

ANÁLISIS DEL SECTOR TECNOLOGÍAS DE CERO O BAJAS EMISIONES



Bogotá D. C., Julio de 2020

CONTENIDO

1	CONTEXTO POLÍTICO Y NORMATIVO	4
1.1	INTERNACIONAL	4
1.1.1	Protocolo de Kioto	4
1.1.2	Objetivos de Desarrollo Sostenible	5
1.1.3	Acuerdo de París.....	5
1.1.4	Proclamación de Marrakech	6
1.1.5	Normativas internacionales sobre emisión de contaminantes.....	6
1.2	NACIONAL	6
1.2.1	Constitución política de 1991	6
1.2.2	Plan Nacional de Desarrollo.....	7
1.2.3	Ley 1964 del 11 de julio de 2019	7
1.2.4	Ley 1972 del 11 de julio de 2019	8
1.2.5	Política Intersectorial alrededor de los Sistemas de Transporte Masivo.....	8
1.2.6	Política y normativa de Transporte y Desarrollo Urbano.	10
1.2.7	Política y normativa ambiental y de salud pública.....	11
1.2.8	Contribución nacionalmente determinada en el marco del acuerdo de París....	12
1.2.9	Normativa de emisiones contaminantes	12
1.2.10	Plan Energético Nacional	13
1.3	DISTRITAL.....	15
1.3.1	Plan Distrital de Desarrollo.....	16
1.3.2	Normativa para la vinculación de vehículos con tecnologías cero emisiones	17
1.3.3	Plan Maestro de Movilidad	18
1.3.4	Plan Distrital de Ascenso Tecnológico	18
1.3.5	Plan Decenal de Descontaminación	18

1.3.6	Plan Distrital de Gestión de Riesgo y Cambio Climático	3
1.4	Alineación de Objetivos del proyecto con el contexto político y normativo.....	19
2	CONTEXTO TÉCNICO.....	21
2.1	CONDICIONES DE OPERACIÓN Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES	21
2.2	LAS ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS Y SU DISPONIBILIDAD EN EL MERCADO	22
2.2.1	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS	24
2.3	EXPERIENCIAS INTERNACIONALES EN LA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE CERO O BAJAS EMISIONES.....	29
2.4	EXPERIENCIAS NACIONALES EN LA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE CERO O BAJAS EMISIONES	33
2.5	EXPERIENCIAS DISTRITALES EN LA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE CERO O BAJAS EMISIONES	34
2.5.1	Pruebas realizadas en Bogotá.....	34
2.6	INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE CERO Y BAJAS EMISIONES	40
2.6.1	Infraestructura para el abastecimiento de Energía Eléctrica	42
2.6.2	Infraestructura para el abastecimiento de Gas Natural Vehicular	46
3	CONTEXTO ECONÓMICO.....	54
3.1	MERCADO DE BUSES URBANOS A NIVEL INTERNACIONAL.....	54
3.1.1	Productos incluidos dentro del sector.....	54
3.1.2	Tendencias clave del mercado.....	58
3.2	SECTOR TRANSPORTE URBANO EN COLOMBIA.....	64
3.2.1	Contexto de la Oferta y la demanda.....	64
3.3	ANÁLISIS DE MERCADO.....	70
3.3.1	Agentes que componen el sector.....	70
3.4	CONTEXTO AMBIENTAL	96

ANÁLISIS DEL SECTOR TECNOLOGÍAS DE CERO O BAJAS EMISIONES

En el presente análisis de sector se hará referencia al contexto político y normativo, contexto técnico, contexto económico y contexto ambiental relacionado con el objeto a contratar en las licitaciones públicas 017 y 18 de 2019.

1 CONTEXTO POLÍTICO Y NORMATIVO

En Colombia existe un amplio marco normativo y de políticas públicas contenidos en los diferentes instrumentos de planeación a nivel nacional y local orientados a la prevención y mitigación de los riesgos asociados a la contaminación del aire, el cambio climático y a la promoción de la salud ambiental y al transporte público de pasajeros.

Así mismo el país a suscrito acuerdos y compromisos internacionales para trabajar en la lucha contra estas problemáticas y retos que se plantean para garantizar a la sociedad un ambiente sano, contribuir al desarrollo sostenible y garantizar los recursos naturales para las generaciones futuras, particularmente en la implementación de proyectos para los diferentes sectores económicos y proyectos estratégicos y/o prioritarios necesarios en las diferentes ciudades.

1.1 INTERNACIONAL

El cambio climático y la contaminación del aire han sido una constante preocupación a nivel mundial. Es por ello por lo que los países han adoptado diferentes instrumentos tendientes a controlar estas problemáticas.

A continuación, entre otras, se resumen los principales:

1.1.1 Protocolo de Kioto

El 11 de diciembre de 1997 se adoptó en el marco de la COP3 el protocolo de Kioto. Este protocolo buscaba principalmente que sus partes se aseguraran, individual o conjuntamente, de reducir las emisiones de los gases responsables del efecto invernadero a un nivel inferior

en no menos de 5% al de 1990, en el periodo de compromisos comprendido entre los años 2008 y 2012.¹

1.1.2 Objetivos de Desarrollo Sostenible

Los objetivos de desarrollo sostenible se gestaron en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, celebrada en Rio de Janeiro en 2012. Estos objetivos son un llamado universal a la adopción de medidas para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad. Particularmente, el objetivo 13 denominado acción por el clima, se refiere a problemática del cambio climático.²

1.1.3 Acuerdo de París

El 12 de diciembre de 2015 se adoptó en el marco de la COP21 el acuerdo de París. Este acuerdo tiene por objeto reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza.

Para ello, concretamente, busca:

- 1) Mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1.5 °C con respecto a los niveles preindustriales.
- 2) Aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promover la resiliencia al clima y un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero.
- 3) Situar los flujos financieros en un nivel compatible con una trayectoria que conduzca a un desarrollo resiliente al clima y con bajas emisiones de gases de efecto invernadero.³

El acuerdo de París se aplicará teniendo en consideración las circunstancias propias de cada nación. En ese sentido, en sus contribuciones determinadas a nivel nacional, cada país establecería sus esfuerzos con miras a alcanzar los propósitos del acuerdo.⁴

¹ Protocolo de Kioto, <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>

² Objetivos de desarrollo sostenible, <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>

³ Acuerdo de París, https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf

⁴ Ibidem

1.1.4 Proclamación de Marrakech

El 17 de noviembre de 2016 en el marco de la COP22 se expidió la proclamación de Marrakech. A través de esta proclamación los países participantes acogieron el acuerdo de París y afirmaron el compromiso con su plena aplicación.⁵

1.1.5 Normativas internacionales sobre emisión de contaminantes

La Unión Europea ha establecido dentro de sus regulaciones, los límites máximos de emisión de contaminantes para vehículos que funcionan con motores de combustión interna, conocidos como “estándares de emisión EURO”.

Dentro de los procesos de evolución tecnológica y conforme a las condiciones de cada uno de los países miembros en materia de calidad de combustibles, esa regulación ha fijado horizontes de tiempo para la entrada de vehículos conforme el estándar de emisión acreditado.

Así, el reglamento 595 de 2009 expedido por el parlamento europeo y el consejo de la unión europea, establece las disposiciones fundamentales sobre emisiones de vehículos.⁶

En este mismo sentido, Estados Unidos ha trabajado varias normativas y estándares de emisión como son entre otras las normas EPA, Tier y CARB para regular las emisiones vehiculares en su territorio.

Actualmente, los estándares de emisión para vehículos pesados de combustión interna más avanzados son Euro VI y EPA 2010 en particular en la línea de buses y/o autobuses urbanos.

De igual forma, a nivel mundial en los últimos años se vienen impulsando políticas para migrar a tecnologías de bajas y cero emisiones en ruta (vehículos híbridos, eléctricos y de pila de combustión o hidrógeno) en donde se han introducido otras fuentes energéticas más limpias y particularmente fuentes de energías renovables.

1.2 NACIONAL

1.2.1 Constitución política de 1991

⁵ Proclamación de Marrakech, https://unfccc.int/sites/default/files/marrakech_action_proclamation.pdf

⁶ Reglamento 595 de 2009, <https://www.boe.es/doi/2009/188/L00001-00013.pdf>

La constitución política dispone en su artículo 79 que “Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano”.⁷ En consecuencia, el estado debe adoptar medidas y estrategias tendientes a mejorar la calidad del aire.

1.2.2 Plan Nacional de Desarrollo

El plan nacional de desarrollo es la hoja de ruta que establece los objetivos del gobierno nacional, fijando programas, inversiones y metas para el cuatrienio. La Ley 1955 de 2019 por medio de la cual se expide el plan de desarrollo 2018-2022. Pacto por Colombia, pacto por la equidad”, en el artículo 98 establece que *“(…) los planes de movilidad sostenible y segura darán prelación a los medios de transporte no motorizados (peatón y bicicleta) y al transporte público con energéticos y tecnologías de bajas o cero emisiones. En todo caso, los planes de movilidad deberán determinar objetivos y metas de movilidad sostenible, articulados con los respectivos planes de ordenamiento territorial, cuyo total cumplimiento deberá garantizarse mediante la formulación y ejecución de estrategias, programas y proyectos. (…) la formulación de los planes de movilidad sostenibles y segura deberá enmarcarse en la estrategia para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en Colombia. PARÁGRAFO. El ministerio de Minas y Energía y el ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, dentro de los seis (6) meses siguientes a la promulgación de esta ley, establecerá mediante reglamentación la definición de energéticos de bajas o cero emisiones, teniendo como criterio fundamental su contenido de componentes nocivos para la salud y el medio ambiente. El Ministerio de Transporte y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible expedirán la reglamentación de tecnologías vehiculares de bajas o cero emisiones. Las definiciones y reglamentaciones deberán ser actualizadas de manera cuatrienal considerando los constantes avances en los energéticos y en las tecnologías.”*

Adicionalmente, el artículo 99 de esa misma Ley dispone que *“(…) los sistemas de transporte cofinanciados por la Nación deberán ser soluciones de transporte que cumplan condiciones de calidad, utilizar eficientemente los recursos, incorporar energéticos y tecnologías vehiculares de cero o bajas emisiones y facilitar el acceso a personas con discapacidad o movilidad reducida (…)”*

1.2.3 Ley 1964 del 11 de julio de 2019

⁷ http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/constitucion_politica_1991_pr002.html#79

Esta Ley dispone que las ciudades que tienen Sistemas de Transporte Masivo deberán implementar políticas públicas y acciones tendientes a garantizar que un porcentaje de los vehículos utilizados para la operación de las flotas, sean eléctricos o de cero emisiones contaminantes. Dentro de las acciones e Incentivos para vehículos eléctricos y de cero emisiones previstos en la Ley 1964 de 2019 se tienen:

Se promueve el uso de vehículos eléctricos en Colombia y se dictan otras disposiciones	Impuesto sobre vehículos automotores: Las tarifas aplicables no podrán superar en ningún caso, el 1% del valor comercial del vehículo	Descuento sobre la revisión técnico-mecánica y de emisiones contaminantes	Descuento en Seguro Obligatorio (SOAT) del 10%
Las entidades territoriales podrán desarrollar, promover y ofertar diferentes incentivos económicos para impulsar la movilidad eléctrica	Estar exentos de las medidas de restricción a la circulación vehicular	Parqueaderos preferenciales	Iniciativa pública de uso de vehículos eléctricos
	Iniciativa de estaciones de carga rápida	Iniciativa disposiciones urbanísticas	

Fuente: Ley 1964 del 11 de julio de 2019 – extraído del estudio de mercado incluido en el proyecto - Implementación de mecanismos financieros innovadores para la transición a flotas de autobuses más limpias en Colombia. WRI-UK PACT Colombia - Clean Energy Works

1.2.4 Ley 1972 del 11 de julio de 2019

La Ley 1972 de 2019, por medio de la cual se establecen medidas tendientes a la reducción de emisiones contaminantes de fuentes móviles, dispone en el artículo 4 que a partir del 1 de enero de 2023 las fuentes móviles terrestres con motor ciclo diésel que se fabriquen, ensamblen o importen al país, con rango de operación nacional, tendrán que cumplir con los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes al aire correspondientes a tecnología Euro VI, su equivalente o superiores.

1.2.5 Política Intersectorial alrededor de los Sistemas de Transporte Masivo

En concordancia con los derechos y deberes constitucionales, en Colombia existe un marco normativo y una política intersectorial que orienta el desarrollo y evolución de los sistemas de transporte masivo en un marco de sostenibilidad integral, principalmente, desde los sectores Desarrollo Urbano y Transporte, Ambiente, Salud y Minas y Energía.

Para el caso de los Sistemas de Transporte Masivo, actualmente se tienen dentro del contexto de la política pública una serie de lineamientos, estrategias y acciones prioritarias contenidas en los documentos **CONPES** nacionales desde diferentes sectores que orientan los conceptos claves para el diseño y estructuración de los programas y proyectos, a manera de ilustración a continuación se presentan algunos de los documentos de política que inciden en el desarrollo de los proyectos de transporte en las principales ciudades del país.

1.2.5.1 CONPES 3260

El CONPES 3260 del 15 diciembre de 2003 establece la Política Nacional de Transporte Urbano y Masivo, en este documento se presenta la política del Gobierno Nacional para impulsar la implantación de sistemas integrados de transporte masivo –SITM– en las grandes ciudades del país y fortalecer la capacidad institucional para planear y gestionar el tráfico y transporte en las demás ciudades, con el propósito de incrementar su calidad de vida y productividad, e impulsar procesos integrales de desarrollo urbano, dentro de un marco de eficiencia fiscal que promueva nuevos espacios para la participación del sector privado en el desarrollo y operación del transporte urbano de pasajeros⁸.

1.2.5.2 CONPES 3550

El CONPES 3550 del 24 de noviembre de 2008 establece los lineamientos para la formulación de la política integral de salud ambiental con énfasis en los componentes de calidad del aire, calidad del agua y salud química. En este CONPES se dispone que en los procesos de planificación, diseño e implementación de proyectos de inversión sectoriales (tales como desarrollo urbano, transporte y energía) se buscará de manera activa – además de los beneficios sectoriales – la generación de beneficios en materia sanitario – ambiental por la utilización de tecnologías eficientes y limpias.⁹

1.2.5.3 CONPES 3344

El CONPES 3344 del 14 de marzo de 2015 establece los lineamientos para la formulación de la política de prevención y control de la calidad del aire. Respecto al sector transporte, se establece que contribuyen al mejoramiento de la calidad del aire medidas con el fomento al

⁸ Este documento hace seguimiento a los lineamientos de política establecidos por el Conpes 3167 de 2002.

⁹ Conpes 3550, <http://www.minvivienda.gov.co/conpesagua/3550%20-%202008.pdf>

uso de combustibles más limpios como el gas natural y los biocombustibles, el uso de Sistemas Integrados de Transporte Masivo y la chatarrización de vehículos obsoletos de transporte público.¹⁰

1.2.5.4 CONPES 3943

El Conpes 3943 del 31 de julio de 2018 establece la política para el mejoramiento de la calidad del aire. En este Conpes se menciona que las medidas que generarían mayor impacto en la reducción de emisiones de partículas serían la eliminación del transporte público tradicional, la mejora de los combustibles y la completa implantación de los sistemas integrados de transporte.

Así mismo, dentro de las líneas para la reducción de las emisiones contaminantes al aire provenientes de fuentes móviles se establece la renovación y modernización del parque automotor con tecnologías de bajas o cero emisiones, la actualización de parámetros de calidad de los combustibles y biocombustibles, y el seguimiento y control de las emisiones.

Dentro de los indicadores de resultados de la política para el mejoramiento de la calidad del aire se establece el siguiente indicador:

Objetivo	Indicador	Unidad de medida	Línea base	Meta
Reducir las emisiones contaminantes al aire provenientes de fuente móviles	Sistemas de transporte masivo operando con vehículos eléctricos y dedicados a gas natural sobre el total de sistemas de transporte masivo operando en 2018	Porcentaje	29% (2018)	100% (2028)

1.2.6 Política y normativa de Transporte y Desarrollo Urbano.

En este sentido, el Conpes 3677 “*Conpes de movilidad integral para la región capital Bogotá – Cundinamarca*”, menciona que en el marco del Plan de Ordenamiento Territorial (POT), los planes maestros sectoriales son los instrumentos que permiten definir las necesidades de generación de suelo urbanizado, de acuerdo con las previsiones de crecimiento poblacional y de localización de actividades económicas.

El Distrito capital, mediante el Decreto 319 de 2006, adoptó el Plan Maestro de Movilidad (PMM) como el instrumento de planificación de la movilidad que se articula con la estrategia de ordenamiento de la ciudad-región. El PMM busca impulsar una política sectorial para Bogotá basada en una movilidad segura, equitativa, sostenible y competitiva, estableciendo

¹⁰ Conpes 334, http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/conpes/2005/Conpes_3344_2005.pdf

como eje estructurador el sistema de transporte público. Así mismo, define como objetivo la integración modal de transporte para facilitar el acceso, la cobertura y la complementariedad del sistema de movilidad urbana, rural y regional.

Una de las principales estrategias del PMM consiste en la definición del Sistema Integrado de Transporte Público (SITP), que fue adoptado mediante Decreto 309 de 2009. El SITP surgió de la necesidad de generar un sistema integrado de transporte, con los mejores elementos de cada uno de los esquemas de prestación del servicio¹¹, para mejorar las condiciones de cobertura, accesibilidad, costo, seguridad, conectividad y beneficio social.

1.2.7 Política y normativa ambiental y de salud pública.

La Ley 99 de 1993 en el artículo 64, asigna funciones ambientales a los departamentos, funciones que se enfocan básicamente a la promoción y ejecución de las políticas ambientales nacionales y a dar apoyo presupuestario, técnico, financiero y administrativo a las Corporaciones Autónomas Regionales, a los municipios y a las demás entidades territoriales que se creen en el ámbito departamental, para la ejecución de programas y proyectos para la conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables.

Los municipios, Distritos y el Distrito Capital de Bogotá, tienen funciones ambientales que están establecidas en el artículo 65 de la Ley 99 de 1993 y que se enfocan a la promoción y ejecución de las políticas nacionales, regionales y sectoriales que se relacionen con el medio ambiente; velar por el cumplimiento de las normas ambientales; defender el patrimonio ecológico del municipio; coordinar acciones de control y vigilancia y dictar las normas de ordenamiento territorial del municipio, entre otras.

De igual forma, la Ley 715 de 2001 establece obligaciones en materia de salud pública relacionadas con factores ambientales, para lo cual los municipios y distritos especiales deberán ejercer las competencias de inspección, vigilancia y control de factores de riesgo que afecten la salud humana presentes en el ambiente, en coordinación con las autoridades ambientales, entre ellas la calidad del aire, lo anterior, teniendo en cuenta que el impacto en la salud por contaminación del aire es un fenómeno que ya está demostrado a nivel internacional.

El artículo 74 de la citada ley, establece que los Departamentos son promotores del desarrollo económico y social dentro de su territorio y ejercen funciones administrativas, de coordinación, de complementariedad de la acción municipal, de intermediación entre la

¹¹ El SITP abarca la integración del transporte colectivo y masivo actual (y futuro), las instituciones o entidades creadas para la planeación, la organización, el control del tráfico y el transporte público, así como la infraestructura requerida para la accesibilidad, circulación y el recaudo, control e información y servicio al usuario del sistema.

Nación y los Municipios y de prestación de los servicios y en ejercicio de sus competencias corresponde entre otras desarrollar y ejecutar programas y políticas para el mantenimiento del medio ambiente y los recursos naturales renovables, así como coordinar y dirigir con la colaboración de las Corporaciones Autónomas Regionales, las actividades de control y vigilancia ambientales intermunicipales, que se realicen en el territorio del departamento.

1.2.8 Contribución nacionalmente determinada en el marco del acuerdo de París

Mediante la Ley 1844 de 2017 fue aprobado en Colombia el acuerdo de París. La “contribución nacionalmente determinada” (NDC), presentada por Colombia en el marco del Acuerdo de París, incluye una meta de reducción de emisiones de gases de efecto de invernadero en un 20% con respecto a las emisiones proyectadas para el año 2030 y una meta condicionada sujeta a la provisión de apoyo internacional, según la cual Colombia podría aumentar su ambición para pasar de una reducción del 20% a una del 30% con respecto a las emisiones proyectadas para el año 2030.¹²

1.2.8.1 Plan de acción sectorial de mitigación del sector transporte

El sector transporte de todo el país en sus diferentes modalidades, aporta el 10% de las emisiones del CO₂.

Concretamente, respecto a los sistemas de transporte masivo, el Plan de Acción Sectorial de Mitigación del Sector Transporte en la medida referente a buses eléctricos en la flota de sistemas de transporte masivo, establece la sustitución del 75% de la flota de buses articulados de los sistemas de transporte masivo (SITMA) en el año 2040.¹³

1.2.9 Normativa de emisiones contaminantes

La Resolución Nacional 1111 de 2013 por la cual se modifica la Resolución 910 de 2008, dispone en el artículo 4 los límites máximos de emisión permisibles para vehículos pesados con motor ciclo diésel evaluados mediante ciclos ESC, ETC y ELR, los cuales corresponden a los niveles máximos establecidos para el estándar de emisión Euro VI.

¹² Ley 1844 de 2017. http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1844_2017.html

¹³ Plan de acción sectorial de mitigación del sector transporte, http://lowemissiondevelopment.org/lecbp/docs/countries/Colombia/Colombia_PAS_Transporte_VFinal.pdf

Para el caso de Bogotá, la Resolución 1304 de 2012 establece como límite máximo para los niveles de emisión de los vehículos diésel que se vinculen a la prestación del servicio público de transporte (masivo e integrado), los equivalentes a los del estándar de emisión Euro V o EPA 2007.

1.2.10 Plan Energético Nacional

El Plan energético nacional fue elaborado por la UPME en el año 2015. Este documento presenta algunas ideas sobre el desarrollo futuro del sector energético colombiano, que pueda servir de base para la elaboración e implementación de una política energética.

Determina que “el sector transporte es el mayor consumidor de energía en el país, en la actualidad representa el 44% de la demanda energética nacional. Este sector se caracteriza por su alta dependencia de combustibles fósiles, en particular de la gasolina y el diésel, cuya participación es de 75%.

Las ineficiencias identificadas por la UPME en el sector transporte, además de la alta dependencia de combustibles fósiles, están ligadas al mantenimiento inapropiado de los vehículos, la congestión vehicular y el envejecimiento del parque automotor.” Concretamente, planea la diversificación de la canasta de combustibles para el sector transporte, a través de la incorporación de nuevas fuentes de abastecimiento de energía, que sean económicamente viables, pero que tengan un impacto ambiental moderado. Por ejemplo, se refiere al biocombustible, al gas y a la electrificación.¹⁴

1.2.9. Incentivos tributarios

La ley 697 de 2001 mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones, crea el programa de uso racional y eficiente de la energía y demás formas de energía no convencionales “PROURE” y dispone que el Gobierno Nacional establecerá los incentivos e impondrá las sanciones, de acuerdo con el PROURE y las normas legales vigentes.¹⁵

Mediante la resolución 180919 de 2010 del Ministerio de Minas y Energía se adoptó el plan de acción indicativa 2010-2015 para desarrollar el PROURE y mediante la resolución 41286 de

¹⁴ Plan Energético Nacional Colombia: Ideario Energético 2050. http://www1.upme.gov.co/Documents/PEN_IdearioEnergetico2050.pdf

¹⁵ Ley 697 de 2001, http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0697_2001.html

2016 del Ministerio de Minas y Energía se adoptó el plan de acción indicativo 2017-2022 para el desarrollo del PROURE.

Por su parte, la Ley 1715 de 2014 por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional, establece que “para fomentar el uso de la energía procedente de FNCE, los equipos, elementos, maquinaria y servicios nacionales o importados que se destinen a la pre inversión e inversión, para la producción y utilización de energía a partir de las fuentes no convencionales, así como para la medición y evaluación de los potenciales recursos estarán excluidos de IVA.” Así mismo dispone que *“las personas naturales o jurídicas que a partir de la vigencia de la presente ley sean titulares de nuevas inversiones en nuevos proyectos de FNCE gozarán de exención del pago de los Derechos Arancelarios de Importación de maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados exclusivamente para labores de pre-inversión y de inversión de proyectos con dichas fuentes. Este beneficio arancelario será aplicable y recaerá sobre maquinaria, equipos, materiales e insumos que no sean producidos por la industria nacional y su único medio de adquisición esté sujeto a la importación de los mismos.”*¹⁶

Así mismo, el estatuto tributario establece en el artículo 424 sobre bienes que no causan IVA, numeral 7 “los equipos y elementos nacionales o importados que se destinen a la construcción, instalación, montaje y operación de sistemas de control y monitoreo, necesarios para el cumplimiento de las disposiciones, regulaciones y estándares ambientales vigentes, para lo cual deberá acreditarse tal condición ante el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.” *De la misma forma dispone, en el artículo 428 sobre importaciones que no causan IVA en el literal F “la importación de maquinaria o equipo, siempre y cuando dicha maquinaria o equipo no se produzcan en el país, destinados a reciclar y procesar basuras o desperdicios (la maquinaria comprende lavado, separado, reciclado y extrusión), y los destinados a la depuración o tratamiento de aguas residuales, emisiones atmosféricas o residuos sólidos, para recuperación de los ríos o el saneamiento básico para lograr el mejoramiento del medio ambiente, siempre y cuando hagan parte de un programa que se apruebe por el Ministerio del Medio Ambiente. Cuando se trate de contratos ya celebrados, esta exención deberá reflejarse en un menor valor del contrato. Así mismo, los equipos para el control y monitoreo ambiental, incluidos aquellos para cumplir con los compromisos del protocolo de Montreal.”*¹⁷

El Decreto 1625 de 2016 en el artículo 1.3.1.14.7. Elementos, equipos o maquinaria que no son objeto de certificación para la exclusión de IVA, establece que *“en el marco de lo dispuesto en los artículos 424 numeral 7 y 428 literal f) del Estatuto Tributario, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales -ANLA o quien haga sus veces, no acreditará la exclusión de IVA respecto de: (...) d) Equipos, elementos y maquinaria destinados a proyectos, programas o actividades de reducción en el consumo de energía y/o eficiencia energética, a menos que estos últimos correspondan a la implementación de metas ambientales concertadas con el Ministerio de*

¹⁶ Ley 1715 de 2014, http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html

¹⁷ Estatuto tributario, http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/estatuto_tributario.html

Ambiente y Desarrollo Sostenible, para el desarrollo de las estrategias, planes y programas nacionales de ahorro y eficiencia energética establecidos por el Ministerio de Minas y Energía.”¹⁸

Al respecto, la resolución 585 de 2017 de la UPME establece el procedimiento para conceptuar sobre los proyectos de eficiencia energética / gestión eficiente de la energía que se presenten para acceder al beneficio tributario de que trata el literal D del artículo 1.3.1.14.7 del Decreto 1625 de 2016.

Así mismo, la resolución 2000 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible establece la forma y requisitos para presentar ante la ANLA las solicitudes de acreditación para obtener la exclusión del impuesto sobre las ventas de que tratan los artículos 424 numeral 7 y 428 literal f) del estatuto tributario.

Finalmente, mediante la resolución 1988 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, se adoptaron metas indicativas de eficiencia energética por sector, así como las acciones y medidas para acceder a la exclusión del IVA.

En relación con los aranceles, el Decreto 1116 de 2017 establece un gravamen arancelario del 0% para la importación anual de vehículos eléctricos hasta el 2027 y un gravamen arancelario del 5% para la importación anual de vehículos híbridos también hasta el 2027. Esta reducción arancelaria aplica para la importación de un número de vehículos determinado cada año y busca estimular el uso de fuentes móviles que generen menos emisiones contaminantes al aire.

1.3 DISTRITAL

Dentro del marco de política pública y el marco normativo distrital se cuenta con los lineamientos de Política fijados en el Plan Distrital de Desarrollo, de igual manera Bogotá tiene un marco normativo distrital amplio, entre otros, en materia de ordenamiento territorial, transporte y ambiente. A continuación, se relacionan los principales asociados al proceso.

