entre 2026 y 2040, con un esperado avance del 88% hacia tecnologías de cero emisiones en el escenario óptimo.
- En el escenario tendencial, se espera que la flota en 2040 mantendría un predominio de tecnologías fósiles con presencia marginal de bajas y cero emisiones, especialmente en motocicletas, camionetas y camiones.
- En el escenario moderado, la transición proyectada muestra avances intermedios hacia tecnologías limpias, con mayor penetración en motocicletas y progresos en automóviles, camionetas, camiones y ambulancias, aunque las tecnologías fósiles continuarían representando una proporción importante.
- En el escenario acelerado, se proyecta que la mayoría de la flota será de cero emisiones en 2040, con predominio en motocicletas, camionetas, camiones y ambulancias, mientras que las tecnologías fósiles y de bajas emisiones quedarían reducidas a una participación residual.
- El análisis de emisiones proyectadas muestra que las emisiones de CO_2eq, PM2.5, CO y carbono negro son mayores en el escenario tendencial, intermedias en el moderado y más bajas en el acelerado. Sin embargo, los escenarios de mayor penetración tecnológica implican también un incremento en la generación de residuos peligrosos y electrónicos, en especial baterías y componentes asociados a vehículos eléctricos e híbridos.
- En materia financiera, el CAPEX total crece proporcionalmente con el nivel de avance tecnológico: menor en el escenario tendencial, intermedio en el moderado y mayor en el acelerado, dado el costo de adquisición de vehículos de bajas y cero emisiones y la infraestructura de soporte.
- El OPEX también presenta variaciones: es más alto en el tendencial debido a los costos de operación de flotas fósiles, se redistribuye en el moderado con una mezcla de tecnologías, y en el acelerado refleja una concentración en tecnologías limpias, con reducción de gastos en combustibles fósiles.
- El impacto presupuestal varía entre entidades, incluso por modalidad de adquisición y operación (compra o arrendamiento operativo, crédito o leasing).
- El impacto presupuestal de corto plazo oscila entre el 2,8% y el 9% y en el largo plazo fluctúa entre el 42% y el 53%, aproximadamente.
- Bogotá D.C. presenta una estructura de ingresos consolidada, en la cual los recursos propios constituyen el 75% del total, respaldados por un desempeño fiscal

reflejado en un Índice de Desempeño Fiscal (IDF) de 90,1 puntos para el año 2023. Esta base financiera proporciona un sustento presupuestal que permite a las entidades adscritas al Distrito orientar recursos hacia la adquisición y renovación de vehículos, con especial énfasis en alternativas tecnológicas de menores emisiones, en consonancia con las iniciativas establecidas en el Plan de Desarrollo "Bogotá Camina Segura 2024–2027", particularmente en el programa de Movilidad Sostenible.

- Existen diferentes escenarios de opciones financieras, que incluyen recursos propios, crédito público, Sistema General de Regalías (SGR), cooperación internacional, leasing financiero, convenios interadministrativos, donaciones, obras por impuestos y Asociaciones Público-Privadas (APP). Cada mecanismo está sujeto a condiciones específicas de acceso, plazos y destinación, lo que posibilita su adaptación a las distintas tipologías vehiculares y a los requerimientos institucionales particulares.
- Estas opciones se enmarcan en instrumentos normativos como el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026, el Fondo para la Promoción de Ascenso Tecnológico (FOPAT) y el Plan de Acción Climática de Bogotá D.C. 2020–2050, lo que facilita la articulación de recursos de origen nacional y distrital para proyectos orientados a la movilidad baja en carbono y la modernización tecnológica. No obstante, algunas iniciativas de carácter nacional, como el FOPAT, se encuentran en etapas de desarrollo normativo y operativo, por lo que representan alternativas viables principalmente en el mediano plazo.
- A partir de la revisión se evidencia que el Distrito dispone de diferentes escenarios de financiamiento, para la adquisición de vehículos. La efectividad en la asignación de estos recursos dependerá de la capacidad de las entidades para estructurar proyectos alineados con el marco normativo vigente, así como de la articulación eficiente con los diferentes actores del sector público y privado involucrados.
- En el plano normativo, todos los escenarios están sujetos al cumplimiento de las leyes de contratación pública y de tránsito vigentes, así como a las disposiciones ambientales y de movilidad sostenible tanto nacionales como distritales. Los acuerdos distritales 790 de 2020 y 811 de 2021, junto con la Ley 1964 de 2019, constituyen referentes regulatorios que orientan la transición hacia tecnologías limpias, aunque no existe un marco explícito para vehículos especializados y de

emergencia, lo que sugiere la necesidad de extender estas disposiciones a este tipo de flota.

