

*Primer balance de Energía Útil para Colombia y
Cuantificación de las Perdidas energéticas
relacionadas y la brecha de eficiencia energética*

Resumen Ejecutivo BEU Sector Transporte

Bogotá y Karlsruhe, Abril 2019

1 Contenido

| | | |
|--------|--|----|
| 1. | Resultados finales de energía útil del sector transporte en Colombia | 3 |
| 2. | Análisis factores de eficiencia sector transporte (BEU) | 6 |
| 2.1. | Rendimiento actual (2015)..... | 7 |
| 2.1.1. | Transporte privado de pasajeros | 7 |
| 2.1.2. | Transporte público de pasajeros..... | 9 |
| 2.1.3. | Transporte de carga | 11 |
| 2.1.4. | Actualización de la información | 12 |
| 2.2. | Rendimiento de referencia | 12 |
| 2.2.1. | Actualización de la información | 14 |
| 2.3. | Rendimientos BAT | 14 |
| 2.4. | Rendimientos BAT combustibles..... | 14 |
| 2.5. | Consumos específicos | 15 |
| 2.5.1. | Transporte de pasajeros..... | 15 |
| 2.5.2. | Transporte de carga | 16 |
| 2.6. | Factores de eficiencia..... | 16 |
| 2.7. | Recomendaciones finales factores de eficiencia | 18 |
| 3. | Inventario tecnológico para el sector Transporte | 19 |
| 3.1. | Parques regionales | 20 |
| 3.2. | Recomendaciones finales inventario tecnológico y obtención de datos adicionales..... | 27 |
| 4. | Incertidumbres en los datos de entrada para el sector transporte | 28 |
| 5. | Referencias bibliográficas | 29 |

1. Resultados finales de energía útil del sector transporte

La energía final del sector transporte corresponde a 494.560 TJ para el año 2015 según lo publicado en el BECO del año correspondiente por la UPME para el 2015. Con respecto al sector de transporte de pasajeros y carga (BECO: total carretero), el valor de la energía final corresponde al 94% (463.732 TJ) de la energía final del sector transporte en Colombia. La diferencia corresponde a la demanda final de combustibles del sector aéreo (10%, 48.199 TJ) y los sectores marítimo, fluvial y ferroviario (total 11.921 TJ). Estos últimos presentan grandes dificultades para obtener la demanda de combustibles para calcular la energía útil y debido a esto la metodología para la obtención del balance de energía útil es inicialmente aplicada para el sector total carretero.

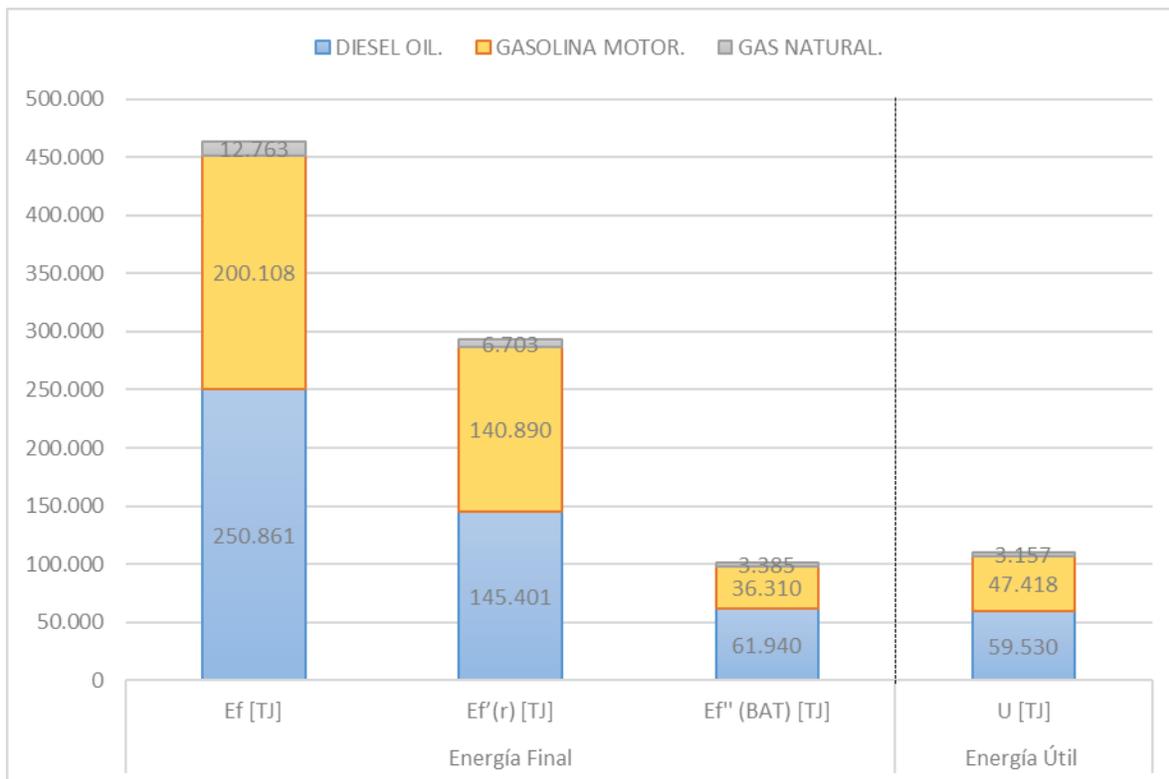
El 54% de la energía final del sector carretero (total) corresponde a la demanda de diésel por parte de los segmentos de carga y pasajeros seguido por el 44% de la demanda de gasolina para los mismos segmentos. La diferencia de casi del 3% corresponde al consumo de Gas natural.