¹⁸ Decreto 1625 de 2016,

<http://www.minhacienda.gov.co/HomeMinhacienda/content/conn/OCS/path/Contribution%20Folders/SitioWeb/Home/elministerio/NormativaMinhacienda/DURTRIBUTARIO/DURTRIBUTARIOConsolidado/23-2-2017-DUR.htm>

1.3.1 Plan Distrital de Desarrollo

El plan distrital de desarrollo adoptado mediante Acuerdo No. 761 del año 2020 “Por medio del cual se adopta el plan de desarrollo económico, social, ambiental y de obras públicas del distrito capital 2020-2024 *“un nuevo contrato social y ambiental para la Bogotá del siglo XXI” Bogotá Mejor para Todos 2016-2020, adoptado mediante acuerdo distrital 645 de 2016, tiene como objetivo “consolidar un nuevo contrato social, ambiental e intergeneracional que permita avanzar hacia la igualdad de oportunidades, recuperando la pérdida económica y social derivada de la emergencia del COVID-19, capitalizando los aprendizajes y los canales de solidaridad, redistribución y reactivación económica creados para atender y mitigar los efectos de la pandemia y de esta forma construir con la ciudadanía, una Bogotá donde los derechos de los más vulnerables sean garantizados a través de: la ampliación de las oportunidades de inclusión social y productiva, en particular de las mujeres, los jóvenes y las familias, para superar progresivamente los factores de naturalización de la exclusión, discriminación y segregación socioeconómica y espacial que impiden la igualdad de oportunidades y el ejercicio de una vida libre, colectivamente sostenible y feliz.” propiciar el desarrollo pleno del potencial de los habitantes de la ciudad, para alcanzar la felicidad de todos en su condición de individuos, miembros de familia y de la sociedad.”*

El Plan Distrital de Desarrollo se organiza en torno a 5 propósitos que se cumplen a través de 30 logros de ciudad mediante la articulación de acciones materializadas en programas. En este mismo sentido, El nuevo Plan Distrital de Desarrollo 2020 - 2024, dentro de los grandes propósitos contempla el **propósito 2:** *Cambiar nuestros hábitos de vida para reverdecer a Bogotá y adaptarnos y mitigar la crisis climática busca “Mejorar la calidad del medio ambiente natural y construido de Bogotá y la región, disminuyendo las afectaciones a la salud producidas por la contaminación del aire en niñas, niños, adolescentes, jóvenes y personas vulnerables y espacialmente segregadas y reduciendo los factores de riesgo que inciden en la fragilidad de la población expuesta al riesgo, en el deterioro de los ecosistemas y en la segregación socioeconómica y espacial del área urbana y rural. Implica también ocupar el territorio de una manera más ordenada y sostenible; cambiar la forma en que nos movilizamos, utilizar más energías y formas de movilidad limpias y modificar la manera que producimos, consumimos y reutilizamos.”*

El pilar de democracia urbana se enfoca en *“incrementar y mejorar el espacio público, el espacio peatonal, y la infraestructura pública disponible para los habitantes y visitantes de Bogotá, mediante la ejecución de programas orientados a materializar el principio constitucional de igualdad de todos ante la ley y la primacía del interés general sobre el particular, además de fomentar el cuidado ciudadano e institucional del entorno construido, el espacio público y el ambiente natural para aumentar el sentido de pertenencia y construir un proyecto de ciudad compartido.”*

el segundo denominado “*Cuidemos el medio ambiente*” – plantea cambiar nuestros hábitos de vida para reverdecer a Bogotá adaptarnos y mitigar el cambio climático, para ello dentro de los logros proyectados establece “*Formular y ejecutar estrategias concertadas de adaptación y mitigación del cambio climático*” y “*Reducir la contaminación ambiental atmosférica, visual y auditiva y el impacto en morbilidad y mortalidad por esos factores.*”

El propósito 4: Hacer de Bogotá - Región un modelo de movilidad multimodal, incluyente y sostenible busca “La promoción de modos sostenibles de transporte, el mejoramiento de los tiempos y de la experiencia del desplazamiento, teniendo a la red de metro regional, de buses y a la red de ciclorrutas como ejes articuladores de la movilidad tanto de la ciudad como de la región”. El programa mejor movilidad para todos tiene como objetivo mejorar la calidad de la movilidad y la accesibilidad que provee el Distrito Capital para todos los usuarios: peatones, ciclistas, usuarios del transporte público colectivo e individual, así como del transporte privado. El eje estructurador de este programa es el Sistema Integrado de Transporte Masivo, compuesto por Transmilenio y Metro. En lo relacionado con el subsistema Transmilenio, “se ampliará la red de troncales y se optimizará el sistema operacional mejorando la cobertura y la calidad del servicio. En este sentido, el cuarto propósito para hacer de Bogotá Región ese modelo de movilidad, creatividad y productividad incluyente y sostenible propone “*Mejorar la experiencia de viaje a través de los componentes de tiempo, calidad y costo, con enfoque de género, diferencial, territorial y regional, teniendo como eje estructurador la red de metro regional*”, en donde pretende “*Aumentar en 25% las validaciones en el SITP*”, “*Aumentar en 4 puntos porcentuales la confiabilidad del servicio del SITP en sus componentes troncal y zonal*”, “*Llegar al 70% de la Renovación de flota de Transmilenio*” e implementar el 100% del SITP.

1.3.2 Normativa para la vinculación de vehículos con tecnologías cero emisiones

El Acuerdo Distrital 732 del 28 de diciembre de 2018, establece la obligatoriedad de formular un plan de movilidad eléctrica y demás tecnologías cero emisiones directas de material particulado, con el objetivo de propender para que desde el año 2025, el 100% de los vehículos nuevos operen en el componente troncal del Sistema Integrado de Transporte Público del Distrito Capital, lo hagan con motores eléctricos o tecnologías que generen cero emisiones directas de material particulado. Para el componente zonal del SITP el plazo será 2036 o la fecha de terminación de los actuales contratos vigentes. Ese mismo acuerdo establece que se prohíbe a partir del año 2036 la adquisición de vehículos nuevos para el Sistema Integrado de Transporte Público – SITP – que no utilicen tecnologías de cero emisiones directas de material particulado.

Adicionalmente, fue presentado informe de ponencia para segundo debate en la cámara de representantes al proyecto de ley número 243 de 2018 cámara y 75 de 2017 senado. Este

proyecto de ley tiene por objeto promover el uso de vehículos eléctricos a través de incentivos y beneficios para propietarios, con el fin de contribuir a la movilidad sostenible y a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

1.3.3 Plan Maestro de Movilidad

En el plan maestro de movilidad se formulan las determinaciones generales y normativas del sistema de movilidad del distrito capital.

Mediante el Decreto 319 de 2006 se adoptó el plan maestro de movilidad para Bogotá Distrito Capital. Este Plan Maestro tiene por objeto concretar las políticas, estrategias, programas, proyectos y metas relacionados con la movilidad del Distrito Capital, y establecer las normas generales que permitan alcanzar una movilidad segura, equitativa, inteligente, articulada, respetuosa del medio ambiente, institucionalmente coordinada, y financiera y económicamente sostenible para Bogotá y para la Región. Para lo anterior, establece como un objetivo específico reducir los niveles de contaminación ambiental por fuentes móviles e incorporar criterios ambientales para producir un sistema de movilidad ecoeficiente.¹⁹

1.3.4 Plan Distrital de Ascenso Tecnológico

El plan de ascenso tecnológico se adoptó mediante el decreto 477 de 2013. Este plan es un instrumento de gestión ambiental del Distrito Capital que permite la sustitución progresiva de tecnologías tradicionales de combustión interna a tecnologías de cero o bajas emisiones en ruta. Se establece una línea de acción para el ascenso tecnológico en el componente zonal del SITP, que busca lograr la vinculación y operación de buses con tecnologías de cero o bajas emisiones en ruta.²⁰

1.3.5 Plan Decenal de Descontaminación

El Plan Decenal de Descontaminación fue adoptado mediante el Decreto 098 de 2011 y actualizado mediante el Decreto 335 de 2017. Este plan es el instrumento de planeación a corto y mediano plazo para Bogotá D.C. que orienta las acciones progresivas de los actores distritales tendientes a la descontaminación del aire de la ciudad, con el propósito de prevenir

¹⁹ Decreto 319 de 2006, <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=21066>

²⁰ Decreto 477 de 2013, <http://oab.ambientebogota.gov.co/es/documentacion-e-investigaciones/resultado-busqueda/decreto-477-de-2013-adoptacion-del-plan-de-ascenso-tecnologico-para-el-sistema-integrado-de-transporte-publico-br>

y minimizar los impactos al ambiente y la salud de los residentes. Concretamente para el Sistema Integrado de Transporte Público, se encuentran vigentes la implementación del SITP que consiste en la desintegración física y renovación de flota; el Programa de autorregulación ambiental; y la posibilidad de utilizar filtros de partículas para quienes lo hayan implementado y para quienes a modo de autorregulación lo quieran implementar.²¹

1.3.6 Plan Distrital de Gestión de Riesgo y Cambio Climático

El plan distrital de gestión del riesgo fue adoptado mediante decreto 837 de 2018 y tiene por objeto *“aumentar la capacidad del Distrito Capital para afrontar el riesgo de desastres asociado con los fenómenos naturales, socio naturales, tecnológicos, biosanitarios y humanos no intencionales, y los efectos del cambio climático, a partir de la implementación de acciones de conocimiento, reducción, manejo del riesgo, mitigación y adaptación al cambio climático, que contribuyan a la seguridad, bienestar, la calidad de vida de las personas y el desarrollo bajo en carbono y resiliente al clima.”* El programa de movilidad sostenible busca fomentar el cambio y uso de tecnologías orientadas a las bajas emisiones y la promoción del uso de transporte público y otros modos más eficientes e intermodales. Dentro de sus líneas estratégicas de encuentra la implementación de tecnologías de cero o bajas emisiones para el sistema integrado de transporte de la ciudad.²²

1.4 Alineación de Objetivos del proyecto con el contexto político y normativo

Objetivos del proceso de renovación de la flota zonal asociados al contexto político u normativo anteriormente referenciado son:

- Garantizar la continuidad de la prestación del servicio de transporte público masivo de pasajeros.
- Implementar Tecnologías de Cero o bajas emisiones en el transporte masivo.
- Contribuir con el mejoramiento de la calidad del aire y la mitigación del cambio climático.
- Mejorar la eficiencia energética y diversificar la matriz energética en el Transporte Público masivo de pasajeros.

²¹ Decreto 335 de 2017, <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=69714>

²² Decreto 837 de 2018, <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=82107&dt=S>

- Contribuir a la sostenibilidad integral del sistema (tomando como pilares la confiabilidad, la oportunidad, la sostenibilidad ambiental, la sostenibilidad económica y financiera, la gradualidad.)

2 CONTEXTO TÉCNICO

Dentro del proceso licitatorio, se busca renovar flota del componente zonal para la atención de los servicios del Sistema Integrado de Transporte Público en la ciudad de Bogotá que opera en las zonas de Suba Centro, Fontibón, Perdomo, Usme y San Cristóbal.

Para efectos de determinar la necesidad que se pretende satisfacer se adelantaron una serie de *estudios complementarios* al presente documento y se elaboraron otros documentos específicos en los que se describen las necesidades de flota para cada una de las Unidades Funcionales Operacionales diseñadas, así como las características y especificaciones técnicas de la infraestructura, la flota y demás servicios que se requieren para el desarrollo de los objetos contractuales previstos.

Para la estructuración de los procesos licitatorios que actualmente adelanta la entidad se elaboraron una serie de documentos técnicos, económicos, financieros, legales que contienen las condiciones, requisitos y especificaciones que se requieren para participar y ejecutar los objetos contractuales previstos en los presentes procesos licitatorios, entre otros, se encuentran:

- Estudios previos para las concesiones de operación y provisión de flota.
- Análisis del Sector Transporte – contiene un diagnóstico de la situación actual del transporte público en Bogotá, la descripción detallada de los componentes del Sistema Integrado de Transporte público, plan de implementación del SITP, una revisión de experiencias internacionales y el diseño operacional de las diferentes Unidades Funcionales a licitar.
- Especificaciones Infraestructura de Soporte (Pacios de Alistamiento). Contiene las especificaciones mínimas y requisitos que debe cumplir la infraestructura técnica de soporte para la operación de la flota (áreas de mantenimiento, parqueo, suministro energético, áreas administrativas y demás servicios requeridos), marco normativo aplicable.
- Manual de la Operación y el documento de especificaciones técnicas de la flota para el componente zonal.

2.1 CONDICIONES DE OPERACIÓN Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES

Bogotá, la ciudad capital de Colombia, contaba en 2018 con una población aproximada de 8.181.000 habitantes, mientras que para 2019 se prevé un aumento cercano a los 100.000, alcanzando así los 8.281.000 residentes (Secretaría Distrital de Planeación, 2016).

Con una superficie total de 1.657,18 km², de los cuales 414,85 km² corresponden a área urbana y 1.242,33 km² a rural, Bogotá tiene una densidad de 4.937 hab/km². Al tomar únicamente el área urbana para realizar el cálculo, la densidad de Bogotá es de unos 19.702 hab/km².

Dentro de las condiciones generales de operación se tiene que la flota que va a operar en Bogotá debe cumplir con las características técnicas necesarias para operar en una altitud promedio de 2.600 metros sobre el nivel del mar,

A manera, de introducción, dentro de las características generales tiene que cumplir la flota se tienen que los vehículos susceptibles de vincular a la operación del sistema deben ***cumplir a cabalidad con las características y especificaciones técnicas previstas en la normatividad vigente que rige la materia y en particular lo estipulado en el documento de especificaciones técnicas de la flota zonal y el manual de operaciones.***

2.2 LAS ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS Y SU DISPONIBILIDAD EN EL MERCADO

Como se mencionó previamente en el contexto internacional existe disponibilidad de varias fuentes de generación y suministro de energía, las cuales se clasifican según su origen su naturaleza en fuentes de energía renovables y combustibles fósiles o energías no renovables.

En consonancia con lo anterior, la industria automotriz a lo largo de la historia ha venido desarrollando diferentes alternativas en materia de trenes motrices de propulsión para las diferentes tipologías y aplicaciones vehiculares.

En el contexto de los vehículos utilitarios para el transporte de pasajeros y en particular para el transporte público urbano, el sector automotriz cuenta con múltiples alternativas en cuanto a tecnologías y tipologías de acuerdo con los requerimientos y políticas en los diferentes países y ciudades, estas alternativas tecnológicas se encuentran en diferentes estados de madurez y desarrollo algunas aplicaciones tienen disponibilidad comercial y amplia aplicación a nivel internacional mientras que otras se encuentran en fase de pilotos, prototipos y/o diseños preliminares.

Algunas de las alternativas tecnológicas son modulares, y presentan diferentes opciones de escalabilidad tanto en tamaño como en transición tecnológica hacia tecnologías más eficientes y menos contaminantes.

Respecto a las alternativas disponibles en el mercado y/o el grado de madurez de la tecnología, se han realizado varios estudios a nivel internacional orientados a comparar las diferentes alternativas tecnológicas disponibles en el mercado, con el fin de establecer las que son aplicables a las condiciones operacionales locales.

En 2012, un estudio europeo que contó con el apoyo de varias entidades públicas y privadas, operadores y proveedores del sector automotriz y de otros servicios conexos, que dentro de sus análisis incluía esta revisión.

(1) El estudio fuente realizó un análisis basado en el cubrimiento del mercado, sostenibilidad, rendimiento y economía de los autobuses urbanos de Europa para el periodo proyectado (2012-2030), se analizaron buses estándar de 12 metros y abarcando un segmento de buses articulados ~ 10.000 buses, lo que representaba cerca del ~ 65% del mercado europeo de autobuses urbanos, responsables de una participación comparable de GEI y emisiones europeas locales.

(2) En el estudio de referencia se analizaron ocho alternativas del sistema de propulsión y sus respectivas fuentes de energía, que representan los arquetipos más comunes para estos segmentos de bus estudiados: Cuatro alternativas basadas en motores de combustión interna: diésel, GNC, híbridos diésel-eléctrico paralelo y híbridos diésel - eléctrico en serie. Cuatro alternativas de cero emisiones locales: con pila de hidrógeno como combustible, trolebuses, e-bus eléctricos con carga de oportunidad y eléctricos recargables (baterías).

(3) Allí se menciona que las alternativas basadas en motores con combustión interna tenían la tendencia a ser utilizados con combustibles fósiles líquidos con una proporción creciente de biocombustibles en el tiempo, de acuerdo con los objetivos fijados en la Directiva 2009/28/CE²³ y demás políticas orientadas a mitigar el cambio climático y reducir la dependencia de los combustibles fósiles.

De otra parte, la Unión Europea a través del proyecto ZeEUS se probaron diferentes alternativas tecnológicas al igual que en otras experiencias internacionales alrededor del mundo como se muestra en el numeral

Las alternativas tecnológicas y la matriz energética a nivel mundial están en continua evolución y desarrollo, esto principalmente debido a los cambios y prioridades orientados a mitigar los efectos del cambio climático, al desarrollo de la industria automotriz basado en nuevas energías y a las políticas de reducir la dependencia de los combustibles fósiles. Adicionalmente la inclusión de nuevos conceptos de sostenibilidad en la producción de las nuevas alternativas energéticas.

²³ Con la entrada en vigor de la Directiva 2009/28/CE, sobre energías renovables, se estableció una serie de criterios de sostenibilidad vinculantes para los biocarburantes bajo una metodología de análisis del ciclo de vida y balance de masa en la Unión Europea, esta directiva ha sido modificada

2.2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

A continuación, se presenta una breve descripción de las tecnologías que se encontraron durante el proceso de revisión bibliográfica, la consulta a proveedores que se viene realizando durante los últimos años en el marco de programa de pruebas del Plan de Ascenso Tecnológico y la exploración del mercado del proceso licitatorio para la renovación de la flota del componente zonal del Sistema Integrado de Transporte Público de Bogotá.

BUSES CERO EMISIONES EN RUTA (ELÉCTRICOS, HIDRÓGENO)	
TECNOLOGÍA Y/O FUENTE DE ENERGÍA	DESCRIPCIÓN GENERAL
TECNOLOGÍA Y/O FUENTE DE ENERGÍA	Hidrógeno
DESCRIPCIÓN GENERAL	<p>El hidrógeno no es una fuente primaria de energía, se obtiene del agua a través de la descomposición química del agua en oxígeno e hidrógeno partir de la acción de una corriente eléctrica (electrólisis). El hidrógeno representa energía almacenada, se puede quemar como cualquier combustible para producir calor e impulsar un motor, o producir electricidad en una turbina.</p> <p>De forma semejante a cómo se bombea el gas en tanques, el hidrógeno se bombearía en células de combustible que se basan en procesos químicos y no en la combustión, para producir energía que permita impulsar a los vehículos. Cuando el hidrógeno fluye a través de los compartimientos de la célula de combustible, reacciona con el oxígeno para producir agua y energía. Distintos estudios sostienen que el uso del hidrógeno como fuente alterna de energía, mejoraría la calidad del aire, la salud humana y el clima, sobre todo si se utilizara la energía eólica para la generación de la electricidad necesaria para extraer el hidrógeno del agua en un proceso sin contaminación.</p>
<p>Vehículos Eléctricos: El principio básico de los motores eléctricos es transformar la energía eléctrica en energía mecánica, mediante la interacción de campos electromagnéticos que generan el movimiento circular de un rotor. Algunos motores pueden operar de manera inversa, transformando la energía mecánica en energía eléctrica, lo cual en vehículos se conoce como sistema de frenado regenerativo. Existen dos tipos principales de buses eléctricos, los trolebuses alimentados por cables externos de electricidad y los autónomos que cuentan con un sistema de almacenamiento de energía propia como baterías o ultracapacitores.</p>	
TECNOLOGÍA Y/O FUENTE DE ENERGÍA	Eléctrico con catenarias.
DESCRIPCIÓN GENERAL	<p>Trolebús: estos vehículos han estado en operación desde finales del siglo XIX, en su mayoría son alimentados por cables de electricidad ubicados en la parte superior del vehículo, aunque algunos modelos también incorporan sistemas de almacenamiento de energía para operar por cortas distancias en caso de que se presente algún bloqueo en las vías o una interrupción del suministro eléctrico. Las principales ventajas de este tipo de vehículos para un sistema BRT son su operación silenciosa, disminución de contaminantes locales, disminución de emisiones de CO₂ (cuando la electricidad proviene de fuentes energías renovables) y un mayor torque que permite una mejor aceleración y desempeño en pendientes. Entre sus limitaciones están los costos adicionales para la infraestructura eléctrica en las vías, la intrusión visual generada por los cables y la inflexibilidad de los buses, ya que su tránsito se ve limitado a las vías que cuenten con la infraestructura necesaria.</p>
TECNOLOGÍA Y/O FUENTE DE ENERGÍA	Eléctrico autónomo (baterías):
DESCRIPCIÓN GENERAL	<p>Vehículo Eléctrico de baterías: La introducción de estos vehículos es mucho más reciente, pues solamente han estado en operación comercial desde la década de los noventa; sin embargo, han captado gran atención y recursos para su desarrollo gracias a sus potenciales beneficios, pues prometen combinar las ventajas de un vehículo cero emisiones con la flexibilidad de los buses propulsados por motores de combustión interna. Su mayor limitación es el desarrollo de las baterías, pues sus altos costos limitan su competitividad y la autonomía ofrecida.</p> <p>Los principales parámetros a tener en cuenta en una batería destinada al vehículo eléctrico son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Densidad energética: Expresada en Wh/kg. Es la energía que puede suministrar la batería

	<p>por cada kg. Cuanto mayor sea más autonomía tendrá el vehículo o menor será el peso de este.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Potencia: Expresada en W/kg. Es la capacidad de proporcionar potencia (amperaje máximo) en el proceso de descarga. A más potencia mejores prestaciones para el vehículo eléctrico. • Eficiencia: Es el rendimiento de la batería, la energía que realmente aprovecha. Medido en %. • Costo: Es la mayor influencia en el precio total del vehículo. • Ciclo de vida: Ciclos completos de carga y descarga que soporta la batería antes de ser sustituida, cuantos más ciclos mejor, ya que será más duradera. <p>Actualmente, todas las baterías en los nuevos buses son variaciones de las baterías de Ion de litio la mayoría de las baterías de los vehículos híbridos y eléctricos son uno de los tres tipos: Baterías de hidruro metálico de níquel, Batería de ion de litio, y Baterías Hierro fosfato.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los diferentes componentes químicos de las baterías ofrecen diferentes fortalezas y beneficios • Químicos típicos: -NMC - Níquel Manganese Cobalto -LiFe - Litio Hierro Fosfato -LiTo - Litio Titanato, <p>Todas consideradas como más ecológicas que las baterías de plomo y ácido que constituyen el grueso de las baterías de arranque de los vehículos convencionales. En el mercado existen muchos tipos de baterías, algunos tipos más tóxicos que otros. Las opiniones sobre cuales son menos contaminantes varían según las diferentes fuentes bibliográficas, existen conceptos que entre la de lones de litio y Hierro fosfato se encuentran las menos tóxicas de anteriormente mencionadas.</p>
TECNOLOGÍA Y/O FUENTE DE ENERGÍA	Eléctrico con carga por oportunidad
DESCRIPCIÓN GENERAL	Este tipo de buses eléctricos cuentan con un kit de baterías más ligero que la de los buses eléctricos enchufables o de carga nocturna, lo que le brinda autonomías de alrededor de 12 a 15 kms en promedio,, el principio del funcionamiento de estos vehículos es que haga cargas parciales en los puntos de parada con un sistema de carga rápida a través de un pantógrafo que trae acoplado al bus o a la infraestructura de recarga, la infraestructura de recarga se ubica a lo largo de su recorrido principalmente en las paradas o sitios estratégicos a lo largo de su recorrido.
TECNOLOGÍA Y/O FUENTE DE ENERGÍA	Eléctricos duales
DESCRIPCIÓN GENERAL	Estos vehículos poseen un kit de baterías más pequeño que les permite operar por distancias determinadas y tienen la posibilidad de acceder a sistemas de carga por oportunidad o conectarse a una catenaria a través de un pantógrafo cuando accede a infraestructura con este tipo de sistema de recarga.
BUSES DE BAJAS EMISIONES EN RUTA (HÍBRIDOS - COMBUSTIÓN INTERNA Y MOTOR ELÉCTRICO)	
<p>Vehículos híbridos: El objetivo de las tecnologías híbridas es combinar dos fuentes de energía, de manera que las cualidades de cada sistema sean utilizadas para la propulsión de los vehículos automotores. Por ejemplo, existen vehículos automotores híbridos que emplean motores eléctricos, los cuales permiten mejorar la eficiencia del combustible tradicional, como el diésel o la gasolina, agregando más poder durante la aceleración del vehículo, y ahorro de energía cuando se frena o se marcha a una velocidad constante. Un vehículo híbrido pasa de una forma automática de un motor convencional a otro eléctrico y viceversa.</p>	
TECNOLOGÍA Y/O FUENTE DE ENERGÍA	Híbridos en paralelo
DESCRIPCIÓN GENERAL	<p>En un sistema híbrido-eléctrico paralelo tanto el sistema de propulsión de las fuentes de energía como el motor y el motor eléctrico están acoplados mecánicamente a las ruedas del vehículo. En diferentes configuraciones, el motor puede estar acoplado a las ruedas ya sea a través de la transmisión (diseño paralelo pre -transmisión) o directamente a las ruedas posteriores a la transmisión (diseño paralelo post -transmisión). Cada uno de ellos tiene sus ventajas. Se requiere un motor pre -transmisión para funcionar en una gama de velocidades más pequeño que un motor post -transmisión, y podría suministrar eficazmente más de par motor a las ruedas traseras a baja velocidad.</p> <p>Sin embargo, un motor de post -transmisión ofrece una mayor eficiencia en la transmisión de potencia a las ruedas motrices, y una mayor eficiencia en recuperar la energía de frenado regenerativo. Un diseño sería posible cuando ambos motores antes y después de la transmisión están presentes. En este caso, incluso se podría considerar el diseño como una combinación serie-</p>

	paralelo.
TECNOLOGÍA Y/O FUENTE DE ENERGÍA	Híbridos en serie
DESCRIPCIÓN GENERAL	<p>Un HEV serie, típicamente posee un motor conectado directamente a un generador eléctrico (o alternador). La potencia del generador se envía al motor de accionamiento y/o las baterías de almacenamiento de energía de acuerdo con sus necesidades. No hay acoplamiento mecánico entre las ruedas del motor y de transmisión.</p> <p>El motor de accionamiento eléctrico proporciona toda la fuerza de accionamiento utilizando la energía del dispositivo de almacenamiento de energía y/o el motor (que podría ser una célula o celda de combustible), o ambos.</p>
TECNOLOGÍA Y/O FUENTE DE ENERGÍA	Híbridos enchufables o Plug in
DESCRIPCIÓN GENERAL	<p>Vehículo híbrido enchufable (en inglés plug-in hybrid), también llamado PHEV por sus siglas en inglés o vehículo eléctrico de autonomía extendida, es un vehículo híbrido eléctrico cuyas baterías pueden ser recargadas enchufando el vehículo a una fuente externa de energía eléctrica.</p> <p>El vehículo híbrido enchufable comparte las características de un vehículo híbrido eléctrico tradicional y de un vehículo eléctrico, ya que está dotado de un motor de combustión interna (gasolina, diésel o flex-fuel) y de un motor eléctrico acompañado de un paquete de baterías que pueden recargarse enchufando el vehículo en el sistema de suministro eléctrico. El rango exclusivamente eléctrico de un vehículo híbrido enchufable se designa como PHEV-[millas] o PHEV [kilómetros] donde el número representa la distancia que el vehículo puede viajar exclusivamente con la energía eléctrica proveniente de las baterías.</p>
BUSES DE BAJAS EMISIONES EN RUTA (COMBUSTIÓN INTERNA)	
TECNOLOGÍA Y/O FUENTE DE ENERGÍA	GAS NATURAL VEHICULAR (GNV) -ESTANDAR DE EMISIÓN EURO VI
DESCRIPCIÓN GENERAL	<p>Vehículos que funcionan con gas natural vehicular como fuente de energía: Se denomina Gas Natural Vehicular (GNV por sus siglas en español o NGV por sus siglas en inglés), a la utilización del gas natural como combustible para vehículos. Puede utilizarse tanto en estado líquido (GNL) como gaseoso (comprimido, GNC).</p> <ul style="list-style-type: none"> El Gas Natural Comprimido (GNC): es gas natural almacenado y transportado a altas presiones, habitualmente entre 200 y 250 bar. Se utiliza como combustible para uso vehicular. El gas natural comprimido es un combustible de origen fósil compuesto principalmente de metano. A pesar de que el metano tiene un factor de emisión veinte veces mayor que el dióxido de carbono, al usarse en un motor de combustión interna suele tener menores emisiones de gases efecto invernadero. El Gas Natural Licuado (GNL): es gas natural que ha sido procesado para ser transportado y almacenado en fase líquida a presión atmosférica y a -160 °C aproximadamente. Biogás: es un biocombustible generado por la descomposición anaeróbica de materia orgánica como residuos agrícolas, alimenticios o aguas residuales. Para ser usado en un motor de combustión interna, el biogás debe ser optimizado para eliminar materiales contaminantes y elevar la proporción de metano contenido en el gas. Su gran ventaja es su balance neutro de CO₂, mientras que su mayor limitación es la disponibilidad regular de materias primas para llevar a cabo su producción a gran escala y de una manera económicamente factible. <p>Los motores para los vehículos propulsados por gas natural, al igual que para el caso de los vehículos propulsados por diésel, al ser motores de combustión interna cumplen con estándares mínimos de emisión reglamentados según la norma o estándar adoptado en el país de origen para su producción.</p> <p>Al igual que para el diésel el estándar más reciente es el Euro VI, con la entrada de este estándar se unificaron los ciclos de conducción para diésel y gas, al igual que los límites de emisión</p>
TECNOLOGÍA Y/O FUENTE DE ENERGÍA	Diesel con tecnologías Euro VI, EPA 2010 o equivalentes. Uso de diésel con bajo contenido de azufre (0 -15 ppm)
DESCRIPCIÓN GENERAL	<p>El motor diésel es un motor térmico que tiene combustión interna alternativa que se produce por el autoencendido del combustible debido a altas temperaturas derivadas de la compresión del aire en el interior del cilindro, según el principio del ciclo del diésel.</p> <p>Un motor diésel funciona mediante la ignición (encendido) del combustible al ser inyectado muy</p>

pulverizado y con alta presión en una cámara (o precámara, en el caso de inyección indirecta) de combustión que contiene aire a una temperatura superior a la temperatura de auto combustión, sin necesidad de chispa como en los motores de gasolina. Ésta es la llamada auto inflamación.