- El ACB, utilizando una tasa social de descuento del 6,4%, muestra que el escenario acelerado en todos los esquemas de financiamiento evaluados (compra y arrendamiento operativo, financiamiento tradicional, leasing y sin ningún mecanismo de financiamiento específico) presenta el mayor valor presente neto de beneficios independientemente del mecanismo de adopción. Este resultado refleja que la maximización de la mitigación de externalidades negativas y de los efectos positivos acumulados socialmente ocurre bajo una progresiva y acelerada transición tecnológica y una relación beneficio-costo superior a 1 bajo modalidades de compra o arrendamiento operativo, leasing y financiamiento tradicional.
- Los escenarios tendencial y moderado también resultan socialmente viables en todas las modalidades de financiación evaluadas, pero con resultados inferiores al acelerado.
- El arrendamiento operativo y leasing emergen como las opciones con mejor balance socioeconómico, al reducir la carga presupuestal inmediata y facilitar la transición tecnológica.
- La transición hacia tecnologías limpias implica ajustes entre la reducción de emisiones contaminantes y el aumento en la generación de residuos peligrosos, así como entre mayores inversiones iniciales y menores costos operativos en el largo plazo.
- La viabilidad de cada escenario depende de la capacidad institucional para gestionar estos ajustes, cumplir con el marco normativo y asegurar fuentes de financiamiento adecuadas.

8. Recomendaciones

A partir de los análisis de los resultados y conclusiones expuestas en las secciones anteriores se destacan las siguientes recomendaciones del caso:

- Fortalecer la planeación contractual de las entidades distritales para que las adquisiciones y contrataciones de flota vehicular se ajusten a las normas de contratación pública, al marco regulatorio de tránsito y a las disposiciones ambientales vigentes, incluyendo aspectos técnicos de homologación, seguridad y movilidad sostenible.
- Es necesario anticipar en la etapa precontractual los requerimientos de infraestructura de soporte, como estaciones de carga y talleres especializados, así como la gestión de residuos tecnológicos y baterías bajo los esquemas de responsabilidad extendida del productor.
- Debe hacerse un seguimiento frecuente a la evolución del mercado tecnológico local e internacional, incluyendo costos, disponibilidad y madurez de soluciones, para ajustar las trayectorias de transición tecnológica conforme a cambios de contexto y avances.
- Se recomienda mantener la coordinación interinstitucional en términos de gobernanza, cooperación y evaluación, dado que la participación y capacidades de las entidades distritales son diferenciadas y requieren alineación para el éxito de los escenarios avanzados.
- Se sugiere que las decisiones de adquisición se apoyen en un análisis comparativo de los escenarios tendencial, moderado y acelerado, considerando el efecto sobre emisiones de CO_2eq, PM2.5, CO y carbono negro, la generación de residuos peligrosos y electrónicos y los impactos financieros en términos de CAPEX y OPEX.
- El resultado del ACB evidencia que la modalidad de compra o arrendamiento operativo ofrece una alternativa que reduce los costos operativos anuales y mejora el balance socioeconómico, por lo que resulta pertinente evaluarla frente a esquemas de financiamiento directo o leasing.
- Conforme al resultado del ACB se sugiere priorizar el escenario acelerado de transición tecnológica, dado que presenta el mayor valor presente neto social bajo cualquier modalidad de propiedad u operación.
- En el ámbito regulatorio, se plantea la conveniencia de avanzar hacia un marco normativo explícito que incluya a los vehículos especializados y de emergencia

dentro de las obligaciones y beneficios de la transición tecnológica, porque actualmente la normativa está enfocada principalmente en transporte público y flotas oficiales. Esta ampliación normativa permitiría unificar criterios de sostenibilidad y descarbonización en toda la flota distrital.