La herramienta desarrollada para la UPME por el equipo consultor utiliza un método ascendente (bottom-up) de información de entrada y método de cálculo tanto para la energía final en el sector transporte así como para obtener la energía útil y las pérdidas (en TJ como en US\$). Este resumen ejecutivo analiza de forma concisa los datos de entrada y sus fuentes incluyendo rendimientos promedios para cada tipo de vehículo, distancias promedio asumidas así como las interacciones y depuraciones necesarias para obtener resultados robustos sobre el parque automotriz Colombia en base a la última versión del RUNT. Para esto se hicieron varias reuniones con el RUNT así como con el Ministerio de Transporte y con la UPME. Todos los estudios de movilidad de las ciudades, así como toda la información disponible en la UPME y en Colombia al respecto fue usada y discutida con varios actores en un taller el pasado Nov. De 2018, en Bogotá, Colombia.

Los resultados presentados a continuación (ver figura 1 abajo) muestran la energía final calculada por la herramienta BEU (Balance de Energía Útil para Colombia) para el sector transporte la cual asciende a 463.431 TJ, siendo esta 6.7% más alta que la obtenida en el BECO (Balance Energético final para Colombia). Los 463 PJ corresponden a la multiplicación del número de vehículos en 2015 para distintas categorías (automóvil, motos, buses, etc.) así como los rendimientos identificados para cada ciudad y las distancias promedios anuales asumidas. Una vez obtenida esta energía final, la energía útil es calculada con las eficiencias tanto para el mercado nacional así como las mejores tecnologías (BAT del inglés Best Available Technologies). Las eficiencias de las tecnologías de transporte están relacionadas con las de tecnologías híbridas y con eléctricas en un futuro.

La energía útil obtenida para el sector transporte corresponde a 112.214 TJ o aprox. 26% de la energía final del total carretero. Comparado con las mejores tecnologías del mercado nacional, el potencial de incremento de la eficiencia en la energía útil aumenta de 111 PJ a 170PJ, casi un 50% de incremento. Las pérdidas cuantificadas para el potencial de eficiencia de referencia (eficiencias en el mercado Colombiano) aumentan a 3.4 billones de US\$. Con respecto al potencial BAT, la eficiencia aumenta de 111 PJ a 287PJ, factor de 2.7 veces de incremento y la cuantificación de la brecha de eficiencia energética aumenta a 6.0 billones de US\$ ó 75% mayor que el nacional.

Figura 1 Balance de energía útil para el sector transporte en Colombia – resultados finales



Fuente: Cálculos propios Corpoema, IREES, 2019.

A través de la Herramienta de cálculo para el sector de Transporte se estimó la energía final que se obtendría si la eficiencia de la tecnología de motores y el parque automotriz promedio para 2015 estuvieran en el nivel de la eficiencia de la mejor tecnología de motores y el parque automotriz disponibles en el país para ese año (Eficiencia de Referencia) y si estuvieran en el nivel de la mejor tecnología internacional disponible, este análisis comparativo de la energía final real y las estimaciones considerando eficiencia de referencia y BAT nos permiten apreciar un descenso considerable en el uso de energía final del sector de Transporte. Cabe destacar que aunque lo que se ha denominado Energía Final con eficiencia de referencia (Ef'_r) y Energía Final con eficiencia BAT (Ef''_{BAT}) sea un cálculo teórico si nos permite determinar ahorros y eficiencias posibles.