La temperatura que inicia la combustión procede de la elevación de la presión que se produce en el segundo tiempo del motor, la compresión. El combustible se inyecta en la parte superior de la cámara de combustión a gran presión desde unos orificios muy pequeños que presenta el inyector de forma que se atomiza y se mezcla con el aire a alta temperatura y presión (entre 700 y 900 °C). Como resultado, la mezcla se inflama muy rápidamente.

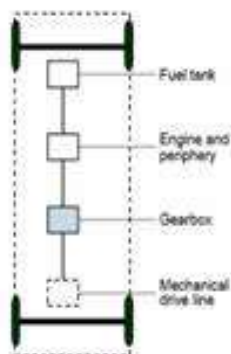
La tecnología Euro VI se caracteriza por combinar sistemas de control de emisiones para alcanzar mayores niveles de reducción entre ellos, la de sistemas EGR, SCR y filtros de partículas.

ESQUEMAS TREN MOTRIZ

ICE powertrain: Transmission Electric powertrain Battery or supercaps Fuel cell powertrain

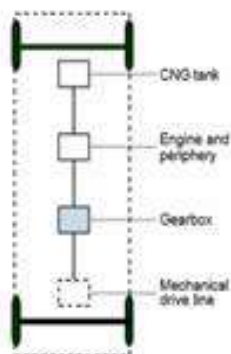
Diesel, CNG and diesel hybrids are powertrains in scope which rely partly on a conventional engine

Diesel powertrain



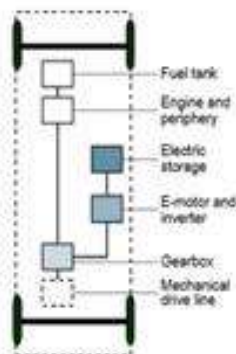
- Conventional diesel combustion engine
- No dependence on electric infrastructure
- High fuel consumption and exhaust emissions
- High range typically >300 km

CNG powertrain



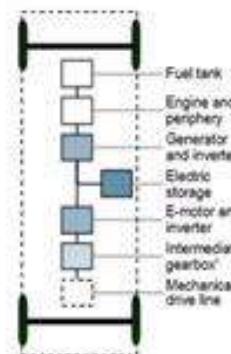
- Conventional CNG combustion engine
- No dependence on electric infrastructure
- High fuel consumption and exhaust emissions
- High range typically >300 km

Parallel hybrid powertrain



- Parallel hybrid configuration of electric and ICE drive
- Conventional engine is primary mover of the vehicle with support from small electric motor
- Energy storage recharged by recuperation of braking energy
- Fully electric driving for smaller distances (<2 km)

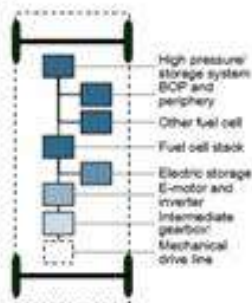
Serial hybrid powertrain



- Serial hybrid configuration of dominating electric system
- Conventional engine & e-generator unit produces full driving power
- Energy storage recharged by recuperation of braking energy
- Fully electric driving for smaller distances (<10 km), larger range possible depending on capacity of battery

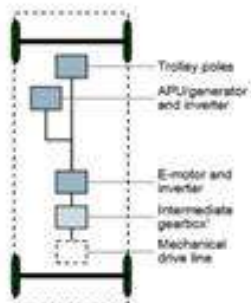
Hydrogen fuel cell, trolley and two e-buses are powertrains in scope with zero local emissions

Hydrogen fuel cell hybrid powertrain



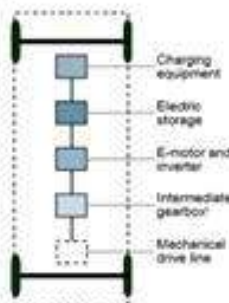
- Serial hybrid configuration of fuel cell system and electric drive
- Battery recharged by recuperation (capacity typically ~20kWh)
- Hydrogen tank pressure typically 350 or 700 bar
- Medium/high range (typically 200 - 250 km)

Trolley powertrain



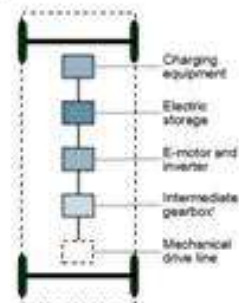
- Purely electric drive
- Conventional auxiliary power unit (APU) to cover short distances without overhead wiring – short free range
- Electric energy taken from the overhead wiring while driving

Opportunity-charging powertrain



- Purely electric drive
- Medium battery capacity (typically ~40-60kWh), Li-ion technology
- Short free range (typically <100 km)
- Only charging of battery from the grid while stationary at intermediate stops (e.g., through an overhead catenary system)

Overnight-charging powertrain



- Purely electric drive
- Large battery capacity (typically >200kWh), Li-ion technology
- Medium free range (typically 100 - 200 km)
- Only charging of battery from the grid while stationary at the depot

1 Intermediate gearbox optional depending on drivetrain architecture

SOURCE: Study participants

Los

esquemas hacen referencia a un estudio que centro su análisis en un portafolio de tecnologías con sistemas de motores o tren motriz accionados con diesel, GNC, híbrido paralelo, híbrido de serie, pila de hidrógeno, Trolley, bus eléctrico con carga de oportunidad y bus eléctrico de baterías carga durante la noche.

Fuentes:

- (1) TCRP Report 59, Transportation Research Board National Research Council. http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/tcrp/tcrp_rpt_59.pdf.
- (2) TCRP Report 132, Transportation Research Board National Research Council.
- (3) Urban buses: alternative powertrains for Europe. A fact-based analysis of the role of diesel hybrid, hydrogen fuel cell, trolley and battery electric powertrains. http://www.fch-ju.eu/sites/default/files/20121029%20Urban%20buses.%20alternative%20powertrains%20for%20Europe%20-%20Final%20report_0_0.pdf
- (4) http://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo_el%C3%A9ctrico
- (5) http://www.eesi.org/files/eesi_hybrid_bus_032007.pdf

2.3 EXPERIENCIAS INTERNACIONALES EN LA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE CERO O BAJAS EMISIONES

A continuación, se resumen algunas experiencias internacionales de operación de flota con tecnologías de bajas o cero emisiones:

Ciudad-País	Vehículos			Cantidad de vehículos	Tipo de experiencia	Duración	Tipo de financiación	Descripción experiencia
	Motorización	Estándar	Longitud/ Capacidad					
Inverness - Escocia (Reino Unido)	Eléctrico de batería – carga lenta y rápida	N/A	10,2 m/ 49 p	6	Piloto Proyecto ZeEUS	junio 2015-junio 2018	Autofinanciada, nacional.	Probar si la tecnología puede proporcionar el kilometraje y la confiabilidad requeridos en un clima desafiante.
Londres-Inglaterra	Eléctrico de batería – carga lenta	N/A	12 m/60 p	2	Demostración	diciembre 2013-septiembre 2016	Autofinanciado	Pruebas y vinculación dentro del Proyecto ZeEUS. Soluciones de electrificación. Desarrollo de vehículos e infraestructura de carga
			12 m/86 p	51	Servicio regular	agosto 2016-2030	Contrato de autobús	
			10,9 m (doble piso) /87 p	5	Demostración	abril de 2016 y en curso	Autofinanciado	
			10,6 m/ 60 p	13	Demostración y operación regular	abril de 2016 y en curso	Autofinanciado	
			12 m/60 p	2	Operación regular	abril de 2016 y en curso	Contrato de autobús	
	Eléctrico de batería – carga lenta y rápida		10,9 m (doble piso) /83 p	3	Demostración	noviembre 2015 - abril 2017	Autofinanciado y contratos	
Pilsen-Republica Checa	Eléctrico de batería – carga lenta y rápida	N/A	12 m/ 82 p	2	Demostración	mayo 2015 – abril 2017	Ciudad, región y UE	N/D
			12 m/94 p	16	Operación regular	febrero de 2017 y en marcha	Autofinanciado	
San Sebastián-España	Eléctrico de batería – carga lenta	N/A	12 m/75 p	3	Demostración	julio 2014 - marzo 2016	Autofinanciado, nacional y UE	Adaptar el vehículo eléctrico a una línea sin cambios, hasta que complete su vida útil.

Ciudad-País	Vehículos			Cantidad	Tipo de	Duración	Tipo de	Descripción experiencia
Valladolid-España	Híbrido, con carga rápida	N/D	12 m/85 p	5	Pruebas	junio 2016- julio 2017	Ciudad y UE	Prueba sobre vehículo híbrido diésel-eléctrico enchufable, para analizar rendimiento, costo total de propiedad y emisiones contaminantes.
Bonn-Alemania	Eléctrico de batería – carga lenta	N/A	12 m/80 p	6	Demostración	febrero 2016- febrero 2028	Autofinanciado	Evaluación de viabilidad de funcionamiento de los buses y de los sistemas de carga.
Estocolmo-Suecia	Híbrido diésel eléctrico – carga lenta y rápida	N/D	12 m/71p	8	Demostración	marzo 2015 - diciembre 2016	Autofinanciado, UE	En el marco del proyecto ZeEUS, se realizó prueba de buses híbridos enchufables con estaciones de carga rápida en terminales y carga nocturna en el depósito (parqueo).
Gaillac-Francia	Eléctrico de batería – carga lenta	N/A	10,5 m/ 53 p	1	Demostración	abril 2016- diciembre 2017	Financiación local (ciudad)	Se utilizó el periodo de demostración para el desarrollo del bus.
Barcelona-España	Eléctrico de batería – carga lenta	N/A	12 m/75 p	2	Demostración	septiembre 2014- abril 2017	UE (Proyecto ZeEUS)	Evaluación dentro del Proyecto ZeEUS
			12 m/75 p	1	Demostración	enero 2014 – diciembre 2016	Autofinanciado	
	Eléctrico de batería – carga lenta y rápida	N/A	18 m/115 p	2	Demostración	mayo 2016- abril 2017	UE (Proyecto ZeEUS)	
Cagliari-Italia	Eléctrico de catenaria – carga rápida	N/A	12 m/ 82, 86 p	6	Demostración	julio 2014- diciembre 2017	UE (Proyecto ZeEUS). Ministerio de Ambiente	Evaluación de la eficiencia, confiabilidad y rendimiento de seis trolebuses
Varsovia-Polonia	Eléctrico de batería – carga lenta y rápida	N/A	12 m/70 p	10	Piloto	junio de 2015 y en marcha	Autofinanciado, ciudad	Proyecto de prueba de buses para electrificación del centro de la ciudad
			12 m/60p	6	Prueba de explotación	noviembre 2014- junio 2015 (4 b) marzo 2016- diciembre 2016 (2 buses)		
Brabante Septentrional-Holanda	Eléctrico de batería – carga lenta y rápida	N/A	18,1 m/ 136 p	43	Operación regular	diciembre 2016- diciembre 2026	Arrendamiento	N/D
Lisboa-	Eléctrico de	N/A	12 m/85 p	1	Piloto de	octubre 2016-	Autofinanciado	Primer paso para el despliegue de buses

Ciudad-País	Vehículos			Cantidad	Tipo de	Duración	Tipo de	Descripción experiencia
Portugal	batería – carga lenta				operación	noviembre 2016		eléctricos en Lisboa. Plan de compra de 15 buses eléctricos en 2019.
Marsella-Francia	Eléctrico de batería – carga lenta	N/A	12 m/64p	6	Piloto	diciembre 2015- diciembre 2016	Autofinanciado	Adquirir experiencia en buses eléctricos para futuras licitaciones de operación. Decisión del ayuntamiento de electrificar el transporte.
Azuqueca de Henares-España	Eléctrico de batería – carga lenta	N/A	12 m/83p	1	Operación regular	abril 2017 y en marcha	Autofinanciado	N/D
Münster-Alemania	Eléctrico de batería – carga lenta y rápida	N/A	12 m/80 p	4	Demostración	septiembre 2015 abril 2017	UE (Proyecto ZeEUS)	Prueba de cuatro buses dentro del Proyecto ZeEUS para electrificar una línea de buses.
Madrid-España	Eléctrico de batería – carga lenta	N/A	11,3 m/ 81 p	13	Piloto	Enero 2012- enero 2014	Autofinanciado	Prueba para operar buses eléctricos de 12 m desde 2018.
Tel Aviv- Israel	Eléctrico de batería – carga lenta	N/A	12 m/58 p	1	Piloto	agosto 2013 diciembre 2014	Autofinanciado, nacional	Pruebas en líneas que se ajustaran a la autonomía del bus (160 km)
Bilbao- España	Eléctrico de batería – carga lenta	N/A	12 m/83 p	2	Operación	diciembre 2016 y en marcha	Autofinanciado	La iniciativa es parte del compromiso de la ciudad de buscar soluciones que reduzcan el impacto del transporte en el medio ambiente con alternativas sostenibles.
París- Francia	Eléctrico de batería – carga lenta	N/A	12 m/92 p	23	Operación regular	mayo 2019 y en marcha	Autofinanciado, autoridad local	Los objetivos son probar las baterías (vida útil), la transmisión y también para analizar cómo las operaciones de la línea y el mantenimiento se ve afectado.
N/D	Eléctrico en línea (carga inalámbrica)	N/A	12 m/80 p	N/D	N/D	marzo 2010 (lanzamiento en Core del sur)	N/D	El Vehículo Eléctrico en Línea (siglas en inglés OLEV) es un vehículo eléctrico que carga inalámbrica mientras que se mueve usando inducción electromagnética (la transferencia sin hilos de la energía eléctrica a través de campos magnéticos).
Estados Unidos	Eléctrico (de batería, celda de hidrógeno)	N/A	12 m	1650 (en operación y próximos a	N/D	N/D	n/D	CALSTART es una organización que trabaja de la mano con el sector privado y el gobierno para desarrollar soluciones de

Ciudad-País	Vehículos			Cantidad	Tipo de	Duración	Tipo de	Descripción experiencia
				operar)				transporte limpias y eficientes. Trabaja con fabricantes de autobuses, proveedores y operadores de transporte para desarrollar tecnologías de próxima generación, acelerar las ventas de autobuses con cero y bajas emisiones, y respalda políticas públicas pioneras.
Londres, Inglaterra	Híbrido diésel-eléctrico	N/D	12 m	3500	Operación	N/D	N/D	Cerca de 3500 buses híbridos diésel – eléctricos circulan en Londres, configurando cerca del 30% de la flota de buses de la ciudad. Todos los buses de doble piso que ingresen al sistema serán buses híbridos diésel eléctrico con estándar de emisión Euro VI.
	Diésel	Euro VI	12 m	N/D	Operación	N/D	N/D	Buses limpios para la operación en la zona central de ultra baja emisión de Londres. Los buses de un solo piso que ingresen al sistema serán de cero emisiones.
	Eléctrico de batería	N/A	12 m	150				
Santiago - Chile	Eléctrico de batería - carga lenta	N/A	12 m/80 p	455 ²⁴	Operación	diciembre 2018 y en marcha	Compra financiada por empresas de energía	Incorporación de flota se enmarca en el proceso de transformación de Transantiago, en un plan denominado “transporte tercer milenio” y migración al sistema RED (Red Metropolitana de Movilidad)
	Diésel	Euro VI	12 m/80 p	417			N/D	
Ciudad de México - México	Diésel	Euro VI	12 m (doble piso) /130 p	90	Operación	N/D	N/D	Operación de flota de dos pisos en el corredor Reforma, de Metrobús.

²⁴ <https://energialimpiaparatodos.com/2020/07/06/chile-anade-otros-150-buses-100-electricos-de-byd-china/>

2.4 EXPERIENCIAS NACIONALES EN LA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE CERO O BAJAS EMISIONES

A continuación, se resumen algunas experiencias nacionales de operación de flota con tecnologías de bajas o cero emisiones:

Ciudad-País	Vehículos			Cantidad de vehículos	Tipo de experiencia	Duración	Tipo de financiación	Descripción experiencia
	Motorización	Estándar	Longitud/Capacidad					
Medellín - Colombia	Eléctrico de batería - carga lenta	N/A	18 m/80 p	64	Operación regular (pendiente entrega)	Diciembre de 2018 (adjudicación de licitación)	Autofinanciación, ciudad	Medellín, dentro del plan de incorporación de tecnologías de cero emisiones en la flota de transporte público, licitó en el 2018 la adquisición de 55 buses padrones eléctricos de batería. Como resultado de este proceso, la ciudad finalmente contará con 64 buses, que entrarán a operar en el segundo semestre de 2019
Cali-Colombia	Eléctrico de batería - carga lenta	N/A	18 m/80 p	26	Operación regular (pendiente entrega)	Noviembre de 2018 (adquisición)	Financiación con empresas de energía y banca	Un operador del sistema MIO adquirió ese número de vehículos dentro del plan de salvamento del sistema de transporte masivo de Cali
	Eléctrico de batería - carga lenta	N/A	18 m/80 p	93	Para operación regular	Diciembre de 2018 (<u>proceso de licitación descartado</u>)	N/D	En el mes de diciembre, METROCALÍ S.A. publicó los documentos para el proceso de licitación de 309 nuevos buses, dentro del cual se definió como requisito mínimo que el 30% fueran buses eléctricos (93 buses) y los restantes podrían ser de diésel o de gas natural estándar Euro V o Euro VI. Sin embargo, según información publicada en SECOP, el proceso de licitación fue descartado.
	Diésel, gas natural	Euro V, Euro VI	18 m/80 p	216				

2.5 EXPERIENCIAS DISTRITALES EN LA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE CERO O BAJAS EMISIONES

2.5.1 Pruebas realizadas en Bogotá

En los últimos 8 años Bogotá ha venido avanzando y trabajando en procesos de investigación, generación de conocimiento y desarrollando el marco político y normativo para la implementación de tecnologías de cero o bajas emisiones en el transporte público de la ciudad.

Para lograr lo anterior, ha adelantado pruebas en conjunto con organismos públicos y privados de nivel nacional, internacional y local, para ir de manera gradual implementando estas tecnologías en los procesos de renovación de flota tanto en el componente troncal como en el componente zonal.

A manera de referencia, Bogotá fue una de las ciudades que participó entre el 2011 y 2013 en el Programa Latinoamericano de buses híbridos y eléctricos financiado con recursos del Clean Technology Fund a través del Banco Interamericano de Desarrollo en apoyo con el C40, allí se trajeron y probaron en el sistemas un bus eléctrico, y dos buses híbridos uno en serie y otro en paralelo con estándar de emisión (Eléctrico – diésel Euro V), los resultados se encuentran disponibles en la WEB de estas entidades.²⁵

Como parte de la gestión adelantada por la ciudad, la banca multilateral, Bancoldex y los concesionarios del sistema a través de una línea de crédito blanda la ciudad implementó una flota importante de buses híbridos en paralelo a la operación del sistema, convirtiéndose una de las flotas más grandes de buses híbridos a nivel mundial.

Posteriormente, en el marco del Programa de Pruebas del Plan de Ascenso Tecnológico para Bogotá, se han adelantado pruebas de corta duración con carga simulada, bajo un protocolo de pruebas estandarizado que incluye ciclos de conducción específicos para flota troncal y zonal representativos de las condiciones de operación del sistema.

En este mismo contexto, en el marco del programa de pruebas, se ha incorporado flota y/o buses híbridos, eléctricos y a gas natural vehicular de diferentes tipologías (padrón, articulado y biarticulado) a la operación comercial del sistema, y se hace seguimiento al desempeño ambiental, operacional y a los costos operacionales de estas tecnologías con el fin de evaluar la viabilidad de masificar este tipo de tecnologías en el sistema y revisar su sostenibilidad integral.

²⁵ <https://www.c40.org/researches/low-carbon-technologies-can-transform-latin-america-s-bus-fleets>

A continuación, se presenta un breve resumen de los principales resultados obtenidos en las pruebas de corta duración en el marco del Programa para cada uno de los vehículos probados en la tipología padrón.

2.5.1.1 Tecnología de GNV

PRUEBAS EN BOGOTÁ BUS A GAS NATURAL - EURO V	
	
MARCA	AGRALE
MODELO	FTP CURSOR 8 GNV
TIPOLOGÍA	PADRÓN - 12 m
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Estándar de emisión	GNV EURO V EEV
Control de emisiones	Catalizador de 3 Vías
Peso bruto vehicular (kg)	17.800
Peso en vacío (kg)	12.600
Peso máximo eje 1 (kg)	6.500
Peso máximo eje2 (kg)	11.300
Caja de cambios	ALLISON T310R
Control de la caja de cambios	Caja de cambios automática
Retardador	SI
Desplazamiento Volumétrico	7,8 litros
Cilindros	6
Par motor máx. (1100-1700 rpm)	1.100 Nm
Potencia máx. (at 2000 rpm)	250 kW
RESULTADOS PRUEBAS	
Descripción de la Prueba	Resultado
Arranque en pendiente (Startability):	El vehículo arrancó bajo las condiciones de prueba.
Aceleración (SAE1491) Referencia: Alcanzar 40 km/h en un tiempo igual o inferior a 22 segundos.	El vehículo Agrale en prueba: Lo logra en 13.78 segundos aproximadamente
Frenado (SAE1491)	Distancia promedio de frenado para una velocidad inicial de:

	<ul style="list-style-type: none">20 km/h a 0 km/h: 1.43 m40 km/h a 0 km/h: 8.73 m60 km/h a 0 km/h: 18.50 m												
Maniobrabilidad	Vehículo cumple con las pruebas de Maniobrabilidad, facilidad para aproximación a paradero, distancia mínima de sobrepaso, y habilidad de giro												
Recuperación	El vehículo cumple con la condición de recuperación a velocidades intermedias.												
Eficiencia Energética con una carga 16650 kg (70% de la carga útil)	2 km/m3 para el ciclo de prueba específico.												
Emisiones g/km	<table><tr><th>THC</th><th>CO</th><th>NOx</th><th>CO2</th><th>PM</th><th>#Partículas [np/km]</th></tr><tr><td>0.141</td><td>5.5</td><td>2.70E-05</td><td>1045.6</td><td>6.73E-05</td><td>1.03E+12</td></tr></table>	THC	CO	NOx	CO2	PM	#Partículas [np/km]	0.141	5.5	2.70E-05	1045.6	6.73E-05	1.03E+12
THC	CO	NOx	CO2	PM	#Partículas [np/km]								
0.141	5.5	2.70E-05	1045.6	6.73E-05	1.03E+12								
CONCLUSIONES DEL INFORME													
<ul style="list-style-type: none">El vehículo Agrale E5 GNV cumple satisfactoriamente con los parámetros de desempeño exigidos por la normatividad local (frenado, aceleración en plano y maniobrabilidad)El vehículo Agrale E5 GNV tiene un rendimiento energético de 0.59 galones de diésel equivalente para mover una tonelada de carga. Vehículos diésel tienen un rendimiento menor (0.87 galones o más para mover una tonelada). Un vehículo híbrido tiene entre 0.62 y 0.65 galones / tonelada.El vehículo Agrale E5 GNV emite concentraciones despreciables de material particulado y óxidos de nitrógeno (principales contaminantes de la ciudad de Bogotá). Las concentraciones de hidrocarburos totales (THC), monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO2), del vehículo Agrale E5 GNV, son muy inferiores a las emitidas por vehículos diésel de tecnologías Euro V y IV.El vehículo Agrale E5 GNV emite una concentración en número de partículas ultrafinas (30,000 partículas/cm³) en ralentí sin carga, inferior a la concentración de partículas ultrafinas encontradas en el aire ambiente de la ciudad de Bogotá (150,000 partículas/cm³).El vehículo Agrale E5 GNV emite una concentración en número de partículas ultrafinas (30.000 partículas/cm³) muy inferior a las partículas de un bus diésel Euro II o III (70 millones de partículas/cm³)													
FUENTE													
Las pruebas fueron adelantadas por el Grupo de Investigación en combustibles Alternativos energía y medio Ambiente. Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica, Facultad de Ingeniería. 2015.													

2.5.1.2 Tecnología híbrida

PRUEBAS EN BOGOTÁ HIBRIDO ELÉCTRICO - DIESEL EURO V EN SERIE



MARCA	HIGER - SIEMENS																																																																						
MODELO	KLQ6129GQHEV (12m)																																																																						
TIPOLOGÍA	PADRÓN 12 M																																																																						
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS																																																																							
Estándar de emisión	EURO V																																																																						
Peso bruto vehicular (kg)	18.000																																																																						
Peso en vacío (kg)	12.200																																																																						
Motor de Combustión	Dongfeng Cummins ISD200 50 - Euro 5																																																																						
Motor Eléctrico	Siemens 1DB2016-1NB06																																																																						
Dinamotor	Siemens 1FV5168																																																																						
Tipo de Batería	Siemens UCAP																																																																						
RESULTADOS PRUEBAS																																																																							
Descripción de la Prueba	Resultado																																																																						
Arranque en pendiente (Startability):	Cumple arranque en pendiente del 20%																																																																						
Aceleración (SAE1491) Referencia: Alcanzar 40 km/h en un tiempo igual o inferior a 22 segundos.	Para la velocidad objetivo de 40 km/h el funcionamiento del bus, en modo híbrido y en modo Diesel – eléctrico cumplió.																																																																						
Frenado (SAE1491) Valor de referencia 10,7 m indicado como máximo en la norma NTC 4901 – 3	La distancia de frenado promedio para una velocidad de 35 km/h presentado valores de 5,9 m y 6,4 m, para los modos Híbrido y Diesel – Eléctrico respectivamente. Superando la prueba																																																																						
Maniobrabilidad	Las medidas de los diferentes diámetros de giro del vehículo y maniobrabilidad fueron satisfactorias.																																																																						
Eficiencia Energética con una carga plena carga.	1,29 kWh/km para el modo Diesel Eléctrico y de 0,67 kWh/km para el modo Híbrido para el ciclo de prueba específico																																																																						
Regeneración	49.33% en promedio																																																																						
Emissiones g/km	<table><tr><td rowspan="2">Modo de operación en ruta</td><td colspan="2">CO2</td><td colspan="2">CO</td><td colspan="2">HC</td><td colspan="2">NOx</td></tr><tr><td>g/km</td><td>g/kWh</td><td>g/km</td><td>g/kWh</td><td>g/km</td><td>g/kWh</td><td>g/km</td><td>g/kWh</td></tr><tr><td>HÍBRIDO</td><td>775,98</td><td>833,69</td><td>4,46</td><td>4,80</td><td>0,04</td><td>0,04</td><td>16,72</td><td>17,74</td></tr><tr><td>DIESEL ELÉCTRICO</td><td>1155,48</td><td>835,28</td><td>7,34</td><td>5,31</td><td>0,06</td><td>0,04</td><td>30,08</td><td>21,74</td></tr><tr><td rowspan="2">Modo de operación en ruta</td><td colspan="2">PN</td><td colspan="2">PM</td><td colspan="4"></td></tr><tr><td>g/km</td><td>g/kWh</td><td>mg/km</td><td>mg/kWh</td><td colspan="4"></td></tr><tr><td>HÍBRIDO</td><td>1,18.E+14</td><td>1,42.E+14</td><td>10,49</td><td>11,98</td><td colspan="4"></td></tr><tr><td>DIESEL ELÉCTRICO</td><td>1,76.E+14</td><td>2,12.E+14</td><td>15,62</td><td>17,84</td><td colspan="4"></td></tr></table>	Modo de operación en ruta	CO2		CO		HC		NOx		g/km	g/kWh	g/km	g/kWh	g/km	g/kWh	g/km	g/kWh	HÍBRIDO	775,98	833,69	4,46	4,80	0,04	0,04	16,72	17,74	DIESEL ELÉCTRICO	1155,48	835,28	7,34	5,31	0,06	0,04	30,08	21,74	Modo de operación en ruta	PN		PM						g/km	g/kWh	mg/km	mg/kWh					HÍBRIDO	1,18.E+14	1,42.E+14	10,49	11,98					DIESEL ELÉCTRICO	1,76.E+14	2,12.E+14	15,62	17,84				
Modo de operación en ruta	CO2		CO		HC		NOx																																																																
	g/km	g/kWh	g/km	g/kWh	g/km	g/kWh	g/km	g/kWh																																																															
HÍBRIDO	775,98	833,69	4,46	4,80	0,04	0,04	16,72	17,74																																																															
DIESEL ELÉCTRICO	1155,48	835,28	7,34	5,31	0,06	0,04	30,08	21,74																																																															
Modo de operación en ruta	PN		PM																																																																				
	g/km	g/kWh	mg/km	mg/kWh																																																																			
HÍBRIDO	1,18.E+14	1,42.E+14	10,49	11,98																																																																			
DIESEL ELÉCTRICO	1,76.E+14	2,12.E+14	15,62	17,84																																																																			

CONCLUSIONES DEL INFORME

- “El vehículo supera las exigencias de desempeño de la norma NTC 4901-3 para la aceleración, frenado y radio de giro.
- El vehículo es capaz de arrancar en una pendiente de 20%, con la carga máxima para la cual desea ser homologado (80 pasajeros), en los dos modos de operación Híbrido y Diesel Eléctrico.
- La distancia de aproximación de paraderos del vehículo es de 20,5 m para cada uno de los lados izquierdo y derecho.
- La distancia mínima de sobrepaso que presentó el vehículo en las pruebas es de 4,9 y 4,2 m, para los costados derecho e izquierdo respectivamente.
- La eficiencia energética del vehículo fue de 1,29 kWh/km para el modo Diesel Eléctrico y de 0,67 kWh/km para el modo Híbrido.
- La capacidad de regeneración registrada durante las pruebas en modo Híbrido fue de 49,33% en promedio.
- El vehículo en modo Diesel Eléctrico presentó durante las pruebas un potencial de regeneración de 50,27%, que podría ser aprovechado si el vehículo posteriormente es convertido a Híbrido o Eléctrico.
- Durante las pruebas el vehículo presentó consumos de 9,61 km/gal y 13,33 km/gal para los modos Diesel Eléctrico e Híbrido respectivamente.
- El vehículo presenta mayor eficiencia energética en su modo de funcionamiento híbrido a pesar de presentar un mayor peso vehicular.”