- Se recomienda realizar una planeación escalonada de la transición tecnológica, estableciendo metas diferenciadas por tipología vehicular, de forma que motocicletas, camionetas, camiones y ambulancias cuenten con estrategias específicas de modernización que permitan alcanzar en 2040 una participación mayoritaria de tecnologías de cero emisiones y asegurar la alineación con los compromisos distritales y nacionales de sostenibilidad.
- La política pública debe contemplar el monitoreo constante de impactos ambientales, sociales y económicos, asegurando que la reducción de emisiones y externalidades acompañe las inversiones y que los beneficios sociales se traduzcan en avances concretos en la salud pública y calidad de vida urbana. Esta vigilancia permitirá ajustes oportunos y garantizará el cumplimiento progresivo de las metas establecidas en los acuerdos y normativas vigentes para la movilidad sostenible en Bogotá D.C.

9. Bibliografía

Acuerdo 790 de 2020 Concejo de Bogotá, D.C. Disponible en: https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=103745

Acuerdos de 811 2021 Concejo de Bogotá, D.C. Disponible en: https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=113880

Agencia Nacional de Contratación Pública Colombia Compra Eficiente. (2025). Catálogo de precios. Disponible en: https://www.colombiacompra.gov.co/archivos/portfolio-item/vehiculos-iii

Arval Colombia. (s.f). Disponible en: https://www.arval.co/empresas/beneficios-tributarios-para-vehiculos-electricos-en-colombia

Arroyave. A. (2022). Estimación del inventario de emisiones atmosféricas a partir de fuentes móviles en el municipio de Caldas, Antioquia. Disponible en: https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/50386/eaarroyavea.pdf?sequence=1&isAllowed=y

BMW. (2025). Recuperado el 15 de septiembre de 2025. https://emovili.com/instalacion-cargador/bmw/c-evolution/.

Banco Mundial (2025). Programa para la electrificación de motos y ciclomotores. Disponible en: https://documents1.worldbank.org/curated/en/099032025160074068/pdf/P179834-0429ab62-0774-49dd-ae16-355f83ded701.pdf

Congreso de la República Ley 1508 de 2012 (enero del 2012). Por la cual se establece el régimen jurídico de las Asociaciones Público-Privadas, se dictan normas orgánicas de presupuesto y se dictan otras disposiciones. Obtenido de https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=45329.

CONPES 4099 Política Nacional De Promoción Del Acceso A Financiamiento De Las Entidades Subnacionales Orientado A Inversiones Sostenibles (2022). Obtenido de https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/4099.pdf.

Departamento Nacional de Planeación (DNP) (2022). Guía Territorial para la cofinanciación de iniciativas de ciudades y territorios inteligentes en Colombia. Obtenido de https://www.economiayfinanzas.gob.bo/sites/default/files/2025-04/GAM-2024.pdf.

Departamento Nacional de Planeación (DNP). Operaciones Efectivas de Caja (OEC), 2024. Obtenido de https://www.dnp.gov.co/LaEntidad_/subdireccion-general-descentralizacion-desarrollo-territorial/direccion-descentralizacion-fortalecimiento-fiscal/Paginas/analisis-de-fuentes-de-financiacion-territorial.aspx.

DNP (2017). Evaluación socioeconómica para la primera línea del metro de Bogotá, Informe resumen. Disponible en: https://www.metrodebogota.gov.co/sites/default/files/PLMB%20EvalSocioec%20InfoRes%20CONPES%20170913-12.pdf

DNP (2022). Resolución 1092 de 2022, Adopción de la Tasa Social de Descuento.

ENEL. (2025). Proceso SDA-SASI-06-2024. recuperado el 15 de septiembre de 2025. https://www.secop.gov.co/CO1BusinessLine/Tendering/ContractNoticeView/Index?prevCtxLbl=Buscar+procesos&prevCtxUrl=https%3a%2f%2fwww.secop.gov.co%3a443%2fCO1BusinessLine%2fTendering%2fContractNoticeManagement%2fIndex&notice=CO1.NTC.7144255#ContractDocuments

DNP. (2006). Manual de valoración y cuantificación de beneficios. Disponible en: https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Inversiones%20y%20finanzas%20pblicas/Manual_de_valoracion_y_cuantificacion_de_beneficios.pdf

EuroNews (2024). ¿Alcanzarán algún día los vehículos eléctricos la paridad de precios con los de gasolina y gasóleo?. Disponible en: https://es.euronews.com/next/2024/10/27/alcanzaran-algun-dia-los-vehiculos-electricos-la-paridad-de-precios-con-los-de-gasolina-y-

Federación de Aseguradores Colombianos FASECOLDA. (2025). Recuperado el 08 de septiembre 2025, de https://www.fasecolda.com/cms/wp-content/uploads/2024/12/Tarifas-SOAT-2025-referencia-Fasecolda.pdf

FDN (2022). Realizar la estructuración integral del proyecto Línea 2 del Metro de Bogotá, incluyendo los componentes legal, de riesgos, técnico y financiero. Disponible en: https://www.metrodebogota.gov.co/sites/default/files/proyecto/L2MB_Entregable_Beneficio_Costo.pdf

Greene, W.H. (2002). Econometric Analysis, fifth ed. Pearson Prentice-Hall, New York.