La energía útil U_i del uso i se calcula a partir de la energía final Ef_i del uso i y de la eficiencia η_i del uso i .

$$U_i = Ef_i \eta_i,$$

Cuando tengo una eficiencia mejor, tal como la eficiencia de referencia η_r que en este caso es la mejor eficiencia a nivel nacional, entonces la energía final será menor y se calcula como:

$$Ef'_{ri} = U_i / \eta_{ri} \text{ y la diferencia entre las dos energías finales es el potencial de ahorro } P_i = Ef_i (1 - \eta_i / \eta_{ri})$$

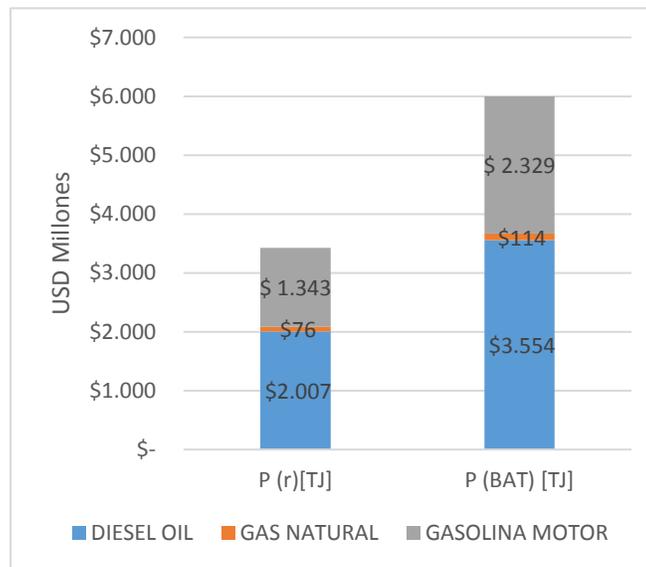
Algo similar se puede hacer para calcular la energía final del uso i con η_{BATi} la eficiencia BAT_i.

Paralelo al análisis del uso de Energía final, en la **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** se presenta la energía útil estimada para 2015 (U) que corresponde a la energía final por la eficiencia de la tecnología existente y en uso por los vehículos en Colombia para 2015, esta energía útil se compara con la energía útil considerando la eficiencia de referencia y la eficiencia BAT, al igual que en el análisis de Energía final, la comparación de la energía útil real.

Como ya se ha mencionado anteriormente el cálculo del Balance de Energía Útil permite no solo caracterizar el consumo de energía final por tipo de vehículo y su rendimiento, sino que sienta las bases para realizar estimaciones de potenciales de ahorro, estos potenciales se interpretan como márgenes de reducción de consumo alcanzables si la tecnología existente en el sector de Transporte colombiano presentara rendimientos acorde a las eficiencias de referencia de los mejores equipos disponibles en el país y la alcanzable si la tecnología existente fuera tan eficiente como la mejor tecnología desarrollada hasta el momento.

A continuación se presentan en la **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** los resultados finales de la Cuantificación de las pérdidas para el sector transporte en Colombia.

Figura 2 Cuantificación de las pérdidas para el sector transporte en Colombia – resultados finales



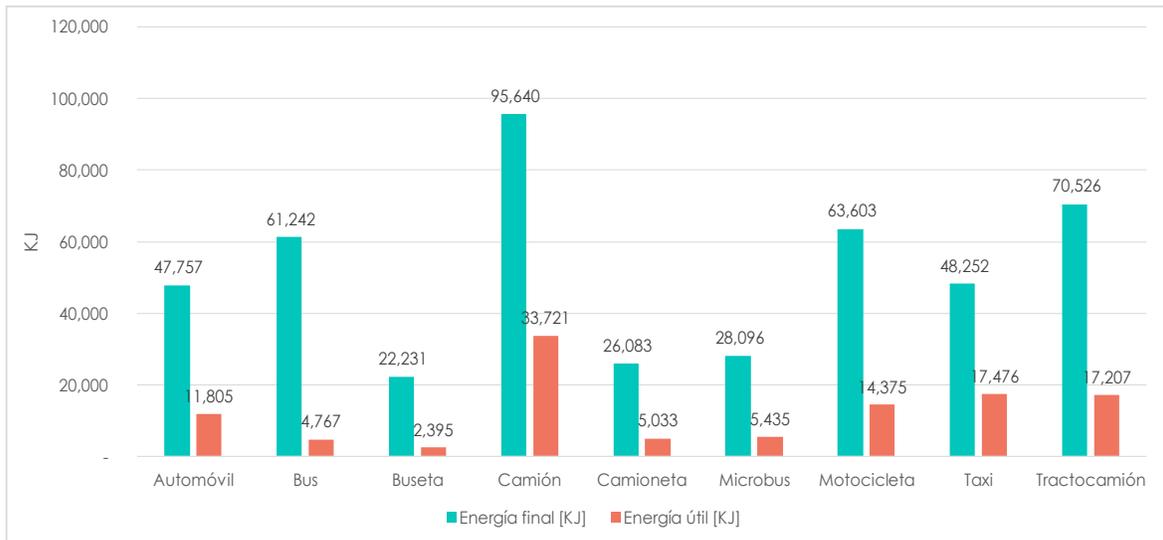
Fuente: Cálculos propios Corporema, IREES, 2019.