FUENTE

Las pruebas fueron adelantadas por la Asociación de Ingenieros Mecánicos – AIMUN - 2015

2.5.1.3 Tecnología eléctrica

PRUEBAS EN BOGOTÁ BUS ELÉCTRICO A BATERIAS



MARCA	BYD
MODELO	K9G (EBUS ANDINO-12)
TIPOLOGÍA	PADRÓN 12 M
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Estándar de emisión	CERO EMISIONES
Peso bruto vehicular (kg)	19.600
Peso en vacío (kg)	14.060
Peso máximo eje 1 (kg)	7.100

Peso máximo eje2 (kg)	12.500
Motor Eléctrico	AC Motor de Magneto permanente (Sin Escobillas) – BYD2912 TZA
Potencia Máxima	300 kW (250 kW x 2)
Potencia Nominal	240 kW (120 kW x 2)
Torque Máximo	1100 Nm (550Nm x 2)
Tipo de Batería	LiFePO4
Capacidad Energética	330 kWh (600 Ah x 3)
Potencia Energética	200 kW (100kW x 2, 480 V, 30 AC)
RESULTADOS PRUEBAS	
Descripción de la Prueba	Resultado
Arranque en pendiente (Startability):	El arranque en pendiente se realizó con la capacidad de carga máxima del vehículo correspondiente a 80 pasajeros. En el tramo en donde se evaluó la capacidad de arranque del bus, se encuentran pendientes del 12%, 15% y 20%. El vehículo logró superar cada una de estas sin dificultad a una velocidad promedio de 20 km/h.
Aceleración (SAE1491) Referencia: Alcanzar 40 km/h en un tiempo igual o inferior a 22 segundos.	El valor promedio del tiempo de aceleración de 0 km/h a 40 km/h, fue de 9,37 segundos
Frenado (SAE1491) Valor de referencia 10,7 m indicado como máximo en la norma NTC 4901 – 3	La distancia de frenado promedio para una velocidad de 32 km/h es de 4,70 m
Maniobrabilidad	Las medidas de los diferentes diámetros de giro del vehículo y maniobrabilidad fueron satisfactorias.
Regeneración	40%
Eficiencia Energética con una carga plena carga.	1.56 [kWh/km] para el ciclo de prueba específico
Emisiones g/km	CERO EMISIONES
CONCLUSIONES DEL INFORME	
<ul style="list-style-type: none"> “El vehículo cumple con los requerimientos definidos en la normativa colombiana en las pruebas de <ul style="list-style-type: none"> Arranque en pendiente Aceleración Frenado El vehículo evaluado tiene un radio de giro de 24.55 m de pared a pared El vehículo evaluado tiene una distancia mínima de aproximación a paraderos de 29.8 y 32.5 m para el lado derecho e izquierdo respectivamente. El vehículo evaluado tiene una distancia mínima de sobrepaso de 7.9 y 8.1 m para el lado derecho e izquierdo respectivamente. De acuerdo a los resultados de consumo energético se estima que el vehículo evaluado supera la autonomía exigida en el Manual del Operación del SITP que debe ser al menos de 260 km. En los tramos de ascenso y descenso, la energía regenerada en el descenso no compensa la totalidad de la invertida para ascender y las ratas de descarga son tres veces menores a las ratas de consumo en las respectivas secciones de ascenso y descenso. Durante la operación del vehículo, se estima que la capacidad de regeneración es de un 40%. El consumo promedio del vehículo en rutas de alto tráfico es menor en 2.2 veces comparado a un vehículo Diesel convencional debido a las condiciones de operación del vehículo. El consumo de energía promedio es de 1.56 [kWh/km] sin incluir la regeneración, incluyendo la energía regenerada este valor cae a 0.86 [kWh/km]. Estos valores son obtenidos durante la ruta de prueba 	

especificada en este documento, la cual representa una ruta típica para la tipología del vehículo en prueba, sin embargo, se debe tener en cuenta que estos valores cambiarán de acuerdo con las condiciones de tráfico, operación y pendiente de la ruta final en la que opere el mismo.”

FUENTE

Las pruebas fueron adelantadas por el Grupo de Investigación en combustibles Alternativos energía y medio Ambiente. Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica, Facultad de Ingeniería. 2014.

2.6 INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE CERO Y BAJAS EMISIONES

Las diferentes tecnologías vehiculares de acuerdo con la fuente de energía que impulsa su tren motriz requieren una infraestructura y una logística para el abastecimiento particular.

El Sistema Integrado de Transporte Público Masivo de Pasajeros de Bogotá tanto en su componente zonal como en su componente troncal se ha caracterizado por tener una logística y capacidad instalada predominantemente para el abastecimiento de combustible diésel. En el sistema actualmente operan buses diésel, híbridos, a gas natural y eléctricos, los dos últimos sólo como pilotos por lo que no se había requerido el desarrollo de infraestructura para operar un gran tamaño de flota.

La provisión inicial de infraestructura (por ejemplo, estaciones de servicio, redes de servicios públicos, mejoras de depósito y seguridad) puede ser un requisito previo para la introducción de ciertas tecnologías vehiculares. La adecuación de la infraestructura que corresponde a las diferentes fases del sistema y del SITP, fueron suministradas por los proveedores mayoristas dentro de los acuerdos realizados por los concesionarios para realizar las adecuaciones de infraestructura y logística de suministro de combustible.

Actualmente, existen varios esquemas de negociación de los proveedores de la matriz energética para realizar estas adecuaciones de la infraestructura de suministro de combustible (diésel, gasolina, gas, energía eléctrica, etc.), estos principalmente dependen del volumen, los tiempos de exclusividad de los contratos y los precios establecidos para el energético.

Cualquiera que sea el esquema es importante que se realicen los análisis de la infraestructura adicional requerida y la logística para el suministro de energía o matriz energética para la implementación de las nuevas tecnologías.

A continuación, se describe la infraestructura que se requiere para el abastecimiento para diferentes alternativas tecnológicas:

TECNOLOGÍA	INFRAESTRUCTURA EN PATIOS	INFRAESTRUCTURA EN PORTALES Y/O ESTACIONES	INFRAESTRUCTURA A LO LARGO DE LA VÍA
DIESEL	Estación de Servicio (EDS) para suministro de Diésel, con surtidores y/o islas en función del tamaño de la flota. Infraestructura convencional, requiere tanques enterrados o superficiales según tipo de estación, este tipo de infraestructura requiere según el proyecto licencia de construcción y permisos ambientales, y licencia de funcionamiento (habilitación Ministerio de Minas)	No requiere	No requiere
GAS NATURAL VEHICULAR	EDS para GNV con surtidores de alta presión, islas en función del tamaño de la flota. Infraestructura convencional, Planta de energía, Conexión redes de suministro, este tipo de infraestructura requiere según el proyecto licencia de construcción y permisos ambientales, y licencia de funcionamiento (habilitación Ministerio de Minas)	No requiere	No requiere
HIBRIDO SERIE	Estación de Servicio (EDS) para suministro de Diésel o GNV, según sistema de propulsión de la flota, las demás características similar a las EDS según energético.	No requiere	No requiere
HIBRIDO PARALELO	Estación de Servicio (EDS) para suministro de Diésel o GNV, según sistema de propulsión de la flota, las demás características similar a las EDS según energético.	No requiere	No requiere
HIBRIDO PLUG IN Y/O CON CARGA DE OPORTUNIDAD	Estación de Servicio (EDS) para suministro de Diésel o GNV, con surtidores y/o islas en función del tamaño de la flota. Este tipo de infraestructura requiere según el proyecto licencia de construcción y permisos ambientales, y licencia de funcionamiento (habilitación Ministerio de Minas). Electrolinera con subestación de energía para respaldo de carga eléctrica en función del tamaño de la flota. Cargadores.	Dependiendo del tipo de configuración y autonomía puede llegar a requerir infraestructura de carga en los portales y/o estaciones.	No requiere
ELECTRICO A BATERIA	Subestación de energía para respaldo de carga eléctrica en función del tamaño de la flota. Cargadores.	No requiere	No requiere

TECNOLOGÍA	INFRAESTRUCTURA EN PATIOS	INFRAESTRUCTURA EN PORTALES Y/O ESTACIONES	INFRAESTRUCTURA A LO LARGO DE LA VÍA
ELÉCTRICO PLUG IN Y/O CON CARGA DE OPORTUNIDAD	Electrolinera con subestación de energía para respaldo de carga eléctrica en función del tamaño de la flota. Cargadores.	Dependiendo del tipo de configuración y autonomía puede llegar a requerir infraestructura de carga en los portales y/o estaciones.	No requiere
ELECTRICO CON CARGA POR INDUCCIÓN	Subestación de energía para respaldo de carga eléctrica en función del tamaño de la flota. Puntos de Carga por inducción. Eventualmente área adicional de parqueo en caso de requerir flota adicional o de reserva por temas de autonomía o capacidad de carga.	Dependiendo del tipo de configuración y autonomía puede llegar a requerir infraestructura de carga en los portales y/o estaciones.	No requiere
TROLEBUS	Catenaria en el Patio, Subestación para respaldo del suministro de energía.	Catenaria a lo largo de la vía y estaciones. Subestaciones Y/o plantas de energía de respaldo para abastecimiento de energía en función de las redes existentes y tamaños de la flota.	Catenaria a lo largo de la vía
HIDROGENO	Planta eléctrica de respaldo para la generación del hidrógeno. EDS para suministro del Hidrógeno, Eventualmente área adicional de parqueo en caso de requerir flota adicional o de reserva por temas de autonomía o capacidad de carga	No requiere	No requiere

2.6.1 Infraestructura para el abastecimiento de Energía Eléctrica

En términos generales todo proyecto de suministro energético requiere surtir un proceso o una serie de etapas para su implementación a manera de ejemplo y de forma general se tienen 4 grandes etapas (planificación, diseño, construcción e implementación), las cuales llevan a su vez una serie de actividades, trámites y unos tiempos mínimos para realizarse.

El esquema que se presenta a continuación se surte independientemente del tipo de energético.



Fuente: presentación Enel.

Dentro del proceso para el suministro de energéticos como la energía eléctrica, dentro del proceso de planificación se realiza una identificación de la ubicación del sitio dispuesto para el suministro del energético y del área de influencia del proyecto, se identifica la red de suministro para dimensionar y seleccionar las líneas o ductos a los que se va a conectar el proyecto.

Para el caso de la energía eléctrica se verifica que las líneas y la subestación del sector tenga la capacidad para suministrar la potencia que se requiere sin afectar a los demás usuarios de la red.

En esta etapa se deben realizar los estudios y análisis de prefactibilidad y estimar un presupuesto, este proceso se puede tardar entre 1 y 2 meses según se disponga de la información y el equipo de trabajo.

En la etapa de diseño detallado, se verifican requisitos de norma y especificaciones técnicas del proyecto tanto del sistema de carga o dispensadores como de la flota, los trámites que se deben adelantar.

En la etapa de construcción, se ejecutan las obras de acuerdo con los diseños detallados, se ubican las redes y se instalan los equipos. Finalmente, para la implementación o puesta en operación se reciben las obras según especificaciones técnicas, se realizan pruebas

funcionales, se realizan los reconocimientos, acreditaciones o certificaciones a que haya lugar y se pone en servicio la infraestructura.

Concretamente, respecto a la infraestructura para el abastecimiento de energía eléctrica, a manera de referencia cabe mencionar lo siguiente:

El requisito principal que deben cumplir las obras para las adecuaciones de infraestructura y la infraestructura eléctrica para el suministro de energía de recarga para una flota eléctrica es el cumplimiento de la norma Retie - NTC2050.



Existen diferentes sistemas de adecuación de infraestructura según el tipo de carga que se deba suministrar en función de la tecnología y tipología del bus. Dentro de los principales esquemas de recarga se tiene:

“Carga de oportunidad: es un tipo de carga rápida en el que las baterías reciben carga varias veces durante la operación. Es un sistema que implica un tiempo corto de carga y que generalmente se da durante los tiempos de parada en las estaciones terminales o en estaciones de abordaje de pasajeros. Los sistemas de carga de oportunidad son automáticos, ya sean

pantógrafos o de tipo inductivos. Para este tipo de carga se requiere una gran potencia debido a las limitaciones de tiempo.

Carga dinámica: *se caracteriza por cargar las baterías mientras el autobús (en este caso trolebús) se desplaza conectado a cables aéreos o catenarias mediante un colector de corriente. El objetivo de este tipo de carga es que el bus se alimente por la energía almacenada en la batería en aquellos segmentos que no cuentan con cables aéreos.*

Carga en depósito: *en este esquema la batería sólo recibe carga en el tiempo en el que bus se encuentre durante la pausa de funcionamiento, es decir, que esté estacionado en patios. Generalmente es una carga mediante un conector manual. Esta carga generalmente se realiza en horas nocturnas, y se considera lenta por el tiempo que la batería se demora en llegar a un estado de carga óptimo para su funcionamiento. Por ende, dichos cargadores son de menor potencia.”²⁶*

tecnología para carga: La disponibilidad en el mercado de los cargadores se encuentra en 3 tipos de tecnología para la alimentación de energía hacia el autobús, con diferentes características técnicas y costos. La siguiente tabla describe las tecnologías de alimentación y sus características.

Tipos de tecnología para carga

Variable	Cargadores enchufables	Pantógrafos	Catenarias
Caracterización	Carga en patios (diurna o nocturna)	Carga de Oportunidad	Alimentación continua
Ilustración			
Medio principal	Conector hacia el autobús en zona de carga	Infraestructura en puntos estratégicos del corredor	Infraestructura a lo largo del corredor
Zona de carga	En patio o terminal	En puntos distribuidos en la vía	En toda la vía
Potencia (kW)	50- 80	300- 500	>600
Costo por elemento (USD)	5 mil a 25 mil	120 a 150 mil	260 mil por km

²⁶D. Göhlich, T.-A. Fay, D. Jefferies, E. Lauth, A. Kunitz, y X. Zhang, “Design of urban electric bus systems”, 2018.

Fuente: WRI - Investigación con proveedores, 2019

2.6.2 Infraestructura para el abastecimiento de Gas Natural Vehicular

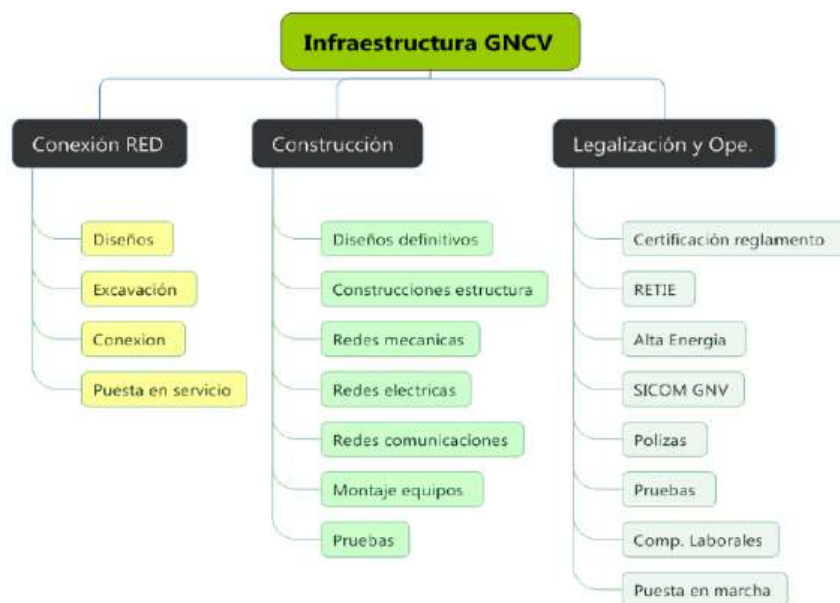
Para adelantar el proceso de suministro de GNV teniendo en cuenta que es una infraestructura nueva se verifica la conexión o punto para la acometida revisando los puntos más cercanos a la Red de distribución de gas en la ciudad.

Las redes primarias de distribución de la ciudad están construidas en acero al carbón, estas tienen una presión de garantía de 125 PSI y conforman los grandes circuitos que abastecen la ciudad de Bogotá y municipios aledaños, como Soacha y Sibaté.

La red de distribución primaria abastece las estaciones de Distrito, las EDS y las grandes industrias. Para el acceso a la red se requiere adelantar una Derivación o acometida, para lo que se toma de la red primaria de distribución. El material utilizado es tubería en Acero al carbón, se trabaja a una presión entre 125 a 400 PSI. Se piden licencias de intervención espacio público y se revisan otro tipo de trámites según las características del proyecto.

Esquema General para la implementación de una EDS a GNV.

En la figura que se presenta a continuación se muestran los principales elementos que se tienen en cuenta para la puesta en funcionamiento de una EDS de GNV.



Fuente: Vanti

Requerimientos iniciales.

La revisión de la viabilidad de instalación de la EDS parte de la solicitud de revisión de la disponibilidad o facilidad de conexión para el suministro de Gas Natural en el predio. De forma previa y/o de forma paralela se debe adelantar una verificación de los requisitos normativos y trámites que se deben adelantar para su construcción y operación.

En el país existe un marco normativo general que reglamenta la construcción y operación de las estaciones de servicio para el suministro de combustibles fósiles. Dentro del marco normativo general se encuentran las siguientes normas:

MARCO NORMATIVO GENERAL PARA LAS EDS'S	
NORMA	CONTIENE
Decreto 1076 de 2015 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.
Decreto 1073 de 2015 Ministerio de Minas y Energía	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía.
Decreto 050 de 2018 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible en relación con los Consejos Ambientales Regionales de la Macrocuenca (CARMAC), el Ordenamiento del Recurso Hídrico y Vertimientos y se dictan otras disposiciones.
Decreto 1697 de 1997 Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.	Modifica el decreto 948 de 1995 que prohíbe el uso de aceite y lubricante de desecho. Esta norma sólo lo restringe, otorgándole al Ministerio la facultad de establecer cuándo se puede usar y en qué condiciones técnicas. Obsérvese que ya el Ministerio reguló el tema a través de la Resolución 415 de 1999, autorizando el re-uso de aceites en condiciones muy restringidas.
Resolución 631 de 2015 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se establecen parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público
Ley 1333 de 2009 Congreso de la República	Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones.
Decreto Nacional 1609 de 2002 Ministerio de Transporte.	Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.
Decreto Nacional 4741 de 2005 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.	Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos en el marco de la gestión integral.
Resolución 1362 de 2007 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.	Por la cual se establecen los requisitos y el procedimiento para el registro de generadores de residuos o desechos peligrosos a que hace referencia los art 27 y 28 del decreto 4741 del 30 de diciembre de 2005.
Decreto Ley 2811 del 18 de diciembre de 1974	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente

MARCO NORMATIVO GENERAL PARA LAS EDS'S	
NORMA	CONTIENE
Decreto 1521 de 1998	"Por el cual se reglamenta el almacenamiento, manejo, transporte y distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo, para estaciones de servicio",
Resolución 1170 de 1997	"Por medio de la cual se dictan normas sobre estaciones de servicio e instalaciones afines y se deroga la Resolución 245 del 15 abril de 1997T.
Resolución 2069 del 2000	"Por la cual se adopta una guía ambiental para estaciones de servicio".
Resolución 1188 del 1 de septiembre de 2003	Por la cual se adopta el manual de normas y Procedimientos para la gestión de aceites usados en el Distrito Capital.
Resolución 3957 del 19 de junio de 2009	Por la cual se establece la norma técnica, para el control y manejo de los vertimientos realizados a la red de alcantarillado público en el Distrito Capital
Resolución 40278 de 2017 Ministerio de Minas y Energía	Por la cual se expide el reglamento técnico aplicable a las EDS que suministran gas natural comprimido para uso vehicular y se dictan otras disposiciones.
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Manual técnico para la ejecución de análisis de riesgos para sitios de distribución de hidrocarburos.
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Guía Ambiental de Estaciones de Servicio

La revisión de este marco normativo se debe complementar para la respectiva operación de la EDS, así como para las actividades previas y posteriores a la construcción.

A manera de ejemplo, los trámites asociados al cumplimiento del Decreto 4741 de 2005, Decreto 1362 de 2007 los cuales se gestionan con el MADS (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible).

REQUERIMIENTOS DERIVADOS DEL MARCO LEGAL AMBIENTAL PARA EDS GAS NATURAL VEHICULAR
<ul style="list-style-type: none"> • Matriz de impactos ambientales • Evaluación de aspectos ambientales • Programa de impactos ambientales • Formulación de programas manejo ambiental para aspectos sociales. • Capacitación y entrenamiento en temas ambientales • Programa ambiental • Construcción • Operación • Mantenimiento • Seguridad industrial • Control de ruido

LICENCIAS PARA CONSTRUCCIÓN E INTERVENCIÓN DE ESPACIO PÚBLICO	
	<ul style="list-style-type: none"> Esta licencia aplica para la acometida nueva red de acero para llegada del gas natural en el sitio definido para montaje de compresor y surtidores, su duración es de 2 a 4 meses. Según el tipo de predio se gestiona con el IDU la Licencias de excavación.
Requerimientos:	<ul style="list-style-type: none"> Plano actual de ubicación red. Descripción técnica de la obra Registro fotográfico del espacio publico Formatos IDU Radicado Plan de manejo de tránsito. Diseño de red, Área de planificación de Gas Natural S.A. ESP. (Archivo BMP, TXT) Se gestionan licencias para excavación a cielo abierto. Tendido Tapado y compactación Reposición. (Asfalto, zona verde. etc.)
LICENCIAS PARA CONSTRUCCIÓN E INTERVENCIÓN DE ESPACIO PRIVADO PATIOS.	
	<ul style="list-style-type: none"> Esta licencia aplica para la construcción de obras civiles de montaje para equipos, canopi, surtidores y diseños finales, tiempo estima 3-4 meses, simultáneos con las licencias de espacio público Decreto 1469 de 2010. Se gestiona con CURADURIA URBANA.
Requerimientos	<ul style="list-style-type: none"> Licencia de construcción de la última obra. Planos de diseño Cálculos estructurales Fachadas Planos de planta Estudios de suelo existente o nuevo (Depende particularidad) Estudio de tráfico opcional (Tráfico de equipos y suministros propios de la obra) Requerimientos de resolución 180928 del ministerio de minas y energía, Reglamento técnico aplicable para EDS, que suministran GNCV. Tramite eléctrico (CODENSA), energía para el compresor eléctrico. Factibilidad y disponibilidad Diseños de acometidas

Dentro de un cronograma ajustado para la implementación de una EDS de GNV, la etapa de construcción se puede realizar en 3 meses, pero se debe contar previamente con los diseños, importaciones y gestiones de contratación de equipos. Estos tiempos estimados no incluyen licencias de construcción y se plantea con estructuras no convencionales de forma tal que no se requiere licenciamiento ambiental.

Actividades principales		Tiempos estimados días
Disponibilidad eléctrica		180
Diseños	Eléctricos	45
	Civiles	45
	Redes	45
Importación equipos		
compresión		120
Obras civiles		90
Montaje		25
Retie instalaciones eléctricas		30
Pruebas		10
Certificación		10
Puesta en servicio		10
Días estimados - rango		180-210

Fuente: Vanti

Elementos de la EDS: En la siguiente figura se presentan los principales elementos que componen una EDS de GNV.



Fuente: Gas Natural Fenosa

Para la instalación de una EDS a GNV se requiere contar con disponibilidad de energía eléctrica, que es la fuente energética para operar los equipos de compresión del gas, el

dimensionamiento de la subestación que alimenta estos equipos está en función del tamaño y los requerimientos de estos.



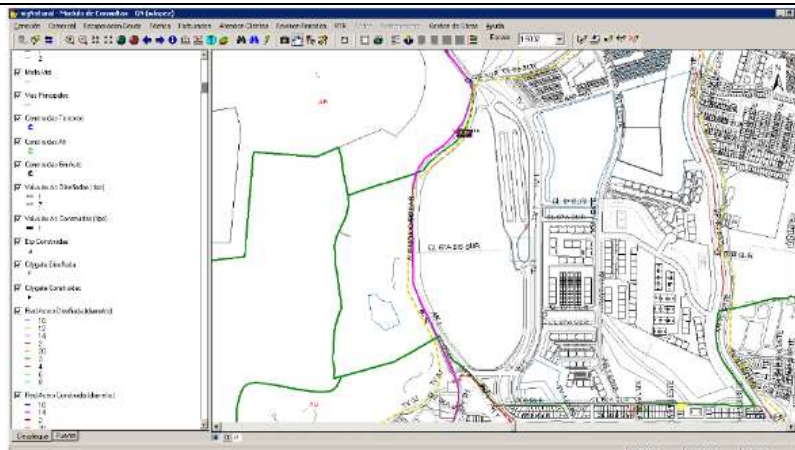
Fuente: Vanti

Sistema de compresión: estos equipos son importados, su tiempo de fabricación es de 90 días sobre pedido, se toma un tiempo de 45 días su traslado y nacionalización en Colombia.



Fuente: Vanti

Red de Distribución y ERM: Las estaciones de gas natural se conectan a la red principal de acero de 4' o 6', dependiendo de la distancia de esta se realiza el cobro de la red de distribución. El ERM Regula la presión para entregarla constante al compresor y realiza la medición de gas natural



Red de distribución



ERM:

Fuente: Vanti

PUESTA EN MARCHA EDS

Se debe certificar la EDS, frente a la Resolución 180928 para EDS de suministro Gas Natural Comprimido vehicular, cumpliendo los requerimientos contenidos y certificación RETIE, para instalaciones eléctricas.

- Distancias.
- Compresor
- Surtidores (Distancia a zona compresión, zona de almacenamiento, etc.).
- Estación de regulación y medición.
- Válvulas, manómetros.
- Rotulados, certificados de conformidad cilindros, zona almacenamiento.
- Cumplimiento de RETIE

A manera de ejemplo: Con equipos de compresión de gran capacidad 2500 m³/h y surtidores de alto flujo, Una estación puede abastecer 200 Buses en 6-8 horas. El equipamiento básico que se requiere es:

- Dos compresores de 3 etapas – 12 caudal hasta 3000 m³/h.
- 5 surtidores de alto flujo que permiten minimizar el tiempo de llenado considerablemente, cada uno con dos mangueras para un total de 10 mangueras.

Almacenamiento doble de 2400 litros

EQUIPOS PARA CONTINGENCIA

Contingencia para 100 buses durante un día recargable por varios días			
Almacenamiento en m3 de gas	12133	Capacidad real m3	12000
Capacidad por módulo	1500-2000	Capacidad útil	8500
Cantidad de módulos	8		

Descripción	Cantidad
Módulo de almacenamiento 1500 m3	8
Plataforma Módulo de almacenamiento	9
PRP "descompresora 1500 m3/h"	1
Subestación eléctrica se requiere un área de 150 m2	1
Panel prioritario	1



GNV TANQUEO RÁPIDO.

Logrando tanqueos de 200 m3 en cuatro a seis minutos por vehículo, para una flota de 198 vehículos y 250 km de recorrido día se puede tener el tanqueo total en unas seis horas.

	Cantidad	km/m3	km/día
Vehículos	198	1,3	250
Total m3 mes EDS	990.000		
Gnv m3 día	38.077		
Capacidad proyectada	6.000	m3/h	
Total tiempo llenado	6	horas	

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE SUMINISTRO

El gas ingresa a la estación por una acometida, esta es una derivación de la tubería principal de gas de la ciudad que entra hasta la estación de servicio. Posteriormente, el gas ingresa a la estación reguladora, este puede ser o no ser regulado de acuerdo con la presión de succión del compresor.

A continuación, el gas es medido y una vez se mide, entra al sistema de compresión, donde se eleva la presión hasta 3.000 psi. El gas se va comprimiendo y al mismo tiempo almacenando en un módulo diseñado para tal fin, que consiste en un soporte de varios cilindros de 100 litros (10,12 ó 24) que almacenan el gas comprimido. Desde los cilindros de almacenamiento, el gas fluye a los surtidores de combustible que van a suministrar el gas al autobús. El gas deja de fluir en el momento que la presión del cilindro del autobús es igual a la presión de suministro.

3 CONTEXTO ECONÓMICO

Para efectos de revisar el contexto económico de la renovación de flota en el SITP de Bogotá, resulta importante revisar el contexto del mercado de los buses para el transporte público urbano de pasajeros a nivel internacional para observar las tendencias y la oferta de tecnología y su grado de madurez.

Así mismo, se hace necesario revisar estos aspectos en el contexto nacional, a continuación, se realiza un breve resumen de aspectos asociados a la oferta y la demanda del transporte público en el país.

3.1 MERCADO DE BUSES URBANOS A NIVEL INTERNACIONAL

3.1.1 Productos incluidos dentro del sector^{27,28,29}

De acuerdo con estudios de analistas internacionales el tamaño del mercado de buses y/o autobuses alcanzará para 2024, valores aproximados entre USD 60,62 billones - USD 72.43 billones, se proyecta una tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) de 7.58% y el 7.90% para el periodo comprendido entre (2019 – 2024).

Para 2017 el inventario total de buses en el mundo se estimó alrededor de 17.2 millones de unidades, la gran mayoría con tecnologías de combustión interna y en los últimos 5 años un proceso acelerado para la implementación de buses de nuevas energías particularmente impulsados por las políticas y medidas tomadas por el Gobierno chino para contrarrestar los efectos de la contaminación del aire.