Hernández. G., Matamoros, M., Sanchez, A. (2019). Actualización de la estimación de los indicadores "Razón Precio–Cuenta". Archivos de Economía, Documento 497, Departamento Nacional de Planeación (DNP). Disponible en: https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Estudios%20Econmicos/497.pdf

Hernández., G. (2019). El valor social del tiempo en Colombia. Archivos de Economía, Documento 499, Departamento Nacional de Planeación (DNP). Disponible en: https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Estudios%20Econmicos/499.pdf

International Council on Clean Transportation (ICCT). (2025). Vision 2050 update report. ICCT. Disponible en : https://theicct.org/wp-content/uploads/2025/01/ID-260-%E2%80%93-Vision-2050-update_report_final.pdf

IDU (2014), Evaluación socioeconómica ex -ante del proyecto "primera línea del metro de Bogotá". Disponible en: https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Estudios%20Econmicos/DOCUMENTO_DEFINITIVO_03_03_2015(1).pdf

Menchaca, H. y Mendoza, A. (2011). Desempeño de un vehículo híbrido y su contraparte de combustión interna bajo condiciones de manejo de una ciudad mexicana. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992013000200008

Mobility Portal Latinoaamérica (2025). Obtenido de https://mobilityportal.lat/fondo-sin-reglas-claras-colombia/

Perdomo, J.A. (2011). A methodological proposal to estimate changes of residential property value: case study developed in Bogotá. Appl. Econ. Lett. 18 (16), 605–610. http://dx.doi.org/10.1080/13504851.2011.554360.

Resolución 1092 del 22 de abril de 2022 (DNP). Disponible en: https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Participacin%20privada%20en%20proyectos%20de%20infraestructu/Resoluci%C3%B3n%201092%20de%202022%20Por%20la%20cul%20se%20adopta%20la%20tasa%20Social%20de%20Descuento.pdf

Rosales, R., Perdomo, J. A., Morales C., Urrego A. (2013). Fundamentos de econometría intermedia: teoría y aplicaciones. Bogotá: Ediciones Uniandes.

SDA (2023). Inventario de Emisiones de Bogotá Contaminantes criterio y carbono negro. Disponible en: https://www.ambientebogota.gov.co/es/web/sda/calidad-del-aire

SECOP. (2025) recuperado el 10 de septiembre de 2025. https://www.secop.gov.co/CO1BusinessLine/Tendering/ContractNoticeView/Index?prevCtxLbl=Buscar+procesos&prevCtxUrl=https%3a%2f%2fwww.secop.gov.co%3a443%2fCO1BusinessLine%2fTendering%2fContractNoticeManagement%2fIndex&notice=CO1.NTC.8083908#ContractDocuments

SECOP. (2025) recuperado el 15 de septiembre de 2025. Proceso MC-2025-0010. https://www.secop.gov.co/CO1BusinessLine/Tendering/ContractNoticeView/Index?prevCtxLbl=Buscar+procesos&prevCtxUrl=https%3a%2f%2fwww.secop.gov.co%3a443%2fCO1BusinessLine%2fTendering%2fContractNoticeManagement%2fIndex&notice=CO1.NTC.8714898

Secretaría de Hacienda Distrito Capital (2025). https://www.haciendabogota.gov.co/es/noticias/avanzan-acuerdos-entre-la-nacion-y-el-distrito-capital-para-la-financiacion-de-proyectos.