Otros análisis e informes internacionales contemplan dentro de los escenarios un incremento gradual de la participación de buses híbridos, eléctricos y/o propulsados con fuentes de energía renovables o fuentes no convencionales de energía en la venta de vehículos en los próximos 10 años.

Lo anterior se encuentra asociado principalmente a factores como la preocupación predominante por la contaminación causada, especialmente, por las fuentes móviles, el consumo energético del sector y la tendencia a reducir la dependencia de los combustibles fósiles por aspectos políticos, económicos y ambientales.

²⁷ <https://www.goldsteinresearch.com/report/global-bus-market-industry-analysis>

²⁸ <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/bus-market>

²⁹ <https://www.vox.com/energy-and-environment/2017/10/24/16519364/electric-buses>

Esto ha llevado a que en escenarios como la Organización de la Naciones Unidas a través de la Conferencia de las partes³⁰ los países firmantes generen compromisos y acciones para controlar la contaminación y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Debido al impacto negativo de la contaminación del aire, los gobiernos de todo el mundo han comenzado a realizar grandes inversiones para reducir la contaminación. Países como China, Francia, el Reino Unido y Alemania son algunos de los primeros en adoptar los autobuses eléctricos e híbridos. Las agencias de tránsito en los países en desarrollo se están centrando más en los beneficios ambientales y de costos a largo plazo.

Estas medidas han servido como fuerza impulsora para acelerar el desarrollo de la industria eléctrica automotriz en especial el de las baterías y los sistemas de infraestructura de recarga. La región de Asia y el Pacífico está liderando el mercado mundial de autobuses eléctricos, y uno de los principales en el mercado de las baterías, lo anterior, debido al aumento de las iniciativas gubernamentales en países como India, China y Japón.

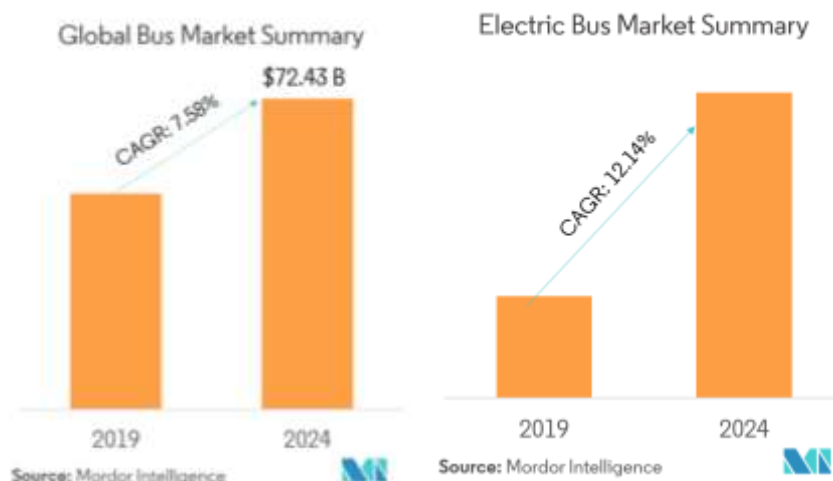
El aumento de las iniciativas gubernamentales para mejorar las redes de transporte público, en particular los sistemas de tránsito rápido de autobuses, para reducir la congestión del tráfico y mejorar la calidad del aire, es otra tendencia.

Adicionalmente, muchos gobiernos y nuevas empresas privadas de transporte aplicando el concepto de sostenibilidad para explorar el mercado y adquirir productos que cumplan con los nuevos estándares. El concepto transporte ecológico o transporte sostenible, ha impulsado la adquisición de nuevas tecnologías con modelos eléctricos, híbridos, de gas natural comprimido (GNC) y gas natural licuado (GNL), ya que muchos países están adoptando estándares de emisiones y ambientales más estrictos y nuevas regulaciones.

El analista de *Goldstein Research* pronosticó que la venta en el mercado de autobuses eléctricos e híbridos alcanzará las 40.061 unidades para 2024, a una tasa compuesta anual del 25,3% durante los años de pronóstico.

Los informes de *Mordor Intelligence* muestran una mayor tasa de crecimiento del mercado de buses eléctricos frente a la tasa global del mercado de buses entre 2019 y 2024. Escenarios que generan

³⁰ Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC)



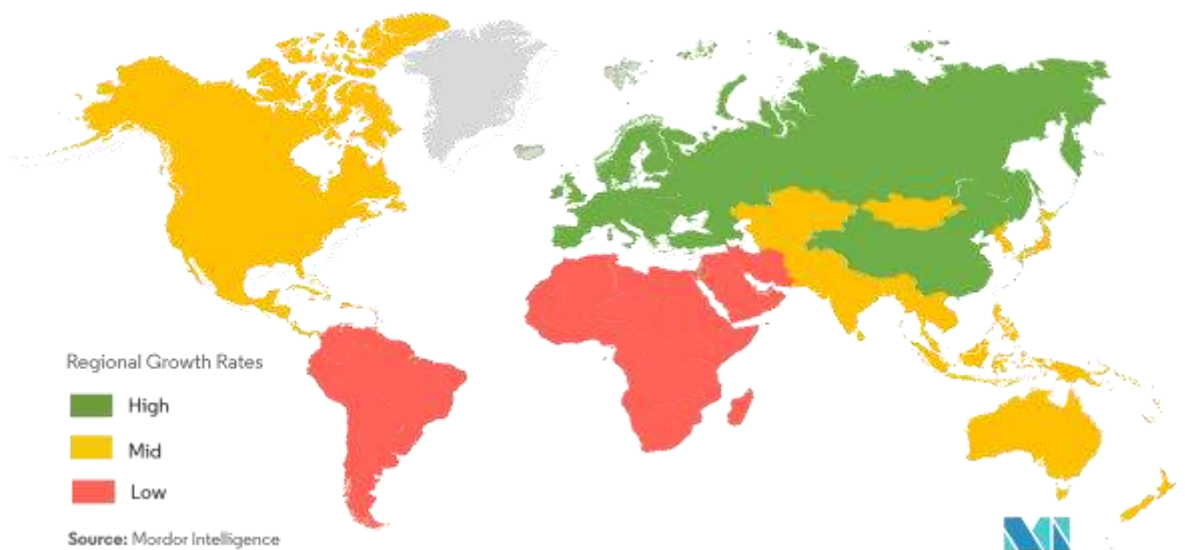
En estos informes también se presenta un panorama general del crecimiento del mercado global de buses, el mercado de los buses eléctricos y de la infraestructura de recarga en las diferentes regiones, tal como se muestra a continuación.



Electric Bus Market - Growth Rate by Region (2019-2024)



Electric Bus Charging Infrastructure Market - Growth Rate by Region, 2019-2024



3.1.2 Tendencias clave del mercado ^{31,32,33}

Los informes de Mordor Intelligence mencionan las siguientes tendencias claves del mercado:

- *“En Asia-Pacífico, China es el mayor fabricante y consumidor de autobuses eléctricos del mundo. La demanda interna del país ha sido respaldada por los objetivos de ventas nacionales, las leyes favorables, los subsidios de apoyo y los objetivos municipales de calidad del aire. Sin embargo, en 2017 y 2018, las ventas de autobuses eléctricos con batería disminuyeron debido a los cambios en las políticas y los subsidios entre los gobiernos nacionales y locales del país.*
- *Durante el período de pronóstico, China puede seguir presenciando un crecimiento en la adopción de autobuses eléctricos, ya que más de 30 ciudades chinas han hecho planes para lograr el 100% de transporte público electrificado para 2020, incluidos Guangzhou, Zhuhai, Dongguan, Foshan y Zhongshan en el Delta del río Perla, junto con Nanjing, Hangzhou, Shaanxi y Shandong. A diciembre de 2018, se operaban casi 16,000 autobuses eléctricos en Shenzhen, una de las megaciudades chinas.”*
- *Los autobuses urbanos que funcionan con diésel y otros combustibles fósiles han sido una causa importante de contaminación en ciudades de todo el mundo. Por lo tanto, el mercado de autobuses urbanos está experimentando un cambio de paradigma hacia los autobuses eléctricos. Este cambio es apoyado por muchos gobiernos para abordar los problemas ambientales.*
- *En 2015, el gobierno chino comenzó a subsidiar la compra de autobuses eléctricos, alentando a los sistemas de tránsito a reemplazar sus autobuses de tránsito diesel, GNC, GNL y gasolina. Debido a esto, las ventas de modelos con batería en el país aumentaron dramáticamente. A diciembre de 2018, China es el mercado más grande para autobuses eléctricos de tránsito. En diciembre de 2018, la Junta de Recursos del Aire de California (CARB) votó un reglamento para la transición a flotas de autobuses con 100% de emisiones cero para 2040. Se espera que programas como estos se conviertan en los principales conductores del segmento de autobuses de tránsito del mercado estudiado sobre el pronóstico período.*
- *Se espera que el mercado de autobuses eléctricos registre una tasa compuesta anual de 12.14%, durante el período de pronóstico (2019-2024).*
- *El crecimiento del mercado de autobuses eléctricos se ha atribuido a la creciente preocupación por el agotamiento de los combustibles fósiles y la contaminación ambiental.*
- *Con el fin de abordar los problemas antes mencionados, muchos gobiernos de todo el mundo han iniciado cambios en los sistemas de transporte público, al reemplazar los autobuses pesados de diésel y gasolina con autobuses eléctricos de cero emisiones.*

³¹ <https://www.goldsteinresearch.com/report/global-bus-market-industry-analysis>

³² <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/bus-market>

³³ <https://www.vox.com/energy-and-environment/2017/10/24/16519364/electric-buses>

- *Asia-Pacífico ha liderado el mercado de autobuses eléctricos, con mayores iniciativas gubernamentales en países como India, China y Japón.*
- *Sin embargo, es probable que las fluctuaciones en las políticas y subsidios del gobierno afecten el crecimiento de los autobuses eléctricos. Por ejemplo, el gobierno chino está planeando retirar los subsidios a los autobuses eléctricos para 2020, lo que se espera que afecte aún más el costo de los autobuses eléctricos en el país, durante el período de pronóstico.*
- *En Europa, en 2018, el Reino Unido dominó el mercado y representó el 20,22% del mercado total, seguido de Alemania, Francia y España. En el Reino Unido, los autobuses son el modo de transporte más utilizado. En 2017, se realizaron 4.400 millones de viajes en autobús por Inglaterra, y los autobuses representaron aproximadamente el 59% de todos los viajes en transporte público en Gran Bretaña, en comparación con el 21% en tren. Se espera que Europa sea testigo de la segunda tasa de crecimiento más rápida*
- *Se espera que la región europea sea testigo del segundo CAGR más rápido del 7,50%, durante el período de pronóstico.*
- *En Europa, el Reino Unido tiene la mayor cantidad de autobuses eléctricos, con autobuses eléctricos híbridos actualmente en funcionamiento en muchas ciudades británicas, que representan el 18% de toda la flota de Europa. La electrificación del transporte por carretera del país aún está en su etapa inicial, pero se espera que la caída de los costos impulse el crecimiento del mercado.*

Otros estudios y documentos plantean lo siguiente:

- *“En términos regionales, Asia es el hogar de casi la mitad (48%) de la flota mundial de autobuses. El CIS (14%) y las Américas también tiene grandes flotas de autobuses: América del Norte con 13% y América del Sur y Central con 9% Le siguen África / Medio Oriente, Europa Occidental y Europa del Este con un 5% de participación cada uno. La flota más pequeña se encuentra en Australia / Pacífico, donde hay alrededor de 118.000 autobuses registrados (menos del 1% de la flota total).”³⁴*
- *En Europa, USA y Latinoamérica las flotas operadas con combustibles fósiles siguen siendo mayoritarias, los buses con estándares de emisión avanzados Diésel y GNV con Euro VI o EPA 2010, siguen siendo una alternativa de transición hacia las metas de cero emisiones. España es uno de los países con flotas más Grandes a GNV.*
- *El Libro Blanco del transporte de la Comisión Europea (2011) estableció un objetivo de reducción de las emisiones de GEI del 60% para 2050 en comparación con 1990, o del 70% en comparación con 2008 con el propósito de “acercarse firmemente a cero”. También hay referencias a la construcción de infraestructuras para el repostaje de GNC (gas natural comprimido) y GNL (gas natural licuado), tal y como se define en la Directiva sobre infraestructura para los combustibles*

³⁴ https://www.sci.de/fileadmin/user_upload/Flyer_MC_Bus.pdf

alternativos. En el caso de los turismos, la estrategia se centra en los vehículos de emisiones cero.

- En 2016, la flota de autobuses de Australia constaba de 96.600 vehículos registrados, un 1,5% más que en 2015. Entre 2007 y 2016, la flota de autobuses de Australia creció 2.2% anual. de media. Los autobuses australianos son relativamente jóvenes y hay alrededor de 4.000 vehículos equipados con motores de energía alternativa, en su mayoría GNC.

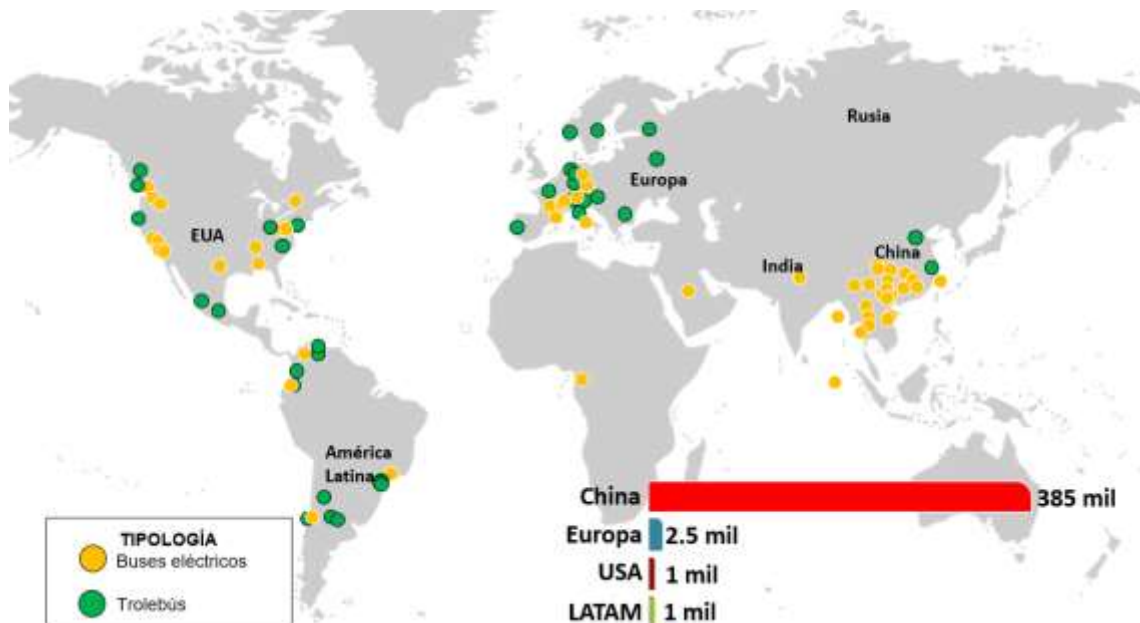
En 2019, el análisis de mercado realizado por WRI – UKPACT Colombia – Clean Energy Works en el marco del estudio Implementación de mecanismos financieros innovadores para la transición a flotas de autobuses más limpias en Colombia, muestra los resultados del análisis de la base de datos que se consolidó con el objetivo de mostrar la oferta en autobuses eléctricos en el mundo.

La base de datos cuenta con 271 autobuses, de los cuales, 167 fueron eléctricos, 71 trolebuses, 27 diésel, 2 híbridos y 6 a GNC, 41 empresas que comercializan autobuses o componentes eléctricos, 5 tipos de cargadores y algunos datos sobre los costos. Dentro de los principales resultados se resaltan los siguientes:

Autobuses eléctricos: A continuación, se presenta el mapa y la tabla del resumen de la disponibilidad de vehículos eléctricos por región, considerando a Latinoamérica y Bogotá, como regiones independientes.

La mayor presencia de operación de autobuses eléctricos se encuentra en China, Europa y Estados Unidos de América, siendo el primero el mayor pionero con esta tecnología, con más de 385 mil autobuses en su territorio, según el reporte de Bloomberg a inicios del 2018.

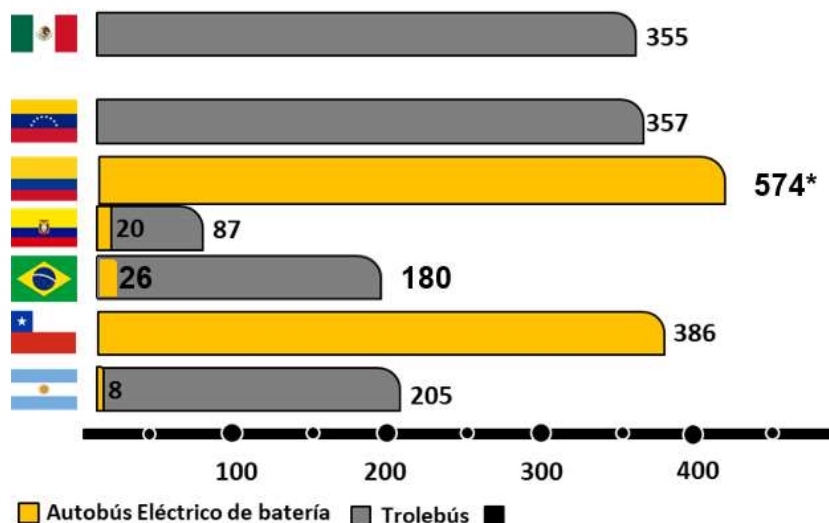
Mapa de presencia de tecnología eléctrica en el mundo



Fuente: WRI – UKPACT Colombia – Clean Energy Works con datos del reporte de Bloomberg, 2018, sólo autobuses eléctricos plugin y carga de oportunidad

Por otro lado, la tecnología eléctrica en América Latina (LATAM), ha ido en incremento, aunque en menor volumen en comparación con los demás continentes.

Mapa de presencia de tecnología eléctrica en Latinoamérica



Fuente: WRI – UKPACT Colombia – Clean Energy Works con datos del reporte de Bloomberg, 2018

* Flota esperada en operación al año 2020, se consideran datos de la ciudad de Medellín, Cali, y Bogotá, adicionalmente se considera el autobús articulado eléctrico en prueba en Transmilenio (Bogotá)

La República de Chile, con sus 386 unidades en Santiago es la ciudad con mayor volumen de autobuses eléctricos en operación, incluso con mayor número que los sistemas de trolebuses en Territorio mexicano y venezolano.

Colombia, actualmente, es el segundo país con mayor número de autobuses eléctricos en operación, con 90 unidades. Se espera que para 2020, sea el país con mayor número de autobuses eléctricos con los resultados del reciente proceso de licitación de buses eléctricos en la ciudad de Bogotá (483 autobuses).

La tecnología de autobuses eléctricos por carga de oportunidad es nula prácticamente en LATAM, mientras que los autobuses articulados, aunque ya han operado en Colombia, Quito y Chile, ha sido en modelo de prueba, aún sin gran cantidad de unidades en rodamiento.

La disposición de autobuses eléctricos en el mundo se centra mayormente en los vehículos tipo padrón, alrededor de 12 metros de longitud, mientras que la oferta de vehículos de 18 metros (articulados y biarticulados) - alta capacidad y menor a 7 metros (minibús) - baja capacidad, es menor. La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** siguiente describe un resumen de la presencia de los tipos de autobuses eléctricos por región en el mundo.

Resumen de investigación de autobuses eléctricos

TRANSMILENIO S.A.
Avenida Eldorado No. 69 - 78
Edificio Elemento - Torre 1 Piso 5
PBX: (57) 2203000
FAX: (57) 3249870 - 80
Código postal: 111071
www.transmilenio.gov.co
Información: línea 4824304



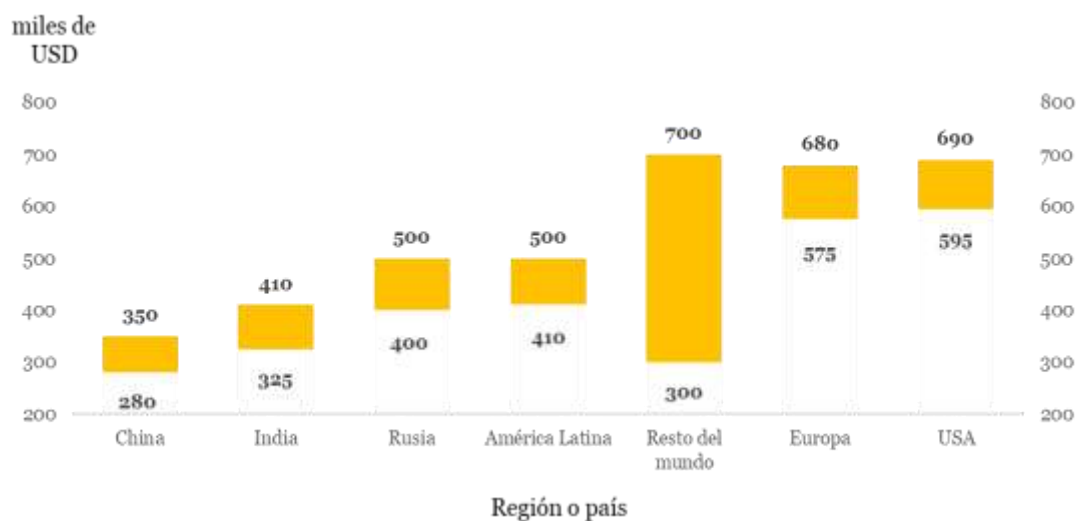
Tipo	Autobús Eléctrico Baterías					Autobús Eléctrico Carga de Oportunidad					Trolebús				
Región / tipo de autobús	Biarticulado	Articulado	Padrón	Busetón	Minibús o menor	Biarticulado	Articulado	Padrón	Busetón	Minibús o menor	Biarticulado	Articulado	Padrón	Busetón	Minibús o menor
China		X	X	X	X						X		X		
Europa		X	X	X	X		X	X			X	X	X		
USA		X	X	X	X							X	X		
Latino América	X*	X*	X									X	X		
Bogotá		X*	X										X		

*Unidades en prueba

Fuente: WRI con investigación de datos públicos

De forma general se observa que los costos de los vehículos oscilan con un margen de 70 a 100 mil dólares de diferencia, por cada región/país. Los autobuses más costosos se encuentran en Estados Unidos de Norte América y Europa y los de menor precio, se encuentran en China y la India, mientras que Rusia y América Latina tienen autobuses en un costo medio, con relación al más alto y bajo costo, como se muestra a continuación.

Rangos de costo de autobuses eléctricos por región o país USD 2012



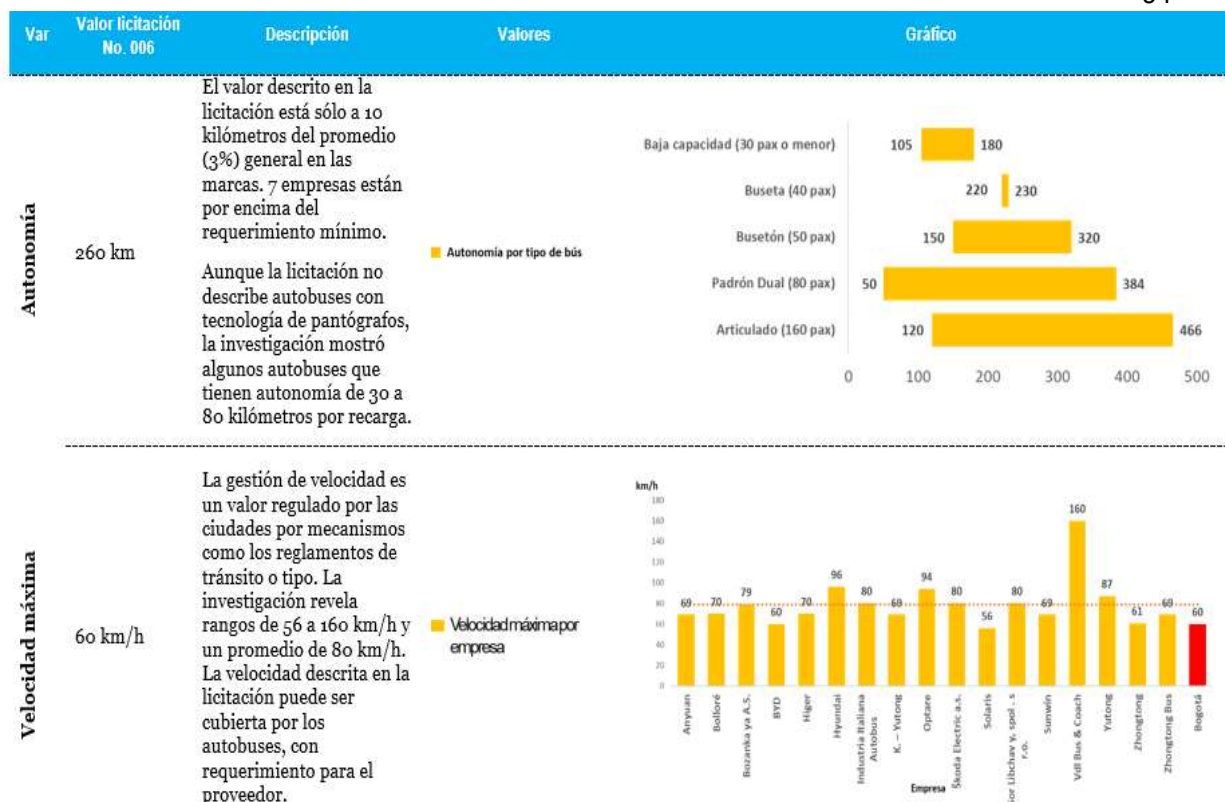
Fuente: WRI - Tomado de Frost & Sullivan, Strategic Analysis of Global Hybrid and Electric Heavy-Duty Transit Bus Market

Dentro de los análisis adelantados por WRI, se presentan los principales resultados respecto a las características de los autobuses en el mercado y los requisitos mínimos de la licitación para buses eléctricos que se adelantó en 2019 en Bogotá.

La tabla que se presenta a continuación muestra una Comparación entre características de autobuses y requisitos mínimos de Licitación No. 006



Fuente: WRI -



Fuente: WRI -

3.2 SECTOR TRANSPORTE URBANO EN COLOMBIA

3.2.1 Contexto de la Oferta y la demanda

Para revisar la viabilidad de implementación de las diferentes alternativas tecnológicas vehiculares para el sistema de transporte público masivo de Bogotá, se hace necesario revisar para la matriz energética nacional, entre otros aspectos, los factores asociados a:

La logística de abastecimiento, infraestructura requerida, confiabilidad del suministro, calidad del energético, composición de la tarifa, precios, riesgos, respaldo o alternativas de suministro, prioridades de suministro, proveedores.

De igual manera, la revisión del marco normativo, incentivos, los tiempos y trámites para habilitar y/o garantizar el suministro.

En Colombia en los últimos años se han adelantado muchos estudios que soportan los escenarios de crecimiento de los energéticos y su participación en los diferentes sectores productivos del país, para el caso del sector transporte con el ingreso de nuevas tecnologías vehiculares, los objetivos y metas de la política nacional se vienen ampliando tanto la oferta de servicios como las garantías para diferentes escenarios de suministro.

Actualmente el transporte público de pasajeros del país se caracteriza por operar utilizando tecnologías vehiculares que utilizan como fuente de energía combustibles fósiles (diésel, seguido del gas natural vehicular) y ha iniciado la migración a tecnologías que utilizan la energía eléctrica y/o motores eléctricos (buses híbridos y eléctricos).

De los 7 Sistemas de Transporte Público Masivo de pasajeros tipo BRT del país la composición y participación de los energéticos.

Mes/Año	Ciudad	Sistema	Cantidad de flota -	Tipología	Energético
abr-19	Bogotá	SITP - Troncal -	1428	Articulado	Diésel
abr-19	Bogotá	SITP - Troncal -	358	Biarticulado	Diésel
abr-19	Bogotá	SITP - Troncal -	1	Biarticulado	GNV
abr-19	Bogotá	SITP - Zonal	1976	Padrón	Diésel
abr-19	Bogotá	SITP - Zonal	3026	Busetón	Diésel
abr-19	Bogotá	SITP - Zonal	974	Buseta	Diésel
abr-19	Bogotá	SITP - Zonal	389	Microbus	Diésel
abr-19	Bogotá	SITP - Zonal y dual	337	Padrón	Hibrido diésel
abr-19	Bogotá	SITP - dual	31	Padrón	Diésel
abr-19	Bogotá	SITP - Zonal	3	Padrón	GNV
abr-19	Bogotá	SITP - Zonal	1	Padrón	Eléctrico
dic-18	Medellín	METROPLUS	67	Articulado	GNV
dic-18	Medellín	METROPLUS	5	Padrón	GNV
dic-18	Medellín	METROPLUS - zonal	250	Buseton	GNV
mar-19	Cartagena	TRANSCARIBE	52	Articulado	GNV
mar-19	Cartagena	TRANSCARIBE	137	Padrón	GNV
mar-19	Cartagena	TRANSCARIBE	93	Buseton	GNV
dic-17	Cali	MIO	200	Articulado	Diésel
dic-17	Cali	MIO	523	Padrón	Diésel
dic-17	Cali	MIO	192	Buseton	Diésel
dic-18	Barranquilla	TRANSMETRO	84	Articulado	Diésel
dic-18	Barranquilla	TRANSMETRO	210	Padrón y	Diésel
nov-16	Bucaramanga	METROLÍNEA	29	Articulado	Diésel
nov-16	Bucaramanga	METROLÍNEA	102	Padrón	Diésel
nov-16	Bucaramanga	METROLÍNEA	106	Busetón	Diésel
dic-18	Pereira	MEGABUS	36	Articulado	Diésel
dic-18	Pereira	MEGABUS	94	Padrón	Diésel
Mar-20	Bogotá	SITP - Troncal -	578	Articulado	Diésel
Mar-20	Bogotá	SITP - Troncal -	760	Biarticulado	Diésel
Mar-20	Bogotá	SITP - Troncal -	179	Articulado	GNV
Mar-20	Bogotá	SITP - Troncal -	563	Biarticulado	GNV
jul-19	Medellín	METROPLUS	64	Padrón	Eléctrico

Mes/Año	Ciudad	Sistema	Cantidad de flota -	Tipología	Energético
dic-19	Cali	MIO	125	Padrón	Eléctrico
<p>Nota: La composición de la flota articulada y biarticulada de Bogotá cambia en proporción y en fuente energética a partir de junio/19 y finaliza en Junio/20. Las nuevas cifras al final de la tabla resaltadas en azul. Así mismo, se prevé un aumento de flota en Cali y Medellín en tipología padrón eléctrico en el corto plazo.</p> <p>Fuentes: Elaboración propia basada en información reportada en:</p> <p>https://es.wikipedia.org/wiki/Metropl%C3%BA#Bus_articulado</p> <p>https://www.metrolinea.gov.co/v3.0/sites/default/files/rendicion_de_cuentas_2016- definitivo_0.pdf</p> <p>https://spi.dnp.gov.co/App_Themes/SeguimientoProyectos/ResumenEjecutivo/0011099000000.pdf</p> <p>http://www.mio.com.co/index.php/infraestructura-146/buses.html</p> <p>http://www.cali.gov.co/observatorios/publicaciones/141074/observatorio-movis-flota-vinculada-del-sistema-integrado-de-transporte-masivo---sitm-mio/</p> <p>TRANSMILENIO S. A. - Bases de datos flota vinculada. Dirección Técnica de Buses y Dirección Técnica de BRT</p>					

De la tabla anterior, se observa que actualmente el 90,34% de la flota de los STM's del país funcionan con combustible diésel, seguido de un 6,21% de flota a GNV, un 3,44% son buses híbridos diésel – eléctrico y un 0.01% buses 100% eléctricos.

Con los procesos de renovación y/o adquisición de flota habrá una diversificación gradual y un cambio en la matriz energética y la flota de los sistemas masivos, a los que se incorporarán otros energéticos como GNV y eléctrico en una mayor proporción.

Con la renovación de las flotas de las Fases I y II de TransMilenio y la adquisición de flota eléctrica para Cali y Medellín, la participación del diésel disminuirá en aproximadamente un 8.6% y de los híbridos el 0.16%. el GNV aumentará cerca del 6.92% y el eléctrico en 1,84%.

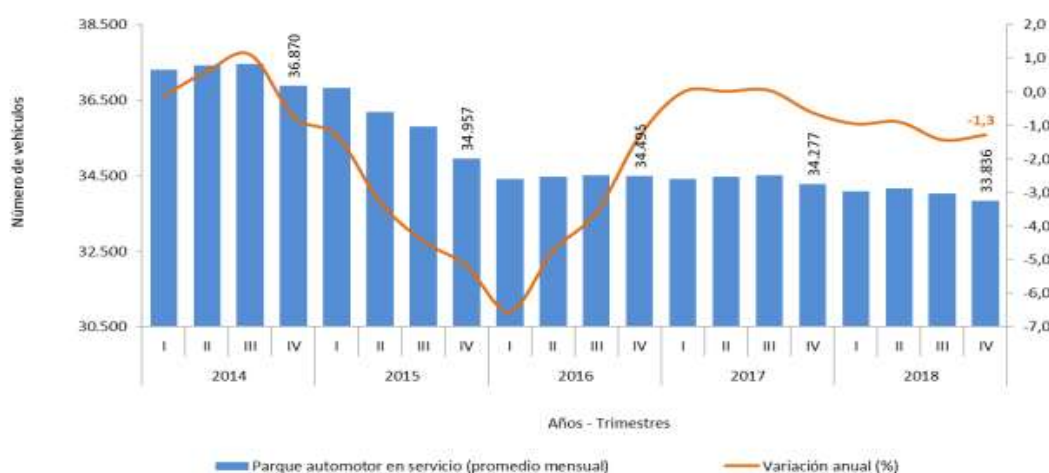
Frente a factores asociados a la demanda y tomando como referencia la Encuesta de Transporte Urbano de Pasajeros (ETUP) realizada por el DANE, la cual se elabora con periodicidad trimestral, y tiene cobertura de 8 áreas metropolitanas (Barranquilla, Bucaramanga, Cali, Cúcuta, Manizales, Medellín, Pereira) y 15 ciudades del país.

Esta encuesta analiza el transporte público municipal prestado en el perímetro urbano sin incluir servicio de taxi a partir de la consolidación de información relacionada con tipo de vehículo y nivel de servicio, información de vehículos afiliados, en servicio y número de pasajeros movilizados.

De acuerdo con el Boletín técnico de la ETUP, correspondiente al cuarto trimestre de 2018, el parque automotor para el transporte urbano de pasajeros en las áreas de cobertura presentó en promedio 33.836 vehículos en servicio por mes, representando una disminución de 1,3% con respecto al mismo semestre (octubre - diciembre) de 2017.

En la siguiente gráfica se muestra la variación anual del parque automotor en servicio.

Figura 1: Parque automotor en servicio (número de vehículos - variación anual) 8 áreas metropolitanas - 15 ciudades 2014 (I Trimestre) - 2018 (IV Trimestre)



Fuente: DANE, ETUP.

^P Cifra provisional

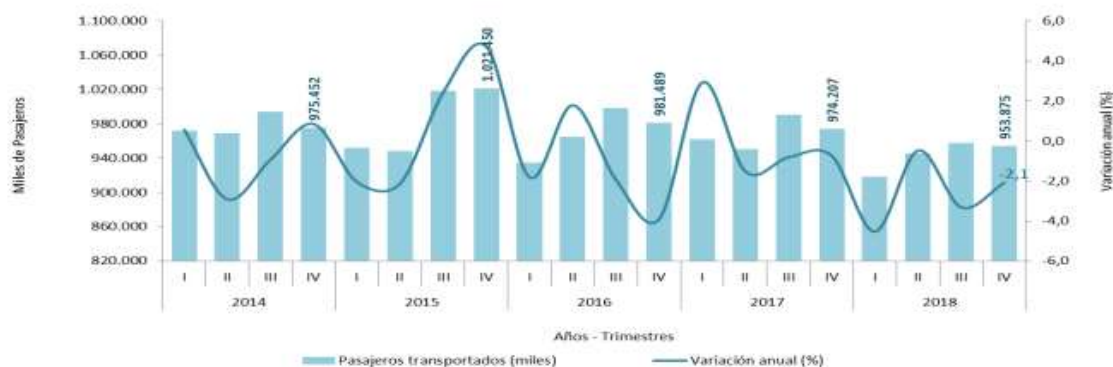
Fuente: DANE, Boletín técnico – Encuesta de transporte urbano de pasajeros (ETUP) Tercer trimestre 2018

Así mismo, se transportaron 953.875 miles de pasajeros, lo que evidenció una disminución del 2.1% en comparación con el cuarto trimestre de 2017.

Lo anterior evidencia, cómo los usuarios han cambiado su preferencia en cuando a modo de transporte. En la siguiente figura se muestra el comportamiento histórico de número de pasajeros transportado.

En línea con lo anterior, en el trimestre octubre - diciembre de 2018, el 64.7% del parque automotor en servicio en el área de cobertura correspondió al transporte tradicional y el 35.3% a los sistemas integrados de transporte masivo SITM.

Figura 2: Número de pasajeros transportados (miles de pasajeros - variación anual) - 8 áreas metropolitanas y 15 ciudades - 2014 (I trimestre) - 2018p (III trimestre)



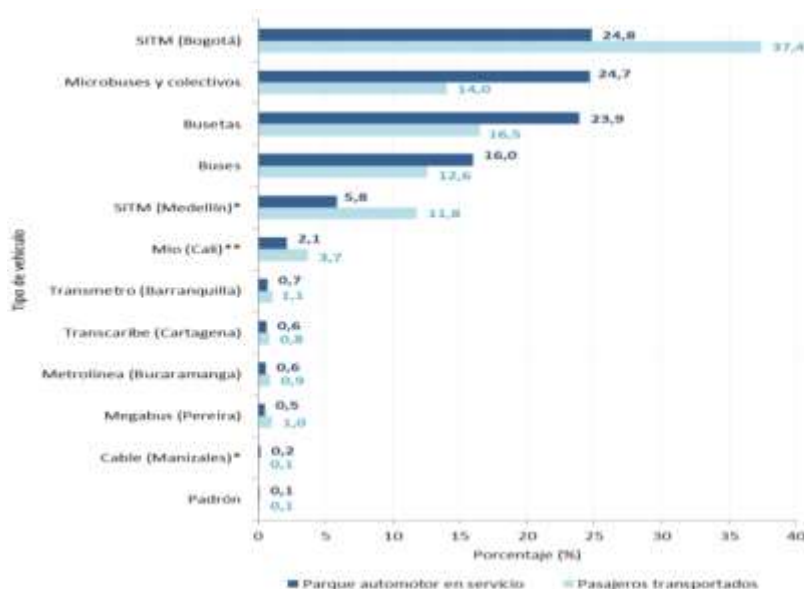
Fuente: DANE, ETUP.

P Cifra provisional

Fuente: DANE, Boletín técnico – Encuesta de transporte urbano de pasajeros (ETUP) Tercer trimestre 2018

En cuanto a utilización del servicio, el 43.2% de los pasajeros se movilizaron en el sistema de transporte tradicional y el 56.8% en los sistemas integrados de transporte masivo. Así mismo, la mayor participación la tuvo Bogotá, donde esta ciudad registró 37.4% del total de usuarios. En la siguiente figura se detalla el comportamiento descrito anteriormente.

Figura 3: Distribución porcentual del parque automotor en servicio y pasajeros transportados III trimestre de 2018p



Fuente: DANE, Boletín técnico – Encuesta de transporte urbano de pasajeros (ETUP) Tercer trimestre 2018

En esa medida, el mismo trimestre de 2018, en el transporte tradicional los microbuses y colectivos fueron los que registraron una mayor disminución en el parque automotor en servicio con un -5.3% y en el número de pasajeros transportados con un -6.2% comparado con el mismo periodo del año 2017.

ETUP dentro de los resultados muestra el comportamiento que presentó la ciudad de Bogotá en el mismo periodo de análisis, siendo así, Bogotá contó con un parque automotor en servicio de 13.917 vehículos en promedio mensual incluyendo SITP Provisional con una disminución del 2% con respecto a 2017; así mismo, transportó 453.845 miles pasajeros, destacándose una disminución del SITM zonal y complementario en cuanto a pasajeros transportados de -3.8%.

En la siguiente tabla se muestra el detalle de parque automotor para cada una de las tipologías que operan en Bogotá.

Tabla 1: Parque automotor y pasajeros en el horario A.M en Bogotá

Tipo de Vehículo	Promedio mensual de vehículos afiliados			Promedio mensual de vehículos en servicio			Total pasajeros transportados Miles		
	2017	2018 ^a	Variación %	2017	2018 ^a	Variación %	2017	2018 ^a	Variación %
Área Metropolitana de Bogotá	15.834	15.371	-2,9	14.198	13.917	-2,0	471.965	453.845	-3,8
SITM Alimentador	873	837	-4,1	833	777	-6,7	73.884	74.695	1,1
SITM Padrón*	262	261	-0,4	260	259	-0,4			
SITM Troncal	1.744	1.793	2,8	1.640	1.685	2,7	175.776	172.439	-1,9
SITM Zonal y complementario**	6.122	5.768	-5,8	5.639	5.672	0,6	116.749	109.662	-6,1
Buses	1.972	1.964	-0,4	1.645	1.628	-1,0	36.165	34.348	-5,0
Busetas	1.188	1.175	-1,1	942	903	-4,2	19.756	17.621	-10,8
Microbuses-Colectivos	3.674	3.573	-2,8	3.239	2.993	-7,6	49.636	45.079	-9,2

Fuente: DANE, Boletín técnico – Encuesta de transporte urbano de pasajeros (ETUP) Tercer trimestre 2018

En línea con lo anterior, la variación doce meses con respecto al SITM, registró un parque automotor en servicio de 8.426 vehículos en promedio mes, representando una disminución de 1.3% con respecto al periodo (enero-diciembre) de 2017 y transportó un total de 1.418.956 miles de pasajeros correspondiente al 78.3% de los usuarios de la ciudad de Bogotá, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2: Parque automotor y pasajeros en el A.M. de Bogotá - Año corrido a septiembre (2017 - 2018) p

Tipo de Vehículo	Promedio mensual de vehículos afiliados			Promedio mensual de vehículos en servicio			Total pasajeros transportados Miles		
	2017	2018 ^p	Variación %	2017	2018 ^p	Variación %	2017	2018 ^p	Variación %
Área Metropolitana de Bogotá	16.087	15.505	-3,6	14.366	14.051	-2,2	1.901.839	1.812.248	-4,7
SITM Alimentador	869	853	-1,9	823	812	-1,3	297.092	289.848	-2,4
SITM Padrón*	262	261	-0,3	260	257	-1,3			
SITM Troncal	1.744	1.760	1,0	1.648	1.647	-0,1	699.067	681.237	-2,6
SITM Zonal y complementario**	6.337	5.884	-7,1	5.809	5.711	-1,7	482.334	447.870	-7,1
Buses	1.995	1.962	-1,7	1.647	1.629	-1,1	145.327	138.792	-4,5
Busetas	1.172	1.178	0,4	925	921	-0,4	79.764	72.048	-9,7
Microbuses-Colectivos	3.708	3.608	-2,7	3.254	3.075	-5,5	198.256	182.453	-8,0

Fuente: DANE, Boletín técnico – Encuesta de transporte urbano de pasajeros (ETUP) Tercer trimestre 2018

3.3 ANÁLISIS DE MERCADO

Para adelantar el análisis del mercado se identificaron y consultaron diferentes agentes tanto públicos como privados. Así mismo, se reforzó el estudio con los análisis adelantados por WRI –UK Pact Colombia – Clean Energy Works dentro del estudio Implementación de mecanismos financieros innovadores para la transición a flotas de autobuses más limpias en Colombia - diciembre 2019.

3.3.1 Agentes que componen el sector

Dentro de los principales agentes del sector se cuenta con entidades públicas que determinan aspectos de política y normativas asociadas a los componentes del sistema, particularmente las que determinan características y especificaciones de norma, dentro de los actores públicos relacionados directamente con el objeto de la licitación se tienen los proveedores de flota y los carroceros.

3.3.1.1 Fabricantes de buses

En el mundo se han identificado cerca de un centenar de fabricantes de buses y/o chasis, muchos de los cuales no cuentan con representación y/o interés en el mercado latinoamericano, su presencia varía de acuerdo con la región del mundo en la que tienen sus centros de producción y filiales.

En el análisis de mercado adelantado por WRI –UK Pact Colombia – Clean Energy Works dentro del estudio Implementación de mecanismos financieros innovadores para la transición a flotas de autobuses más limpias en Colombia - diciembre 2019, se muestra que actualmente,

existe gran oferta de los proveedores para autobuses eléctricos, siendo el vehículo padrón el más cotidiano, como se muestra a continuación.

Oferta de autobuses por tecnología por empresa

Compañía	Ciudad	Tipo de tecnología			
		Híbrido	Eléctrico	Trolebús	CNG
ADL	UK	x			
Alexander Dennis Limited	UK	x	x		
Aktiebolaget Volvo	SE	x	x		
Bozankaya	TR		x		
Bluebus	UK		x		
Bozankaya A.S.	AL		x		
BYD	CH		x		
Bredamenarinibus	IT		x		x
Caetanobus	PT		x		
Ccw Complete Coach Works	US		x		
Chariot Motors	US		x		
Dancerbus	LT		x		
Carosserie Hess AG	CH	x		x	
COBUS INDUSTRIES GmbH	DE		x		
Daimler AG	DE	x			
Ebusco B.V.	PB		x		
Foton	CH		x		
Göppel Bus GmbH	DE	x			
Heuliez Bus	FR	x			
Hybricon	SE	x	x		
Irizar S COOP	ES				
Kutsenits	AT	x	x		
MAN Truck & Bus AG	DE	x			x
Optare	UK	x	x		
Otokar Otomotiv ve Savunma Sanayi A.Ş.	TR				x
PVI	FR		x		
Scania Aktioebolag	SE	x			
Solaris Bus & Coach S.A.	PL	x	x	x	
Solbus	PL				x
SOR	CZ		x	x	
SOR Libchavy	CZ	x	x	x	
Temsa Europe	BE	x			x

Compañía	Ciudad	Tipo de tecnología			
		Híbrido	Eléctrico	Trolebús	CNG
Van Hool	BE	x	x	x	x
VDL Bus Roselare	BE	x		x	
Vossloh Kiepe GmbH	DE	x		x	
Wrights Electric	UK	x	x		

Fuente: Investigación WRI

El análisis adelantado por WRI, en la tabla que se presenta a continuación, describe la presencia de autobuses eléctricos en el mundo por cada región, país, ciudad, proveedor, modelo, tipo de vehículo y su autonomía por cada unidad.

Oferta por modelo de autobuses

Té c	Re g	País	Ciudad	Empresa	Modelo	Caracterización	Max Autonomía (km)
Electricidad	Internacional	Alemania	Bad Langensalza	Bozankaya A.Ş.	Bozankaya Sileo S10	Padrón Dual (80 pax)	260
			Berlin	Solaris	Urbino 12 electric	Padrón Dual (80 pax)	266
			Berlín	Solaris	Urbino 12 electric	Padrón Dual (80 pax)	266
			Bonn	Bozankaya A.Ş.	Bozankaya Sileo S12	Padrón Dual (80 pax)	280
			Braunschweig	Solaris	Urbino 12 electric	Padrón Dual (80 pax)	266
					Urbino 18 electric	Articulado (160 pax)	185
			Bremen	Bozankaya A.Ş.	Bozankaya Sileo S12	Padrón Dual (80 pax)	260
			Cologne	VDL Bus & Coach	Citea SLF-180 Electric	Articulado (160 pax)	200
			Eberswalde	Solaris	Urbino 18 electric	Articulado (160 pax)	185
			Hamburgo	Volvo	7900 electric	Padrón Dual (80 pax)	96
			Mannheim	Hess	Hess Swisstrolley	Padrón Dual (80 pax)	30
			Muster	VDL Bus & Coach	Citea SLF120 electric	Padrón Dual (80 pax)	180
			Oberhausen	Solaris	Urbino 12 electric	Padrón Dual (80 pax)	266
			Stuttgart	Cobus Industries	Cobus Industries eCobus 3000	Padrón Dual (80 pax)	100
				Mercedes Benz	eCitaro	Padrón Dual (80 pax)	
		Austria	Graz	Chariot Motors	Chariot e-bus	Padrón Dual (80 pax)	
					CRRC Articulated bus	Articulado (160 pax)	
			Klagenfurt	Solaris	Urbino 8.9 LE electric	Busetón (50 pax)	200

Té c	Re g	País	Ciudad	Empresa	Modelo	Caracterización	Max Autonomía (km)
		Bélgica	Brujas	Van Hool	A308 citybus	Busetón (50 pax)	250
		Bulgaria	Sofia	Chariot Motors	Chariot e-bus	Padrón Dual (80 pax)	175
		Canadá	Winnipeg	New Flyer	Xcelsior CHARGE 35'	Padrón Dual (80 pax)	160
					Xcelsior CHARGE 40'	Padrón Dual (80 pax)	340
					Xcelsior CHARGE 60'	Articulado (160 pax)	466
		China	Hefei	Anhui Ankai Automobile	HFF6700BEV	Busetón (30 pax)	
			Pekín	Foton	City Bus	Padrón Dual (80 pax)	320
				Golden Dragon	City Bus	Padrón Dual (80 pax)	350
				Yinlong	GTQ6126BEVBT3	Padrón Dual (80 pax)	190
				Yutong	Bus E12	Padrón Dual (80 pax)	320
					Bus ICE12	Padrón Dual (80 pax)	200
			Xiamen	King Long	XMQ6662GEV	Busetón (30 pax)	
					XMQ6706EV	Busetón (30 pax)	
					XMQ6706GEV	Busetón (30 pax)	
					XMQ6802G	Busetón (30 pax)	
					XMQ6806EV	Busetón (30 pax)	
				BYD	eBuzz K6 Goldstone	Busetón (30 pax)	200
				BYD	Andino KF1	Padrón Dual (80 pax)	350
				Dongfeng Yangtse	Q6620CLBEV6	Busetón (30 pax)	
		Dinamarca	Copenague	BYD	K9	Padrón Dual (80 pax)	300
		Eslovaquia	Košice	SOR Libchavy	EBN 10.5	Padrón Dual (80 pax)	180
		Eslovenia		TAM	Vero 10	Padrón Dual (80 pax)	
					Vero 11	Padrón Dual (80 pax)	
					Vero 9	Busetón (50 pax)	
		España	Barcelona	BYD	K9	Padrón Dual (80 pax)	330
				Irizar S. Coop	I2E	Padrón Dual (80 pax)	250
				Solaris	Urbino 18 electric	Articulado (160 pax)	185
				Transportes Metropolitanos de Barcelona	TMB bus electric	Busetón (30 pax)	
			Donostia-San Sebastián	Irizar S. Coop	I2E	Padrón Dual (80 pax)	250
			Madrid	Castrosua	Castrosua Tempus	Padrón Dual (80 pax)	300
			Valladolid	Vectia	Vectia Veris.12	Padrón Dual (80 pax)	300

Té c	Re g	País	Ciudad	Empresa	Modelo	Caracterización	Max Autonomía (km)
					Hybrid+		
		Estonia	Tallin	Volvo	7900 Electric Hybrid	Padrón Dual (80 pax)	96
		Finlandia	Turku	Linkker	Linkker 13 LE-D	Padrón Dual (80 pax)	50
		Francia	Gailac	Bolloré	BlueBus	Busetón (30 pax)	120 - 180
				Safra	Safra Businova Midibus	Padrón Dual (80 pax)	200
			Marsella	Irizar S. Coop	IE2	Padrón Dual (80 pax)	250
			Nice	Heuliez Bus	Bus GX 337 ELEC	Padrón Dual (80 pax)	200
			Paris	Bolloré	Bluebus	Padrón Dual (80 pax)	320
		Francia	Lyon	Navya SAS	Autonom Shuttles	Busetón (30 pax)	
		Holanda	's-Hertogenbosch	VDL Bus & Coach	Citea SLF120 electric	Padrón Dual (80 pax)	180
				Volvo	7700 (customised model)	Padrón Dual (80 pax)	250
			Rotterdam	VDL Bus & Coach	E-Traction Citea	Padrón Dual (80 pax)	180
			Schiemonnikoog	BYD	K9	Padrón Dual (80 pax)	340
			Schiphol	BYD	K9	Padrón Dual (80 pax)	340
			Utrecht	Optare	Solo EV	Busetón (50 pax)	270
		Hungría	Budapest	Evopro Bus Kft.	Evopro Modulo C68e	Buseta (40 pax)	230
			Szeged	Ikarus Skoda	Ikarus-Skoda Tr187.2	Articulado (160 pax)	250
		India	Mumbai	Tata Motors Limited	Starbus Ultra Electric 6/12 EV	Busetón (30 pax)	215
					Starbus Ultra Electric 9/12 EV	Busetón (30 pax)	151
		Israel	Tel Aviv	BYD	K9	Padrón Dual (80 pax)	330
		Italia	Cagliary	Solaris	Urbino 12 electric	Padrón Dual (80 pax)	266
				Van Hool	Kiepe Van Hool A330T	Padrón Dual (80 pax)	120
			Praga	BredaMenarinibus	BredaMenarinibus Zeus	Busetón (30 pax)	140
				Industria Italiana Autobus	CITYMOOD 12 E	Padrón Dual (80 pax)	
		Polonia	Inowroclaw	Solaris	Urbino 12 electric	Padrón Dual (80 pax)	266
			Jaworzno	Solaris	Urbino 12 electric	Padrón Dual (80 pax)	266
			Krakov	Solaris	Urbino 12 electric	Padrón Dual (80 pax)	266
					Urbino 8.9 LE electric	Busetón (50 pax)	200
			Lodz	Solaris	Urbino 12 electric	Padrón Dual (80 pax)	266

Té c	Re g	País	Ciudad	Empresa	Modelo	Caracterización	Max Autonomía (km)
			Lublin	Solaris	Urbino 18 electric	Articulado (160 pax)	185
				Ursus Bus S.A.	Ekovolt E70110	Padrón Dual (80 pax)	275
					T70116	Padrón Dual (80 pax)	275
			Rzeszow	Solaris	Urbino 12 electric	Padrón Dual (80 pax)	266
				Ursus Bus S.A.	Ekovolt E70110	Padrón Dual (80 pax)	275
			Ślupsk	Scania	Citywide	Padrón Dual (80 pax)	266
			Warsaw	BYD	K9	Padrón Dual (80 pax)	330
				Solaris	Urbino 12 electric	Padrón Dual (80 pax)	266
		Reino Unido	- Manchester - Nottingham - York	Optare	Versa Híbrido/Eléctrico	Padrón Dual (80 pax)	205
			Bolton	Mellor Coachcraft	Orion E	Busetón (30 pax)	160
					Orion Lite	Busetón (30 pax)	150
			Inverness	Optare	Solo EV	Busetón (50 pax)	270
			Liverpool	Yutong	ICE12	Padrón Dual (80 pax)	250
					ZK6128BEVG	Padrón Dual (80 pax)	320
			Londres	Alexander Dennis	Alexander Dennis Enviro 400 EV	Padrón Dual (80 pax)	30
				BYD	K8SR	Padrón Dual (80 pax)	330
					K8Sr	Padrón Dual (80 pax)	330
					K9	Padrón Dual (80 pax)	330
				BYD/ADL	Alexander Dennis Enviro 200 EV	Padrón Dual (80 pax)	250
				Irizar S. Coop	I2E	Padrón Dual (80 pax)	250
					IE2	Padrón Dual (80 pax)	250
				Optare	Full Electric	Busetón (50 pax)	205
					Metrocity EV	Padrón Dual (80 pax)	205
			Londres - Nottingham	BYD	K9	Padrón Dual (80 pax)	330
			Manchester	Optare	Versa EV	Padrón Dual (80 pax)	205
			Nottingham	Optare	Solo EV	Busetón (50 pax)	270
					Versa EV	Padrón Dual (80 pax)	205
		República Checa	Plzen	Škoda Electric A.Š.	Škoda Perun HP	Padrón Dual (80 pax)	200
			Praga	SOR Libchavy	EBN 11	Padrón Dual (80 pax)	180
		Rumania	Bucharest	BYD	K9	Padrón Dual (80 pax)	330
				SOR Libchavy	NS 12	Padrón Dual (80 pax)	150
		Rusia	Naberezhnye Chelny	Belkommunmas h	AKSM-E433	Padrón Dual (80 pax)	300
				GAZ	Electrobús	Padrón Dual (80 pax)	300
				KAMAZ	KamAZ 6282	Padrón Dual (80 pax)	200
				Trolza Electro	LiAZ 52501	Padrón Dual (80 pax)	120

Té c	Re g	País	Ciudad	Empresa	Modelo	Caracterización	Max Autonomía (km)
				buses	LiAZ 6274	Padrón Dual (80 pax)	200
					NEFAZ-5292	Padrón Dual (80 pax)	200
			Volgogrado	Volgabus	CityRhythm 12 ELF	Padrón Dual (80 pax)	300
				Trolza Electro buses	Ford	Busetón (30 pax)	150
		Serbia	Belgrade	Higer Bus	KLQ6125GEV3	Padrón Dual (80 pax)	
		Suecia	Ängelholm	BYD	K9	Padrón Dual (80 pax)	330
			Eskilstuna	BYD	K9	Padrón Dual (80 pax)	350
			Estocolmo	Volvo	7900 Electric Hybrid	Padrón Dual (80 pax)	96
					Volvo 7900	Padrón Dual (80 pax)	96
			Göteborg	Volvo	7900 Electric Hybrid	Padrón Dual (80 pax)	96
					Volvo (Procity)	Padrón Dual (80 pax)	200
			Örebro	BYD	K9	Padrón Dual (80 pax)	330
				Ebusco B.V.	Ebusco 2.0	Padrón Dual (80 pax)	300
				Optare	Solo EV	Busetón (50 pax)	270
			Umeå	Hybricon Bus System AB	Artic Whisper HAW 12 LE	Padrón Dual (80 pax)	
					Artic Whisper HAW 18 LE 4WD	Articulado (160 pax)	
			Västerås	Solaris	Urbino 12 electric	Padrón Dual (80 pax)	266
		Suiza	Ginebra	TOSA	Articulated bus	Articulado (160 pax)	30
				Van Hool	Exqui.City 18T	Articulado (160 pax)	120
		Turquía	Bursa	Karsan Jest	Karsan Jets	Busetón (30 pax)	105
	LATAM	Argentina	Buenos Aires	Zhongtong	LCK6122EVG	Padrón Dual (80 pax)	200
			Rosario	Trolza Electro buses	LIAZ-6274	Padrón Dual (80 pax)	35
		Brasil	Brasilia	BYD	D9W	Padrón Dual (80 pax)	300
			Campinhas	BYD	K9	Padrón Dual (80 pax)	300
			Sao Paulo	BYD	D9W	Padrón Dual (80 pax)	300
		Chile	Santiago	BYD	K9G	Padrón Dual (80 pax)	300
				Yutong	ZK6118HGA	Padrón Dual (80 pax)	
		Colombia	Bogotá	BYD	K9	Padrón Dual (80 pax)	340
				BYD	BYD	Padrón Dual (80 pax)	384
				Foton	Foton	Padrón Dual (80 pax)	320
					Foton	Padrón Dual (80 pax)	320
				Siemens	Siemens	Padrón Dual (80 pax)	30
				Sunwin	Sunwin	Padrón Dual (80 pax)	300
				Volvo	7900	Padrón Dual (80 pax)	96
				Zhongtong	Zhongtong	Padrón Dual (80 pax)	237

Té c	Re g	País	Ciudad	Empresa	Modelo	Caracterización	Max Autonomía (km)
			Cali	Creatti Labs, Celsia y Epsa	MC 22162	Padrón Dual (80 pax)	120
			Manizales	BYD	K7	Padrón Dual (80 pax)	190
			Medellín	BYD	K9G	Padrón Dual (80 pax)	350
		Ecuador	Guayaquil	BYD	K9	Padrón Dual (80 pax)	250
		Uruguay	Montevideo	BYD	K9G	Padrón Dual (80 pax)	300

Fuente:, WRI

Otros estudios referencias presentan algunos de los fabricantes identificados a nivel internacional.