Somos Eléctricos. (2024). La paridad de precios entre coches eléctricos y gasolina ya es una realidad. Disponible en: https://somoselectricos.com/paridad-precios-coches-electrivos-vs-gasolina-diesel/

Unidad de Planeación Minero Energética – UPME (2020). Realizar un estudio que permita identificar las clases de vehículos y modalidades de transporte susceptibles de realizar el ascenso tecnológico hacia tecnologías de cero y bajas emisiones a nivel nacional. Disponible en:

https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/Informe_final_Ascenso_tecnologico.pdf

Unidad de Planeación Minero Energética – UPME (2022). Factores de Emisión de los Combustibles Colombianos (FECOC+): Determinación de los factores de emisión de vehículos pesados de carga (camiones y tractocamiones) y de pasajeros (buses) a la altitud de Bogotá y Barranquilla. Disponible: https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Doc_Hemeroteca/FECOC%2B2-2.pdf

Unidad de Planeación Minero Energética – UPME (2023). Factores de Emisión de los Combustibles Colombianos (FECOC+). Determinación de los factores de emisión de vehículos livianos y motocicletas para Colombia. Disponible: https://docs.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Doc_Hemeroteca/FECOC%2B2-3.pdf

Universidad de los Andes. (s.f). Evaluación económica de impactos ambientales en proyectos sujetos a licenciamiento ambiental. Disponible en: https://www.ucipfg.com/Repositorio/MAES/MAES-09/Unidades_academicas/Unidad_5/Manualtecnico.pdf

Valora Analitik (2024).Obtenido de https://www.valoraanalitik.com/aris-mining-hace-donacion-para-la-seguridad-en-marmato-caldas/

WayCarbon. (2023). ¿Cuál es el coste social del carbono?. Disponible en: https://waycarbon.com/es/blog/cual-es-el-coste-social-del-carbono/

10. Páginas WEB consultadas

Banco de la República. (2025, septiembre 30). *La Junta Directiva del Banco de la República mantiene la meta de inflación en 3% para 2025*. https://www.banrep.gov.co/es/noticias/junta-directiva/meta-inflacion-2025#:~:text=La%20JDBR%20estima%20que%20la,de%20incertidumbre%20de%20%2B%2F%2D%201%25.&text=La%20reducci%C3%B3n%20de%20la%20inflaci%C3%B3n,su%20convergencia%20hacia%20la%20meta

AUTODOC. (s. f.). *¿Cuánto pesa una batería de coche?* Recuperado el 6 de octubre de 2025 de https://www.autodoc.es/info/cuanto-pesa-una-bateria-de-coche](https://www.autodoc.es/info/cuanto-pesa-una-bateria-de-coche

Smobery. (2024, abril 17). *¿Por qué es interesante conocer el peso de las baterías eléctricas?* https://www.smobery.com/battery-swapping/por-que-es-interesante-conocer-el-peso-de-las-baterias-electricas/#:~:text=Sin%20embargo%2C%20en%20general%2C%20se,autonom%C3%ADa%2C%20precio%2C%20ergonom%C3%ADa%20en%20el](https://www.smobery.com/battery-swapping/por-que-es-interesante-conocer-el-peso-de-las-baterias-electricas/#:~:text=Sin%20embargo%2C%20en%20general%2C%20se,autonom%C3%ADa%2C%20precio%2C%20ergonom%C3%ADa%20en%20el

Compara bien Colombia. (s. f.). *Crédito Vehículo Tradicional Nuevo – Finandina*. Recuperado el 6 de octubre de 2025 de https://comparabien.com.co/producto/creditos-vehiculos/finandina-credito-vehiculo-tradicional-nuevo

Grupo Bancolombia – Sufi. (s. f.). *Crédito de vehículo – Cartera comercial*. Recuperado el 6 de octubre de 2025 de https://sufi.grupobancolombia.com/sufi/creditos/movilidad/vehiculo/cartera-comercial

Fasecolda (s.f). Disponible en: https://www.fasecolda.com/guia-de-valores/

Mobilize Lease Colombia. (s. f.). *Simulador de renta de carro*. Recuperado el 6 de octubre de 2025 de https://www.mobilize-lc.com.co/simulador/elegir-renta-de-carro](https://www.mobilize-lc.com.co/simulador/elegir-renta-de-carro

Semana. (2024, febrero 8). La millonada que podría costar el mantenimiento anual de un carro eléctrico en Colombia. Semana. https://www.semana.com/economia/articulo/la-millonada-que-podria-costar-el-mantenimiento-anual-de-un-carro-electrico-en-colombia/202427/

Alkirenting. (2024, agosto 9). *Requisitos esenciales para estrenar un carro con renting*. https://alkirenting.com/blog/requisitos-esenciales-para-estrenar-un-carro-con-renting

Grupo Bancolombia – Sufi. (s. f.). *Leasing de vehículo*. Recuperado el 6 de octubre de 2025 de https://sufi.grupobancolombia.com/sufi/leasing/movilidad/vehiculo](https://sufi.grupobancolombia.com/sufi/leasing/movilidad/vehiculo