2 Top Manufacturers Worldwide – Factsheets

Manufacturer in alphabetical order	Country	Region
Anhui Ankai Automobile Company	China	Asia
Ashok Leyland	India	Asia
Daimler AG	Germany	Western Europe
GAZ OAO	Russia	Eastern Europe
Gillig Corporation	USA	Northern America
Hino Motors	Japan	Asia
Hyundai Motor Company	South Korea	Asia
Isezu Motors	Japan	Asia
Irisbus Iveco	France	Western Europe
MAN Truck & Bus	Germany	Western Europe
Marcopolo	Brazil	Southern America
Scania AB	Sweden	Western Europe
Solaris Bus & Coach S.A.	Poland	Eastern Europe
Tata Motors	India	Asia
Volvo Bus Corporation	Sweden	Western Europe
Xiamen Golden Dragon Bus Co.	China	Asia
Xiamen King Long United Automotive Industry	China	Asia
Zhengzhou Yutong Bus Co., Ltd.	China	Asia

Fuente: BUSES – GLOBAL MARKET TRENDS (Markets – Competition – Companies – Key Figures)

https://www.sci.de/fileadmin/user_upload/Flyer_MC_Bus.pdf

Adicionalmente, dentro de la revisión preliminar adelantada por la entidad para la licitación de eléctricos, se identificó que en el mundo existen más de 57 proveedores de buses eléctricos, a saber:

Creatilabs, Volvo, Proterra, Modasa, Higher, Alexander Denis, Bluebus, Bozankaya A.S., Caetanobus, CCW, Chariot Motors, Dancerbus, Double K, EBus, Ebusco B.V., Electron Corporation, Gillig, Green Power, Heuliez Bus, Hunan Crrc Times Electric Vehicle CO LTD., Hybricon Bus System AB, Irizar S. Coop, Linkker OY, New Flyer, Nove Bus, NTL, Alstom, Optare, Otokar Otomotivve Savunma Sanayi A.S., Rampini Carlo, Safra, Skoda Electric A.S., Solaris, Sor Libchavy SPOL S.R.O., Temsa Global Sanayi Ve Ticaret A.S., Ursus Bus S.A., Van Hool, VDL Bus & Coach, Vectia Mobility S.L., Wrtightbus, ABB, Siemens, Circutor, OP Green, Bombardier Primove GMBH, Ekoenergetyka-Polska, Heliox Automotive BV, Jema Energy, Powerdale NV, Schunk Carbon Technology, BYD, Sunwin, Yutong, Yinlong, Dongfeng, Sinotruck, Foton, Zhongtong, entre otros.

3.3.1.2 Proveedores para el mercado colombiano³⁵

Para la etapa 3 de la licitación, se adelantó una consulta a proveedores a inicios de 2020 con el ánimo de actualizar los análisis adelantados durante 2019. Los resultados de esta actualización muestran lo siguiente:

a) Proveedores de chasis por tecnología y por tipología

Para el mercado colombiano, en las tipologías requeridas para el componente zonal del SITP, se identificaron 27 posibles fabricantes de chasis, con base en la información de los estudios de mercado realizados por TRANSMILENIO S.A. durante 2019 y 2020.

Se identificaron fabricantes de chasis alrededor del mundo que proveen vehículos de transporte de pasajeros, con tecnologías diésel Euro VI, Gas Euro VI y Eléctricos, de los cuales remitieron información a TMSA los siguientes por tecnología:

Diésel	Gas	Eléctrico
GENERAL MOTORS	AGRALE	BYD

³⁵ La información contenida en este acápite fue elaborada por la Subgerencia Económica de TRANSMILENIO S.A.

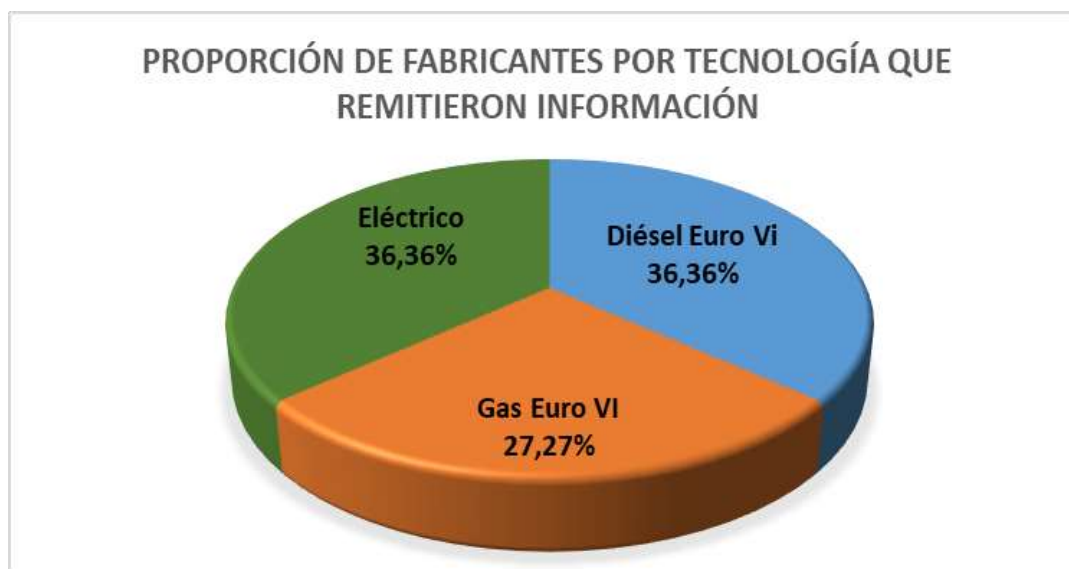
Diésel	Gas	Eléctrico
IVECO	IVECO	FOTON
MERCEDES BENZ	SCANIA	mitsui - CAETANO
SCANIA	VOLKSWAGEN	SIEMENS
NON PLUS ULTRA S.A.	MERCEDES BENZ	SUNWIN
VOLKSWAGEN	SUNLONG	YUTONG
VOLVO		ZHONGTONG
SUNLONG		SUNLONG

Fuente: Elaboración propia, Subgerencia Económica de Transmilenio S.A.

De acuerdo con los fabricantes mencionados, se recibió información de capex y/o opex de ocho (8) proveedores de tecnología Diésel Euro VI, seis (6) proveedores de tecnología Gas Euro VI y ocho (8) proveedores de tecnología Eléctrico, de los cuales existen fabricantes con oferta de una o más tecnologías.

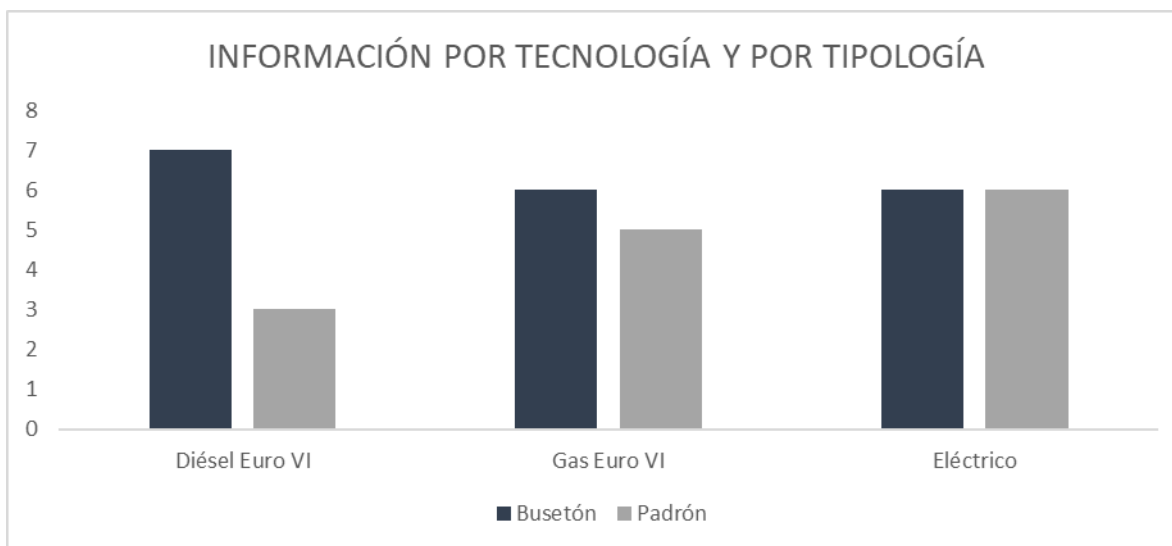
En la siguiente gráfica se detallan la oferta por tecnología teniendo en cuenta la información recolectada.

Figura 4: Proporción de fabricantes por tecnología que remitieron información



Fuente: Elaboración propia, Subgerencia Económica de TRANSMILENIO S.A.

Por otro lado, en la siguiente gráfica se muestra información más detallada acerca de las tipologías reportadas por cada uno de los fabricantes para las tres tecnologías.



Fuente: Elaboración propia, Subgerencia Económica de TRANSMILENIO S.A.

De la gráfica anterior, se puede ver que TRANSMILENIO S.A. recibió más información de busetones que de padrones. Sin embargo, existen diferencias entre la información entregada por cada uno de los fabricantes. Como se puede ver en la tabla a continuación, no todos revelaron información sobre los costos operacionales o de inversión de la flota, lo cual genera la obligación de diferenciar a dichos fabricantes para poder analizar la verdadera oferta que hay actualmente en el mercado.

Estado de información de proveedores recolectada

Fabricante y/o comercializador	Información de productos	Capex	Opex
Agrale	X	X	X
BYD	X	X	X
Fotón	X	X	
General Motors	X		
Iveco	X	X	X

Fabricante y/o comercializador	Información de productos	Capex	Opex
Mercedes	X	X	X
Non Plus Ultra	X		
Scania	X	X	X
Siemens	X		
Sunlong	X	X	
SUNWIN	X	X	X
Volvo	X	X	X
VW	X	X	X
Yutong	X	X	X
Zhongtong	X	X	X

Fuente: Elaboración propia, Subgerencia Económica de TRANSMILENIO S.A.

En línea con lo anterior, el 80% de la información de chasis recibida contenía el costo de inversión del bus y el 66% los costos de operación. La importancia de este análisis radica en que algunas de las ofertas de chasis aún están en prototipo, por lo que la flota no alcanzaría a entregarse en los tiempos establecidos en el proceso de selección. Por esta razón para estimar la oferta de buses que existe actualmente en el sistema se tuvieron en cuenta únicamente aquellas que radicaron una cotización a TRANSMILENIO S.A. con los costos operacionales.

Una vez realizado el proceso descrito anteriormente se llegó a la conclusión que para la tecnología Gas Euro VI se encuentran disponibles las marcas Scania y Agrale, para Diésel Euro VI se encuentran VW (Solo Busetón), Iveco y Volvo (Solo Padrón)³⁶ y para Eléctricos se encuentran las Marcas BYD, Sunwing, Yutong y Zhongtong.

Adicionalmente, los procesos de selección de la Etapa II de Fase V llevados a cabo durante el 2019, tras haberse declarado desiertas las Licitaciones Públicas TMSA-LP-06 y TMSA-LP-07 de 2019 y TMSA-LP-17 y TMSA-LP-18 de 2019 y luego de la adjudicación de tres (3) Unidades Funcionales en los Procesos de Selección Abreviada TMSA-SAM-27 y TMSA-SAM-28 de 2019, se evidenció que en la actualidad no existe una amplia oferta de busetones que cumplan con los estándares de las tecnologías Euro VI.

³⁶ También estaría disponible el chasis Mercedes, pero finalmente no podría presentarse en el proceso de selección porque la mínima mezcla de biocombustible permitida en el país no le alcanza para cumplir con los estándares Euro VI

b) Capacidad de producción

A continuación, se presenta la capacidad de producción de vehículos por año. En esta tabla se puede ver que el 100% de los fabricantes que enviaron la información completa a Transmilenio S.A. tienen una capacidad de producción mayor a 1000 vehículos al año

Capacidad de producción por fabricante

Fabricante y/o comercializador	Hasta 300 Veh	> 300 < 1000	> 1000
AGRALE			X
BYD			X
IVECO			X
SCANIA			X
SUNWIN			X
VOLVO			X
VOLKSWAGEN			X
YUTONG			X
ZHONGTONG			X

Fuente: Elaboración a partir de información recolectada de los fabricantes de vehículos para transporte público.

c) Indicadores financieros

Adicionalmente, se hizo un análisis de los siguientes indicadores financieros para el año 2018³⁷, donde se puede comparar el Índice de Liquidez, el Índice de Endeudamiento, la Rentabilidad sobre el Patrimonio y la Rentabilidad sobre Activos:

Indicadores financieros

Compañía	Índice de Liquidez	Índice de Endeudamiento	Razón de Cobertura de Intereses	Rentabilidad sobre Patrimonio	Rentabilidad sobre Activo
BYD Company Limited	0,99	68,8%	2,58	13,2%	4,1%
CNH Industrial (Iveco)	1,09	63,6%	2,43	4,6%	1,7%

³⁷ Se tomó el año 2018, porque algunos fabricantes no han reportado datos del 2019. Adicionalmente, no se encontraron datos de Agrale.

Compañía	Índice de Liquidez	Índice de Endeudamiento	Razón de Cobertura de Intereses	Rentabilidad sobre Patrimonio	Rentabilidad sobre Activo
SAIC Motor Corporation Limited (Sunwin)	1,21	71,7%	13,01	24,9%	7,0%
Scania	1,12	72,9%	18,27	25,4%	6,9%
Volkswagen AG	1,09	74,4%	9,32	12,3%	3,2%
Volvo	1,21	73,5%	20,03	26,4%	7,0%
Zhengzhou Yutong Bus Co., Ltd.	1,57	54,5%	12,87	17,8%	8,1%
Zhongtong Bus Holding Co	1,38	77,9%	1,56	11,0%	2,4%

Fuente: YAHOO Finance y de las propias empresas.

d) Ubicación Geográfica

Por otro lado, en la siguiente tabla se presenta la clasificación de los fabricantes teniendo en cuenta su ubicación geográfica principal; no obstante, varios fabricantes cuentan con plantas de producción en América lo que les permite abastecer un mercado en menor tiempo.

Clasificación fabricantes por ubicación geográfica

Fabricante	América	Asia	Europa
AGRALE	Brasil		
BYD		China	
IVECO			Italia
SCANIA			Suecia
SUNWIN		China	
VOLKSWAGEN			Alemania
VOLVO			Suecia
YUTONG		China	
ZHONGTONG		China	
CLASIFICACION	1	4	4

Fuente: Elaboración a partir de información recolectada de los fabricantes de vehículos para transporte público.

(*) No son fabricantes sino comercializadores o representantes de marca

Como se observa en la tabla, del 44% de los fabricantes de vehículos se encuentran ubicados en el continente asiático y todos ellos son productores de vehículos eléctricos y están ubicados específicamente en China.

e) Proveedores de Carrocerías

El análisis sobre la oferta de carrocerías se diferencia de la oferta de chasis principalmente, porque los vehículos de tecnología eléctrica provenientes de China vienen carrozados, mientras que los demás chasis son carrozados en Colombia.

Entonces, aplicando la misma metodología descrita en el numeral a), donde para el análisis de la oferta únicamente se tuvieron en cuenta aquellos fabricantes que le proporcionaron la información completa a TRANSMILENIO, se concluyó que actualmente hay dos (2) carroceros en el mercado interesados en participar de los presentes procesos de selección: Busscar y Marcopolo.

Dichos fabricantes reportan tener la posibilidad de carrozar buses de las tecnologías, Diésel Euro VI, Gas Euro VI y Eléctrico (en caso de que se importe el chasis sin carrocería) y para las dos tipologías, Padrón y Busetón.

f) Entrada en operación de los Busetones

Durante el año 2019 y lo corrido del año 2020 se realizaron reuniones con los fabricantes que desde un inicio le manifestaron a la entidad su interés de ofrecer vehículos con estándar de emisión Euro VI.

Particularmente, en relación con la tipología Busetón, la fecha de ingreso en operación es diferente a la de la tipología padrón dado que los fabricantes indicaron que la producción de los Busetones con tecnología Euro VI requería mayor tiempo de fabricación considerando los ajustes que se deben realizar en fábrica para cumplir con el estándar de emisión mínimo requerido.

Por lo anterior, la entrada en operación de esta tipología en algunas Unidades Funcionales va a ser posterior a la entrada de los padrones, donde la primera entrada en operación de flota de Busetones se plantea a partir de Julio de 2021.

3.3.1.3 Entidades públicas consultadas sobre disponibilidad y calidad de combustibles y energéticos.

Para efectos de determinar la disponibilidad y calidad de las fuentes de energía para atender la demanda del sistema, particularmente de la operación zonal sin concesiones vigente, se consultó al Ministerio de Minas y Energía, a la UPME y a ECOPETROL.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA

Mediante comunicación con radicado TRANSMILENIO S.A. 38185, el Ministerio de Minas y Energía dio traslado de la comunicación a la UPME *“dado que esta entidad es la que ejerce la planeación de los sistemas de energía en generación y transmisión de energía eléctrica y en consecuencia ha realizado diversos estudios al respecto (...)”*.

Adicionalmente mediante comunicación con radicado 2019ER21972 el Ministerio de Minas y Energía manifestó que *“de acuerdo con lo establecido en el artículo 1 del Decreto 4892 de 2011 y de acuerdo con las conclusiones de la sesión del día 7 de febrero de 2019 del comité intersectorial de biocombustibles, y según comunicación enviada por correo electrónico el día 23 de febrero de 2019, el comité recomendó adelantar los trámites necesarios para adoptar el aumento del componente de biodiesel en la mezcla con diésel, pasando del 10% al 12%. (...) A la fecha únicamente se tiene en consideración un posible aumento de mezcla al 12% de biodiesel con el combustible diésel de origen fósil (...)”*.

El 20 de septiembre de 2019 el Ministerio de Minas y Energía expidió la Resolución 4-0730 por medio de la cual se establece el contenido máximo de biocombustible para uso en motores diésel en la mezcla con combustible diésel fósil. Según dicho acto administrativo, a diciembre de 2019 se establece el 10% como porcentaje de mezcla obligatoria de biocombustibles para uso en motores diésel que se distribuyan en el territorio nacional.

UPME

Mediante comunicación con radicado TRANSMILENIO S.A. 2396 la UPME informó:

“Con respecto a las proyecciones de oferta y demanda: anexamos el plan de combustibles líquidos donde se presentan los escenarios de proyecciones de demanda y oferta de combustibles líquidos y gas natural utilizados en el sector transporte.

Con respecto a los precios de los energéticos: anexamos documento con proyecciones de precios realizado por la UPME. Con respecto a cambios en el marco normativo que pueda incidir en la variación de los precios, recomendamos dirigirse al Ministerio de Minas y Energía, debido a que este tema no es competencia de la UPME.

Con respecto a los temas de cambio en la calidad de combustible, en cual al contenido de azufra, y al cambio en el porcentaje de mezcla, recomendamos dirigirse al Ministerio de Minas y Energía, debido a que este tema no es competencia de la UPME.

Con respecto a la incorporación de tecnologías de bajas y cero emisiones, así como estándares de eficiencia energética para vehículos, anexamos el estudio de mapa de ruta vehículos cero o bajas emisiones. Adicionalmente, se están finalizando un estudio en convenio con el World Resources Institute, para el desarrollo de una propuesta de norma de eficiencia energética vehicular para Colombia, con el desarrollo de una etiqueta de eficiencia para vehículos.

Con respecto a los mecanismos para agilizar y/o facilitar el acceso a los beneficios tributarios para vehículos con tecnologías a GNV, híbridos o eléctricos, se resalta la creación de la Ventanilla única de trámites de incentivos.”

A continuación, se hace una breve referencia a los estudios mencionados en la comunicación la UPME más otros estudios de interés:

- **Plan indicativo de abastecimiento de combustibles Líquidos. UPME. 2018.**³⁸

En este documento se simulan las cadenas de abastecimiento y confiabilidad en el suministro de petróleo y combustibles líquidos bajo diferentes escenarios de oferta y demanda de petróleo en las refinerías, distintos escenarios de oferta de combustibles y biocombustibles y demanda de dichos productos, operación de los diferentes modos de transporte, así como las contingencias en los sistemas de refinación y transporte.

Respecto a este documento en la carta remitida por la UPME se establece lo siguiente:

“La información más reciente relacionada con las proyecciones asociadas a la oferta y al consumo de energéticos utilizados en el sector transporte son las presentadas en el Plan Indicativo de Abastecimiento de Combustibles Líquidos (...). En el citado documento se presenta

³⁸ http://www1.upme.gov.co/Hidrocarburos/publicaciones/Plan_liquidos_2018/Plan_de_Abastecimiento_de_Combustibles_Liquidos.pdf

un análisis de la oferta y demanda de los energéticos utilizados en el sector transporte por nodos en el período 2018-2037. El objetivo de este análisis no es solamente establecer en que momento se presenta un desbalance entre la oferta y la demanda nacional, sino que permite establecer las necesidades de infraestructura para asegurar un abastecimiento confiable de los diferentes combustibles líquidos.

El Plan de Abastecimiento presenta tres escenarios de producción de crudo, dos escenarios de refinados y tres escenarios de demanda. Los escenarios de producción son resultado del estudio desarrollado por Arthur D Little para la UPME en 2016, en el que se analizaron tres posibles escenarios de precio del crudo (bajo 45-55 USD/b, medio 55-65 USD/b y alto >60 USD/b), y los impactos consiguientes en los niveles de reservas probadas, probables, posibles, recuperación mejorada, yet to find y recursos no convencionales.

A su vez el Plan presenta tres escenarios de demanda, simulados con base en información histórica de compra y venta de combustibles registrada en SICOM, información de sobretasa del Ministerio de Hacienda y Crédito Público y de ECOPETROL. También se utiliza información relacionada con tecnologías y políticas del Ministerio de Transporte e información de movilidad de carga y pasajeros. El escenario medio toma como supuesto un crecimiento económico medio a largo plazo del 3%. En el escenario tendencial se toma un crecimiento de 2.5%, mientras que, en el eficiente, el crecimiento es de 3.5%.

Entre los resultados de las proyecciones en el escenario base resalta la entrada de vehículos a gas natural licuado, como sustituto del ACPM en el transporte de carga y a GLP a partir de 2024, así como el crecimiento de la electricidad, con tasas promedio anuales mayores al 10.5% por la entrada de vehículos eléctricos desde 2020 y del metro de Bogotá hacia 2024. También se ha supuesto que la mezcla de biocombustible se mantiene iguala la de 2018, durante todo el periodo de proyección.

Con las prospectivas de oferta y demanda se construyen balances volumétricos para determinar necesidades de infraestructura tanto para suministro como para transporte por ductos. Como resultado se tiene que, para el ACPM se presentaría un desbalance desde el inicio de período de estudio, es decir, se debe recurrir a las importaciones para cubrir la demanda interna desde hoy. Para la gasolina, el desbalance se presenta a partir del año 2024. posteriormente, al realizar el análisis de balance por regiones, costa e interior, se encuentra que la región costa no presenta desbalance en el periodo de análisis, mientras que en el interior los desbalances están presentes desde el inicio del periodo de estudio.”

En el texto del documento plan indicativo de abastecimiento de combustibles líquidos principalmente se concluye que:

- *“En el segmento del Upstream, no se vislumbran mayores dificultades en el transporte de los crudos hacia las refinerías y/o los puertos de exportación. Pero la estructuración de los escenarios de producción de crudo en una coyuntura de precios internacionales bajos no permite albergar demasiado optimismo sobre la producción futura de petróleo en el país, por el contrario se plantea que Colombia va en camino de recibir cada día menos ingresos por exportaciones petroleras a medida que la producción de petróleo descende. Es en ese contexto, que los oleoductos no tienen suficiente carga para copar su capacidad de transporte.*
- *El supuesto de producción de petróleo puede ser en la práctica uno de los más controvertidos y es previsible que a medida que avance el tiempo se cuente con información adicional que permita elaborar mejores estimativos de mediano y largo plazo. Como los resultados en términos de incorporación de reservas no están rindiendo los frutos esperados, es de esperarse que la construcción de los escenarios de producción de petróleo a mediano y largo plazo con base en las reservas probadas, probables y posibles y el desarrollo de algunos proyectos de recuperación mejorada (lo que resulta más factible de incorporar en el corto y mediano plazo) tengan tendencia a la baja y su comparación con los requerimientos de refinación lleven a proyectar necesidades de importación a fin de completar las cargas de las dos principales refinerías. “*
- *“El análisis en el escenario bajo de oferta de crudo muestra el deterioro progresivo de la balanza comercial petrolera del país la cual ve reducida sustancialmente sus exportaciones a finales de la próxima década para dar comienzo a un incremento sostenido de las importaciones a fin de atender los requerimientos de producción de combustibles líquidos. Por ello es necesario explorar todas las alternativas posibles para el aumento de la disponibilidad de reservas, como del desarrollo de los proyectos de producción incremental por la vía de recuperación mejorada donde las inversiones para extracción son menores por cuanto son recursos ya encontrados.”*
- *“Todo el sistema de suministro de combustibles depende de dos refinerías y una red de poliductos que está saturada, y los centros de consumo más grandes están en el interior del país; así que la seguridad del suministro depende en gran medida de su actual infraestructura de tuberías, como de la capacidad de los puertos de importación.”*
- *“Parte de la oferta de productos refinados proviene de la contribución de los proyectos de biocombustibles tanto de alcohol carburante como de biodiesel. La producción de los primeros ingresa a los terminales mayoristas donde se mezcla con las gasolinas básicas que provienen de las refinerías. En cuanto al biodiesel, parte del volumen se entrega en las refinerías donde sale con unos porcentajes de mezcla definidos en la regulación (B2 para Barrancabermeja y B4 para Cartagena) y el resto se adiciona en los terminales de distribución mayorista. Considerando que el horizonte de planeamiento se extiende hasta el*

año 2036, se asume que se incorporará nueva oferta que tenga que entrar en operación a fin de mantener porcentajes de mezcla E10 y B10 durante todo el periodo de planeación.”

- En relación con los precios establece que el mercado de los combustibles líquidos, así como el mercado de ciertos productos primarios están caracterizados por intensas fluctuaciones de los precios y de sus tendencias.

Como factores que tienen incidencia en el precio se identifican los siguientes:

1) “Como el petróleo simultáneamente es un activo financiero, los papeles y derivados que dependen de los precios y cantidades del petróleo transadas fluctúan ampliamente en los mercados financieros”;

2) “el precio final de los combustibles líquidos no varía en la misma proporción en que varía el precio del crudo, ya que los impuestos, el transporte y los costos de distribución incrementan o disminuyen su participación relativa, además el precio de los combustibles no tiene una relación directa con la cotización del WTI o del BRENT sino que dependen de las cotizaciones de la gasolina y del gasóleo en el mercado de la Costa del Golfo”;

3) “Otro de los factores que afecta el precio de los derivados del petróleo es la tasa de cambio.”³⁹

- **“Proyección de precios de los energéticos para generación eléctrica enero 2017 - diciembre 2035, UPME.”⁴⁰**

El análisis precios se complementa en el documento remitido también por la UPME denominado “Proyección de precios de los energéticos para generación eléctrica enero 2017 - diciembre 2035, UPME.”⁴¹

- **Mapa de ruta para la transición hacia los vehículos de bajas y cero emisiones en Colombia. Ernst & young. Diciembre de 2017. ⁴²**

Respecto a este estudio, en la comunicación remitida por la UPME se menciona que:

³⁹

http://www1.upme.gov.co/Hidrocarburos/publicaciones/Plan_liquidos_2018/Plan_de_Abastecimiento_de_Combustibles_Liquidos.pdf

⁴⁰ http://www1.upme.gov.co/Hidrocarburos/publicaciones/Proyeccion_precios_combustibles_30Nov2017.pdf

⁴¹ http://www1.upme.gov.co/Hidrocarburos/publicaciones/Proyeccion_precios_combustibles_30Nov2017.pdf

⁴² <https://bdigital.upme.gov.co/handle/001/1160>

“Se realizó a) un diagnóstico del estado actual del así iniciativas y barreras existentes en nuestro país para estos vehículos; b) un análisis de experiencias a nivel internacional y c) una propuesta de mapa de ruta 2050 que incluye la implementación de eficiencia energética y un esquema de etiquetado de vehículos.”

En el texto del documento mapa de ruta para la transición hacia los vehículos de bajas o cero emisiones en Colombia, se establece:

- *Como meta a 2050 para el transporte público urbano se establece la siguiente: “Las principales ciudades de Colombia tendrán sistemas de transporte urbano integrados entre buses articulados, buses padrones y cables en las ciudades con laderas pobladas. Los buses padrones serán eléctricos y los articulados más grandes a gas natural.”*
- *Dentro de las estrategias recomendadas por el consultor se encuentran los incentivos para la renovación de la flota, una política nacional de electrificación del transporte, permitir el reciclamiento de equipos, indicadores de rendimientos para todas las tecnologías e incentivos hacia vehículos híbridos y eléctricos, exigencias de tecnologías de cero emisiones en las ciudades.”*
- *Se concluye que “la matriz energética colombiana ofrece una oportunidad única para complementar la hoja de ruta sugerida, ya que es una de menores emisiones por su alta proporción de energía basada en planta hídricas. Actualmente, y debido a una merma en el crecimiento de la demanda de energía eléctrica desde el 2015, existe suficiente infraestructura de oferta de electricidad que soporta un aumento de demanda. Este aumento, es favorable para el sector, ya que con mayor demanda se contaría con menores costos tarifarios en los segmentos regulados de la cadena eléctrica (distribución y transmisión) ya que estos remuneran la infraestructura con las demandas establecidas. Mayor demanda, menor tarifa. Por lo tanto, el sector eléctrico está llamado a ser uno de los que impulsen las medidas, particularmente de electrificación de la oferta de transporte a través de vehículos eléctricos e híbridos.”*
- **Estudio para revisar y actualizar las variables del entorno nacional e internacional, que impactan el desarrollo de la actividad exploratoria de hidrocarburos en Colombia y construir tres escenarios de incorporación de reservas de petróleo y gas con un horizonte mínimo de 20 años, incluyendo recursos convencionales y no convencionales, así como las inversiones asociadas a cada escenario, 2016, UPME.⁴³**

⁴³ <https://bdigital.upme.gov.co/bitstream/001/876/2/Resumen%20ejecutivo.pdf>

- *Este estudio realizado por Arthur D Little realiza “la estimación de los escenarios de oferta de hidrocarburos en Colombia teniendo en cuenta los cambios recientes en la industria internacional de hidrocarburos y el contexto de negocios del sector a nivel nacional con el fin de determinar las implicaciones en la política energética del país.” Las principales conclusiones fueron:*
- *“El nuevo panorama de la industria nacional e internacional de hidrocarburos ha afectado sustancialmente la actividad en el sector y se estima que la producción de crudo caiga a niveles entre 800 - 900 kbd hasta el 2020 y niveles de 600 kbd en el largo plazo.”*
- *“Los descubrimientos del offshore han incrementado la prospectividad del Gas Natural y aunque la producción se mantendría en niveles similares a los actuales en el corto plazo (2020), después del 2025 se incrementaría sustancialmente con el desarrollo de los campos en Guajira y Sinú Offshore.”*
- *“Conforme al Escenario Base se estima que Colombia sería deficitario en crudos livianos en el corto plazo, aunque mantendría el superávit en crudos pesados, esto representará un importante desafío para la operación de la Refinería de Barrancabermeja que es la principal abastecedora de combustibles líquidos en el interior.”*
- *“El balance de Gas Natural en el Escenario Base estima que Colombia sería autosuficiente con la producción nacional y la planta regasificadora hasta el 2026, después de este año se requerirían importaciones adicionales para abastecer la demanda.”*
- *“En el Escenario de Abundancia Colombia mantendría la producción de crudo en niveles cercanos al millón de barriles y en Gas Natural lograría autosuficiencia y excedentes exportables con los desarrollos offshore.”*
- *“En el Escenario de Escasez de crudo se pierde el autoabastecimiento de crudo desde 2022 y de Gas Natural desde el 2020 incluso considerando la capacidad de la planta regasificadora.”*

ECOPETROL

Mediante comunicación con radicado TRANSMILENIO S.A. 37520, ECOPETROL manifestó:

“En cuanto al suministro de diésel B2 con un contenido máximo de 25 partes por millón -ppm- de azufre para la ciudad de Bogotá, le informamos que hemos venido ajustando la operación en nuestras refinerías y sistemas de transporte por poliductos con el fin de estar por debajo de este

valor. De esta manera, hemos entregado a las plantas de distribución mayoristas que atienden la ciudad, diésel B2 con un contenido promedio de azufre de 21.3 ppm en el mes de noviembre de 2018 y 20.8 ppm entre los días 1 y 10 del mes de diciembre del mismo año. Esperamos que este proceso de ajuste en la calidad del diésel B2 entregado a Bogotá se encuentre totalmente estabilizado en el mes de marzo de 2019 a niveles máximos 25ppm azufre.

Respecto a los planes de modernización de la flota de la componente zonal del sistema de transporte de Bogotá, queremos manifestar nuestro compromiso con la ciudad y con Transmilenio para encontrar esquemas de suministro de gas natural y de diésel que permitan la incorporación de tecnologías de baja emisión lo antes posible. Para esto hemos definido igualmente con los equipos técnicos y de planeación de Transmilenio una mesa de trabajo conjunto, de la cual esperamos contar con resultado para finales del mes de marzo del año 2019.

Es importante mencionar que, si bien el documento CONPES 3943 de 2018 estableció como meta el suministro a todo el país de un diésel de entre 10 ppm a 15 ppm de contenido de azufre para en el año 2021, ECOPETROL viene trabajando con el propósito de entregar esta calidad hacia el mes de julio del año 2020. Este resultado anticipado por parte de ECOPETROL le permitiría a Transmilenio adelantar sus procesos de renovación de la flota zonal, entrada de los nuevos vehículos, a partir de esa fecha sin la necesidad de requerimientos logísticos especiales para el suministro diferenciado de diésel B2 de bajo azufre a esta nueva flota zonal. Respecto al gas natural, el suministro del energético se encontraría disponible desde el momento en que sea requerido por la nueva flota. No obstante, lo anterior, resaltamos el trabajo que se estará realizando con el equipo de Transmilenio en los primeros tres meses del 2019 para determinar los pasos siguientes a este respecto.

(...)

Como es de conocimiento de Transmilenio, la demanda de diésel por parte de los sistemas de transporte masivo hace parte de la demanda regulada del país, razón por la cual el abastecimiento pleno del combustible es un objetivo del Gobierno Nacional, quien ostenta la responsabilidad de abastecimiento del país.

En razón a esto, el Gobierno Nacional ha dado y se espera que continúe dando las señales económicas a los diferentes agentes de la cadena de combustible y de gas natural para que se disponga del diésel y del gas que requieren los diferentes sectores de consumo del país, entre ellos Transmilenio, para los siguientes 5, 10, 15 y 20 años.

Con la entrada en operación y estabilización de la nueva refinería de Cartagena hacia finales del año 2017 y los planes de optimización de nuestras refinerías, ECOPETROL proyecta y estima que el país contará con oferta de diésel nacional suficiente para atender la demanda al año 2025 aproximadamente, cuando la oferta y la demanda se encuentren alrededor de los 150 mil barriles día. Con posterioridad a esta fecha o ante escenarios o eventos de déficit, y como ya se ha hecho en el pasado y como se hace actualmente en el suministro de gasolina, la oferta nacional

será complementada con producto importado, el cual debe cumplir como mínimo con los mimos estándares nacionales de calidad, de manera que el país cuente con suficiente oferta de diésel. En el caso particular del gas (...) para poder dar respuesta respecto a la demanda zonal, les agradecemos enviarnos un estimado de volúmenes requeridos.

Respecto al precio del diésel, este se encuentra regulado por el Gobierno Nacional bajo el principio de paridad de exportación, en razón de la procedencia actual del producto. Adicional a lo anterior, la política y la regulación actual del precio del diésel hacen que a éste se le permita únicamente variaciones moderadas mes a mes, las cuales no sobrepasan aproximadamente el 1.7% mensual en el precio de venta al público, independientemente de la procedencia del producto; nacional o importado.

La regulación le reconoce al productor/importador del diésel el costo de oportunidad del combustible a través del Fondo de Estabilización de precios – FEPC-, asegurando la remuneración al suministrador y tratando de brindar la mayor estabilidad posible en el precio de venta al público, mitigándole al consumidor nacional, como Transmilenio, las fuertes variaciones que se puedan presentar en los precios del mercado internacional. Respecto al precio del gas natural, este corresponderá al resultado de los procesos anuales de comercialización en los cuales participan los comercializadores y distribuidores de gas natural, de acuerdo con la regulación vigente. (...)”

Así mismo, mediante comunicación con radicado ECOPETROL 2-2019-041-453, esa entidad manifestó:

“¿Cuál será la calidad del producto diésel que va a proveer ECOPETROL para la operación zonal del sistema de transporte público? ¿Y a partir de qué fecha?

En línea con el documento CONPES 3943 de 2018 y con el compromiso de contribuir a mejorar la calidad del aire para los colombianos, ECOPETROL viene desarrollando un plan con acciones concretas para entregar combustibles cada vez de mejor calidad. EN este sentido, para la operación zonal del Sistema Integrado de Transporte Público de Bogotá, ECOPETROL suministrará diésel B2 (98% diésel de petróleo y 2% de biodiesel) con un contenido de azufre entre 10 y 15 partes por millón -ppm-, a partir del mes de julio del año 2020. Este contenido de azufre es inferior al límite de 50 ppm que prevé la regulación vigente.

¿Qué porcentaje de mezcla de Biocombustible de aceite de palma tendrá el producto que va a entregar ECOPETROL a los distribuidores mayoristas?

En cumplimiento de la normativa vigente, ECOPETROL entrega diésel B2 a los distribuidores mayoristas, es decir una mezcla de dos por ciento (2%) de biocombustibles para uso en motores diésel y noventa y ocho por ciento (98%) de diésel fósil.

La ley 393 de 2004 estableció medidas para estimular la producción y comercialización de biocombustibles para uso en motores diésel. Mediante el artículo 7 abrió la posibilidad de que el diésel contenga biocombustibles de origen vegetal o animal: "A partir de la fecha señalada en la reglamentación de la presente ley, el combustible diésel que se utilice en el país podrá contener biocombustible de origen vegetal o animal para uso en motores diésel en las calidades que establezcan el Ministerio de Minas y Energía y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial."

Esta ley fue reglamentada mediante los Decretos 2629 de 2007, y 2328 y 4892 de 2011, así como las Resoluciones 40351 de 2017 y 40184 de 2018, las cuales establecen como mezcla obligatoria para Bogotá un diez (10%) de biocombustible para uso en motores diésel con un noventa por ciento (90%) de diésel fósil, denominadas B10. Los refinadores e importadores son los encargados de llevar a cabo la mezcla de un 2% de biocombustible, mientras que los distribuidores mayoristas son los encargados de hacer la mezcla con el resto de combustible.

Adicionalmente, el Decreto 4892 de 2011 estableció que los Ministerios de Minas y Energía y de Ambiente y Desarrollo Sostenible, previa consulta con la Comisión Intersectorial del Biocombustibles, podrán fijar porcentajes obligatorios de biocombustibles superiores al 10% de mezcla obligatoria de biocombustibles.

¿Para qué estándar de emisión de la flota servirá esta calidad de diésel?

ECOPETROL suministrará para la operación zonal del Sistema Integrado de Transporte Público de Bogotá, diésel B2 con un contenido de azufre de 10-15 ppm.

En este sentido, se sugiere consultar a los fabricantes de vehículos la tecnología y las emisiones de la misma que podrán suministrar con esta calidad de combustible. Los invitamos a revisar el caso chileno de transporte masivo, del cual tenemos referencia sobre su operación de buses Euro VI con diésel de 15 ppm de azufre.

¿Qué precio tendrá?

Como es de conocimiento de Transmilenio, la demanda de diésel de los sistemas de transporte masivo hace parte de la demanda regulada del país. Por tanto, los precios estarán sujetos a la regulación vigente, así como a las demás normas que en el futuro expida el Gobierno Nacional.

El Gobierno Nacional, en ejercicio de sus funciones en materia de regulación ha dado y seguirá dando las señales económicas, precios, a los diferentes agentes de la cadena de combustibles líquidos y de gas natural para que se disponga del diésel y del gas que requieren los diferentes sectores de consumo del país, entre ellos Transmilenio.

El precio al consumidor final del diésel está compuesto por el ingreso al productor (refinador/ importador) del diésel fósil, el ingreso al productor del biocombustible para uso en motores diésel, cargos que remunerar el transporte y la distribución e impuesto. El ingreso al productor se encuentra regulado por el Gobierno Nacional, actualmente bajo el principio de paridad de exportación. Adicional a lo anterior, la política y la regulación actual del precio al consumidor final del diésel hacen que a este se le permitan únicamente variaciones mes a mes, las cuales no sobrepasan aproximadamente el 1,5% mensual en el precio de venta al público independientemente de la procedencia del producto, sea nacional o importado.

¿Cuál es la calidad del GNV que va a proveer ECOPETROL?

ECOPETROL suministra el combustible de acuerdo con las especificaciones de calidad del gas establecidas en la Resolución CREG 071 de 1999, mediante la cual se adoptó el Reglamento Único de Transporte de Gas Natural- RUT- y demás normas que la modifiquen, adicionen a sustituyan, en especial la Resolución CREG 054 de 2007.

¿Para qué estándar de emisión de la flota servirá?

Para flota Euro VI. Es de resaltar que el gas suministrado por ECOPETROL abastecerá la flota troncal de Transmilenio que operará a GNV (741 buses) a partir de junio de 2019, así como el bus biarticulado a GNV que opera actualmente en el sistema.

¿Qué precio tendrá el GNV que se a distribuir?

El precio del gas natural en Estación de Servicio es el resultado de la sumatoria de cada uno de los precios que conforman la cadena del gas natural en Colombia, es decir, el precio que remunera el gas producido por el Productor- Comercializador y los cargos que remuneres los servicios del Transportador, Des Distribuidor del Comercializados y de Compresión.

ECOPETROL participa en el mercado como Productor- Comercializador y vende el gas en boca de pozo, de manera que la remuneración de su producto corresponde a una parte del precio al usuario final.

En la actualidad, ECOPETROL cuenta con contratos de suministro firmados con el Distribuidor para atender la zona de Bogotá hasta el año 2025, contratos que tienen establecido un precio para este mercado, el cual es objeto de actualización según lo definido por la Resolución CREG 114 de 2017. Estos contratos pueden ser renovados en los términos que se señalen en los procesos de comercialización futuros.

El precio del gas natural producido por el Productor- Comercializador se pacta entre este y el Distribuidor, mediante la aplicación de los procedimientos de comercialización definidos por la CREG, ente del Gobierno Nacional que está a cargo de regular el mercado mayorista de gas natural.

Informar si está garantizando el suministro de Diésel y GNV con la calidad que defina ECOPETROL para los próximos 15 años

En cuanto a diésel, ECOPETROL cuenta con los volúmenes de diesels requeridos para un escenario del 100% de la flota de 2012 buses mencionadas en su comunicación operando con este combustible. Con la entrega en operación y estabilización de la nueva Refinería de Cartagena hacia finales del año 2017 y los planes de optimización de nuestras refinerías, ECOPETROL proyecta que el país contará con oferta de diésel nacional suficiente para entender la demanda nacional en los próximos 10 años aproximadamente.

Ante escenarios o eventos de déficit, como ya se ha hecho en el pasado y como se hace actualmente en el suministro de gasolina, la oferta nacional será complementada con producto importado, el cual debe cumplir como mínimo con los mismos con los mismos estándares de calidad del país de manera que se cuente con suficiente oferta del combustible.

En cuanto a Gas Natural, ECOPETROL cuenta con los volúmenes de gas requeridos para un escenario del 100% a GNV para los 2012 buses mencionados en su comunicación.”

3.4 CONTEXTO AMBIENTAL

Desde una perspectiva ambiental, los procesos de renovación de flota por tratarse de vehículos con tecnologías cero o bajas emisiones en ruta, reducen significativamente las emisiones de gases contaminantes locales generadas por su operación frente a las que se generan actualmente por la operación de flota que actualmente está compuesta por vehículos diésel que tienen motores de combustión interna, muchos de los cuales con estándares de emisión Euro II y/o tecnologías que actualmente están descontinuadas.

Con esta sustitución se contribuye en el mejoramiento de la calidad del aire y se obtienen beneficios en la salud pública de los ciudadanos.

De igual manera, los buses eléctricos tienen un gran potencial de reducción de gases de efecto invernadero con lo que se contribuye en la mitigación del cambio climático, para el caso de Colombia hay un alto potencial por que la matriz energética es muy limpia ya que la generación de electricidad es de más del 70% de origen hídrico.

La tendencia mundial en desarrollo tecnológico está volcada a este tipo de tecnologías por los beneficios ambientales y los altos grados de contaminación que enfrentan las grandes ciudades.

La política pública y el nuevo marco normativo nacional y distrital han enfocado sus metas y orientado sus lineamientos para que los procesos de renovación de flota sean de cero o bajas emisiones, como respuesta a la problemática ambiental, de salud pública y el impacto económico que ello genera, a manera de ejemplo, se tiene el CONPES de Calidad del aire, la Ley 1964 de 2019, el acuerdo Distrital 732 de 2018, el Acuerdo Distrital 477 de 2013, entre otros.

Para las tipologías de flota que se requieren para la renovación de la flota zonal, existen experiencias internacionales exitosas y en el mercado ya se encuentra un buen número de opciones tecnológicas y de fabricantes.

El impacto ambiental que genera la operación de estos buses se reduce, dado que los motores eléctricos y los elementos que componen un vehículo eléctrico frente a uno de combustión interna son menores, por ello se generan menos residuos, se requiere menos recursos, y a su vez se reducen los costos de mantenimiento y operacionales. Así mismo, los motores eléctricos generan menores emisiones de ruido.

Para efectos de evaluar el beneficio ambiental se utilizaron factores de emisión internacionales, lo anterior, considerando que actualmente no se cuenta con los factores de emisión medidos en la ciudad para buses diésel y GNV Euro VI en las tipologías que se tiene proyectado implementar. Teniendo en cuenta, que la Unión Europea unificó el ciclo de prueba para buses diésel y GNV y que los límites de emisión son los mismos para los dos energéticos (ver tabla a continuación), se asume como un escenario conservador que el beneficio ambiental para el estándar Euro VI es el mismo independientemente del energético.⁴⁴

⁴⁴ <https://www.dieselnet.com/standards/eu/hd.php>

Table 2
EU emission standards for heavy-duty diesel and gas engines: Transient testing

Stage	Date	Test	CO	NMHC	CH ₄ ^a	NO _x	PM ^b	PN ^c
			g/kWh					1/kWh
Euro III	1999.10 EEV only	ETC	3.0	0.40	0.65	2.0	0.02	
	2000.10		5.45	0.78	1.6	5.0	0.16 ^c	
Euro IV	2005.10		4.0	0.55	1.1	3.5	0.03	
Euro V	2008.10		4.0	0.55	1.1	2.0	0.03	
Euro VI	2013.01	WHTC	4.0	0.16 ^d	0.5	0.46	0.01	6.0×10 ¹¹

^a for gas engines only (Euro III-V: NG only; Euro VI: NG + LPG)
^b not applicable for gas fueled engines at the Euro III-IV stages
^c PM = 0.21 g/kWh for engines < 0.75 dm³ swept volume per cylinder and a rated power speed > 3000 min⁻¹
^d THC for diesel engines
^e for diesel engines: PN limit for positive ignition engines TBD

Additional provisions of the Euro VI regulation include:

- Emission limits and requirements for off-cycle emission and in-service conformity testing, discussed later.
- An ammonia (NH₃) concentration limit of 10 ppm applies to diesel (WHSC + WHTC) and gas (WHTC) engines.
- A maximum limit for the NO_x component of NO_x emissions may be defined at a later stage.

Emission Durability. Effective 2005.10/2006.10, manufacturers should demonstrate that engines comply with the emission limit values for useful life periods which depend on the vehicle category, as shown in the following table.

Así mismo, se tomó como referencia el diseño operacional de las unidades funcionales a licitar.

				FLOTA POR TIPOLOGÍA		
UNIDAD FUNCIONAL		Cantidad de rutas	Condición de la Flota	50	80	TOTAL
6	FONTIBON III	7	Diseño Operacional	117	64	181
			Reserva (7%)	8	4	12
			Sub Total	125	68	193
7	FONTIBON IV	5	Diseño Operacional	84	78	162
			Reserva (7%)	5	5	10
			Sub Total	89	83	172
8	PERDOMO II	9	Diseño Operacional	183	0	183
			Reserva (7%)	12	0	12
			Sub Total	195	0	195
13	USME II	5	Diseño Operacional	110	105	215
			Reserva (7%)	7	7	14
			Sub Total	117	112	229
17	FONTIBON V	8	Diseño Operacional	137	63	200
			Reserva (7%)	9	4	13
			Sub Total	146	67	213
18	SAN CRISTÓBAL-CENTRO I	21	Diseño Operacional	245	29	274
			Reserva (7%)	17	2	19
			Sub Total	262	31	293
TOTAL		55	Total flota por tipología (con reserva)	934	361	1295
			Total flota por tipología (sin reserva)	876	339	1215

A continuación, se presentan los escenarios evaluados:

Escenario1: Renovación del 100% de la flota con vehículos propulsados con Diésel o GNV Euro VI

Hipótesis: Se plantea un escenario en el que los proponentes sólo presentan flota con el estándar mínimo de emisión (Euro VI o EPA 2010) con diésel o GNV.

NO SE CONTEMPLA FLOTA DE RESERVA						
LINEA BASE Y EURO VI - CALCULADOS CON FACTORES DE EMISIÓN DEL TRL DIESEL O GNV (ESC. 1: TODA LA FLOTA DIESEL Y/O GNV)						
UF'S	ESCENARIO	CANTIDA D DE BUSES	Emisione s MP Ton/AÑO	Emisione s CO Ton/AÑO	Emisione s NOx Ton/AÑO	Emisione s THC Ton/AÑO
51 rutas	LÍNEA BASE	992	6,12	57,21	423,26	19,29
6, 7, 8, 13,17 y 18	DIESEL o GNV EURO VI	1215	0,21	10,32	38,60	0,36
6	% DE REDUCCIÓN		96,6%	82,0%	90,9%	98,1%
	TON REDUCIDAS		5,91	46,89	384,66	18,93

Bajo el escenario de renovar la flota con vehículos que utilizan combustibles fósiles con estándar de emisión mínimo Euro VI (Diésel o GNV), el orden de reducción para material particulado como mínimo sería del 96.6% (aprox. 5,91 ton de Material particulado).

Cabe aclarar que para el caso del estándar de emisión Euro VI, la Unión Europea unificó los ciclos de conducción y estableció niveles límites de emisión homogéneos tal como se explicó anteriormente tanto para GNV como para Diésel. No obstante, las emisiones reales para los dos tipos de energéticos pueden variar, según el tipo de contaminante para el caso del GNV la reducción en el número de partículas y el material particulado puede llegar a ser menor, mientras que otros contaminantes pueden ser superiores a los del diésel.

Escenario 2: Renovación de la flota con buses diésel o GNV (70%) y vehículos eléctricos (30%)

Hipótesis: Se exige como estándar mínimo de emisión para la flota que se adjudicará en el proceso licitatorio, el cumplimiento de niveles de emisión equivalentes a los del estándar Euro VI o EPA 2010 y los oferentes se presentan con un 70% de la flota diésel o GNV Euro VI y un 30% de buses Eléctricos.

NO SE CONTEMPLA FLOTA DE RESERVA						
LINEA BASE Y EURO VI - CALCULADOS CON FACTORES DE EMISIÓN DEL TRL DIESEL O GNV (ESC. 2: SE RENUEVA EL 70% CON FLOTA DIESEL Y/O GNV Y 30% ELÉCTRICOS)						
UF'S	ESCENARIO	CANTIDA D DE BUSES	Emisiones MP Ton/AÑO	Emisiones CO Ton/AÑO	Emisiones NOx Ton/AÑO	Emisiones THC Ton/AÑO
51 rutas	LÍNEA BASE	992	6,12	57,21	423,26	19,29
6, 7, 8, 13,17 y 18	DIESEL o GNV EURO VI (70%)	851	0,15	7,23	27,02	0,26
	ELÉCTRICOS (30%)	364	0,00	0,00	0,00	0,00
6	% DE REDUCCIÓN		97,6%	87,4%	93,6%	98,7%
	TON REDUCIDAS		5,97	49,98	396,24	19,03

Escenario 3: Renovación de la flota con buses diésel o GNV (50%) y vehículos eléctricos (50%)

Hipótesis: Se exige como estándar mínimo de emisión para la flota que se adjudicará en el proceso licitatorio, el cumplimiento de niveles de emisión equivalentes a los del estándar Euro VI o EPA 2010 y los oferentes se presentan con un 50% de la flota diésel o GNV Euro VI y un 50% de buses Eléctricos.

NO SE CONTEMPLA FLOTA DE RESERVA						
LINEA BASE Y EURO VI - CALCULADOS CON FACTORES DE EMISIÓN DEL TRL DIESEL O GNV (ESC. 3: SE RENUEVA EL 50% CON FLOTA DIESEL Y/O GNV Y 50% ELÉCTRICOS)						
UF'S	ESCENARIO	CANTIDA D DE BUSES	Emisiones MP Ton/AÑO	Emisiones CO Ton/AÑO	Emisiones NOx Ton/AÑO	Emisiones THC Ton/AÑO
51 rutas	LÍNEA BASE	992	6,12	57,21	423,26	19,29
6, 7, 8, 13,17 y 18	DIESEL o GNV EURO VI (50%)	608	0,11	5,16	19,30	0,18
	ELÉCTRICOS (50%)	607	0,00	0,00	0,00	0,00
6	% DE REDUCCIÓN		98,3%	91,0%	95,4%	99,1%
	TON REDUCIDAS		6,01	52,05	403,96	19,11

Escenario 4: Renovación de la flota con buses diésel o GNV (30%) y vehículos eléctricos (70%)

Hipótesis: Se exige como estándar mínimo de emisión para la flota que se adjudicará en el proceso licitatorio, el cumplimiento de niveles de emisión equivalentes a los del estándar Euro VI o EPA 2010 y los oferentes se presentan con un 30% de la flota diésel o GNV Euro VI y un 70% de buses Eléctricos.

NO SE CONTEMPLA FLOTA DE RESERVA						
LINEA BASE Y EURO VI - CALCULADOS CON FACTORES DE EMISIÓN DEL TRL DIESEL O GNV (ESC.4: SE RENUEVA EL 30% CON FLOTA DIESEL Y/O GNV Y 70% ELÉCTRICOS)						
UF'S	ESCENARIO	CANTIDAD DE BUSES	Emisiones MP Ton/AÑO	Emisiones CO Ton/AÑO	Emisiones NOx Ton/AÑO	Emisiones THC Ton/AÑO
51 rutas	LÍNEA BASE	992	6,12	57,21	423,26	19,29
6, 7, 8, 13,17 y 18	DIESEL o GNV EURO VI (30%)	365	0,06	3,10	11,58	0,11
	ELÉCTRICOS (70%)	850	0,00	0,00	0,00	0,00
6	% DE REDUCCIÓN		99,0%	94,6%	97,3%	99,4%
	TON REDUCIDAS		6,06	54,11	411,69	19,18

Escenario 5: Renovación con buses vehículos eléctricos (100%)

Hipótesis: Se exige como estándar mínimo de emisión para la flota que se adjudicará en el proceso licitatorio, el cumplimiento de niveles de emisión equivalentes a los del estándar Euro VI o EPA 2010 y los oferentes se presentan con un 100% de la flota de buses Eléctricos.

NO SE CONTEMPLA FLOTA DE RESERVA						
LINEA BASE Y EURO VI - CALCULADOS CON FACTORES DE EMISIÓN DEL TRL DIESEL O GNV (ESC.5: SE RENUEVA CON FLOTA ELÉCTRICA)						
UF'S	ESCENARIO	CANTIDAD DE BUSES	Emisiones MP Ton/AÑO	Emisiones CO Ton/AÑO	Emisiones NOx Ton/AÑO	Emisiones THC Ton/AÑO
51 rutas	LÍNEA BASE	992	6,12	57,21	423,26	19,29
6, 7, 8, 13,17 y 18	ELÉCTRICOS	1215	0,00	0,00	0,00	0,00
6	% DE REDUCCIÓN		100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
	TON REDUCIDAS		6,12	57,21	423,26	19,29

Ahora bien, bajo el escenario de renovar la flota con vehículos eléctricos, el orden de reducción para material particulado es del 100%. Adicionalmente, considerando que Colombia genera cerca del 70% de su energía a través de una fuente hídrica⁴⁵, la movilidad eléctrica genera un impacto positivo mayor tanto en la reducción de contaminantes locales como en la de gases de efecto invernadero.

⁴⁵ http://www1.upme.gov.co/Energia_electrica/Atlas/Atlas_p25-36.pdf