Banco Finandina. (s. f.). *Simulador de crédito de vehículo*. Recuperado el 6 de octubre de 2025 de https://www.bancofinandina.com/productos/credito-vehiculo/simulador-de-credito-vehiculo

Made-in-China. (s. f.). *Tyre Carbon Black Products*. Recuperado el 6 de octubre de 2025 de https://es.made-in-china.com/tag_search_product/Tyre-Carbon-Black_ihyuugn_1.html

Concejo de Bogotá. (2024, enero 10). *Acta 18 de 2024 – Sesión plenaria*. https://concejodebogota.gov.co/concejo/site/docs/20240110/asocfile/20240110090449/acta_18_2024.pdf

AS USA. (2024, julio 12). *La diferencia entre las baterías de autos híbridos y eléctricos*. https://us.as.com/autos/curiosidades/la-diferencia-entre-las-baterias-de-autos-híbridos-y-electricos/

Pluralidad Z. (s. f.). ¿Cuánto cuesta mantener la Toyota Corolla Cross híbrido? Pluralidad Z. https://pluralidadz.com/economia/cuanto-cuesta-mantener-la-toyota-corolla-cross-híbrido/

La República. (s. f.). ¿Cuánto cuesta mantener en buen estado alguno de los tres vehículos más vendidos en Colombia? La República. https://www.larepublica.co/consumo/cuanto-cuesta-mantener-en-buen-estado-alguno-de-los-tres-los-vehiculos-mas-vendidos-en-colombia-2881789

11. Anexos

Anexo 1. Base de datos modelo.

Anexo 2. Resultados ACB-Impactos.

Anexo 3. Insumos de información empleados en los cálculos de los anexos 1 y 2.

Anexo 4. Acto Administrativo.

11.1. Anexo 3. Insumos de información empleados en los cálculos de los anexos 1 y 2

Rubro	Valor del RPC	Denominación del RPC	Fuente
CAPEX	0,699	Vehículos para usos especiales; unidades motrices de carretera; camiones grúa; carrocerías, remolques y contenedores	Hernández *et al*., y Matamoros *et al.* (2019)
	0,678	Vehículos de pasajeros de transporte público	
	0,713	Vehículos automotores n.c.p. para el transporte de mercancías	
	0,697	Promedio	
OPEX	0,884	Servicios de reparación de vehículos automotores	
	0,822	Gasolinas y otros combustibles	
	0,901	Energía eléctrica distribuida y servicios relacionados	
	0,71	Servicios y seguros	
	0,805	Promedio RPC OPEX fósil	Cálculo propio
	0,829	Promedio RPC OPEX bajas emisiones	
	0,832	Promedio RPC OPEX cero emisiones	
Gases contaminantes	0,822	Gasolinas y otros combustibles	Hernández *et al.* y Matamoros *et al.* (2019)
Rubro	**Valor (precios 2025)**	**Denominación**	**Fuente**
CO	$2’331.017	Toneladas	DNP (2017)
PM2.5	$189’412.430		
CO2eq	$25.642		
BC	$3’124.000 (US800X$3.906)		https://es.made-in-china.com/tag_search_product/Tyre-Carbon-Black_ihyuugn_1.html
Tratamiento y transporte de residuos peligrosos y electrónicos	$7.600 ($76.000/10)*	Kilogramo	Anexo 2 del estudio mercado (tercer entregable), el valor de $76.000 es por cada 10 kg, el cociente entre estos dos es el precio por kg.
Precios de los vehículos por tipología	Detalles en el Anexo 2 del estudio mercado (tercer entregable		
Costos aproximado de un cargador para vehículo eléctrico (precios de 2025)	$113’000.000	Detalles en el Anexo 2 del estudio mercado (tercer entregable)	
Costos anual aproximado del consumo de combustible	Detalles en el Anexo 2 del estudio mercado (tercer entregable)		
Precio del seguro todo riesgo por tipologías de vehículos	Entre el 3% y 5% del precio del vehículo	Detalles en el Anexo 2 del estudio mercado (tercer entregable) y https://www.semana.com/economia/articulo/la-millonada-que-podria-costar-el-mantenimiento-anual-de-un-carro-electrico-en-colombia/202427/	

Precio del seguro obligatorio (SOAT) por tipologías de vehículos	1% del valor del vehículo	
Mantenimiento anual de un vehículo eléctrico	0,45% del valor del vehículo	https://www.semana.com/economia/articulo/la-millonada-que-podria-costar-el-mantenimiento-anual-de-un-carro-electrico-en-colombia/202427/
Mantenimiento anual de un vehículo híbrido	1,1% del valor del vehículo	https://pluralidadz.com/economia/cuanto-cuesta-mantener-la-toyota-corolla-cross-híbrido/
Mantenimiento anual de un vehículo de combustión fósil	6% del valor del vehículo	https://www.larepublica.co/consumo/cuanto-cuesta-mantener-en-buen-estado-alguno-de-los-tres-los-vehiculos-mas-vendidos-en-colombia-2881789
Impuesto anual de un vehículo eléctrico	1% del valor del vehículo	https://www.semana.com/economia/articulo/la-millonada-que-podria-costar-el-mantenimiento-anual-de-un-carro-electrico-en-colombia/202427/
Tasa efectiva anual (TAE) financiamiento tradicional (plazo 6 años)	19,42%	https://comparabien.com.co/producto/creditos-vehiculos/finandina-credito-vehiculo-tradicional-nuevo
Tasa efectiva anual (TAE) leasing (plazo 6 años)	11,2%	https://www.bancofinandina.com/productos/credito-vehiculo/simulador-de-credito-vehiculo
Peso promedio de una batería de vehículo eléctrico (kilogramos)	600	https://www.autodoc.es/info/cuanto-pesa-una-bateria-de-coche
Peso promedio de una batería de vehículo híbrido (kilogramos)	131 (290 libras)	https://us.as.com/autos/curiosidades/la-diferencia-entre-las-baterias-de-autos-híbridos-y-electricos/
Peso promedio de una batería de moto eléctrica (kilogramos)	10	https://www.smobery.com/battery-swapping/por-que-es-interesante-conocer-el-peso-de-las-baterias-electricas/#:~:text=Sin%20embargo%2C%20en%20general%2C%20se,autonom%C3%ADa%2C%20precio%2C%20ergonom%C3%ADa%20en%20el
Presupuestos de la entidades distritales	Ver anexo 2 (se toma el 2,8%, como límite inferior en el escenario acelerado bajo la modalidad de renting)	https://concejodebogota.gov.co/concejo/site/docs/20240110/asocfile/20240110090449/acta_18_2024.pdf
Factores de emisión de contaminantes (FE)	PM2.5* y CO*	SDA (2024, tabla 45, p.108). *Para los vehículos híbridos el FE de CO es 0,4966 y el de PM2.5 es 0,0142 (Arroyave, 2022). En tipologías que no se tiene información en tecnología híbrida, se

Factores de emisión de contaminantes BC*	35% (relación entre BC y PM2.5 del sector transporte terrestre, 501,8/1.435,8)	aplica una corrección sobre el FE de combustión fósil, de la siguiente forma: FE de CO (10%; $0{,}10 = \frac{0{,}496}{5{,}15}$) y PM2.5 (93%; $0{,}93 = \frac{0{,}014}{0{,}015}$), de acuerdo con estos datos para los vehículos ligeros (gasolina e híbrido). Para los vehículos de combustión fósil nuevos, se asumen los FE de SDA (2024), bajo el supuesto de que el avance se realizó con esta tecnología de nueva generación; es decir, se toman los FE de los modelos más recientes publicados en SDA (2024).
Factores de emisión (FE) de contaminantes CO2Eq* para transporte de carga y pasajeros	Promedio para Bogotá	UPME (2022 y 2023). *Para los vehículos híbridos el FE de CO2Eq es 191,84 (Menchaca y Mendoza, 2013).
Factores de emisión (FE de contaminantes CO2Eq para transporte livianos y motocicletas	Livianos (296,6 kg/km) / Motos (129,8 kg/km)	
Porcentaje de depreciación del vehículo al final de su vida útil (valor de salvamento)	Fósil (20%-35%, según corresponda a la tipología vehicular), híbrido (15%-36%, según corresponda a la tipología vehicular) y cero emisiones (15%-20%, según corresponda a la tipología vehicular)	Fasecolda (s.f.), https://www.fasecolda.com/guia-de-valores/
Tasa de Descuento Social (TDS)	6,4%	Resolución 1092 del 22 de abril de 2022.

Fuente: Elaboración propia.