E

n caso que las eficiencias de referencia del mercado colombiano para transporte carretero sean 12% menores a las asumidas en el potencial de referencia, el potencial de referencia se reduce de 170 PJ a 130 PJ y el costo de la ineficiencia se reduce un 24% para ser igual a 2.6 billones de US\$.

La energía final y útil por tipo de automóvil se diferencian notablemente de acuerdo a las eficiencias promedio encontradas por tipo de tecnología. Las mayores ineficiencias se observan para los buses, busetas, microbuses, motocicletas, así como camiones y tractocamiones.

Figura 3 Energía final y útil por tipo de automóvil para el sector transporte en Colombia – resultados finales



Fuente: Cálculos propios Corporema, IREES, 2019.

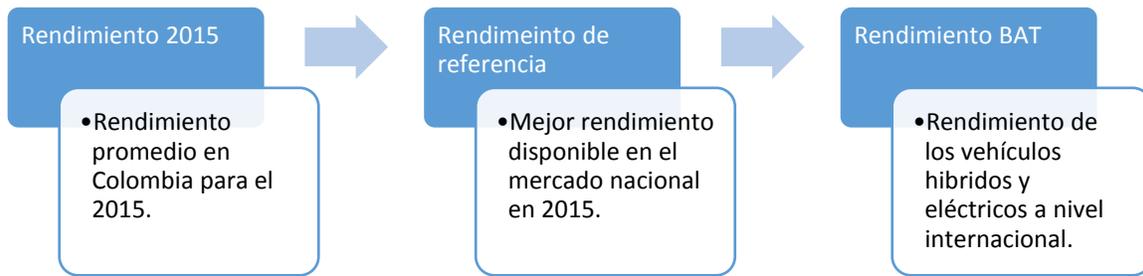
2. Análisis factores de eficiencia sector transporte (BEU)

En la construcción del primer Balance de Energía Útil para Colombia, se partió del balance de energía final (BECO) 2015. Una de las principales variables consideradas para el cálculo es la eficiencia por uso energético en los diferentes sectores de la economía. En el sector transporte se considera relevante únicamente el uso de fuerza motriz. Se hace un análisis detallado del transporte carretero en donde las eficiencias son estimadas de acuerdo con el tipo de vehículo.

La estimación de las eficiencias por tipo de vehículo en Colombia parte de la identificación de los rendimientos de cada tipo de vehículo en km/galón o km/m³ según el energético utilizado. En este análisis se logró obtener información de algunas ciudades principales del país (Barranquilla, Bogotá, Cali y Medellín) y se partió de estos datos para obtener los rendimientos del resto del país. La información del parque automotor puede ser discriminada por municipio en el que están registrados los vehículos, información que se relaciona con el uso efectivo de los vehículos en estos municipios.

De forma paralela a la identificación de los rendimientos promedio por vehículo y ciudad disponible para el 2015, se identificaron unos rendimientos de referencia en el mercado nacional para poder estimar eficiencias y pérdidas por ineficiencia con respecto a las tecnologías disponibles en el mercado, y unos rendimientos de las mejores tecnologías a nivel internacional, tanto en combustibles (vehículos híbridos), como los eléctricos, para poder estimar las pérdidas con respecto a estos estándares más altos.

Figura 4 Rendimientos considerados para el cálculo de eficiencias en el sector transporte



Posterior a la identificación de los rendimientos y su conversión a unidades energéticas (kJ/km), se realizó el cálculo de los factores de eficiencia del parque automotor de Colombia en 2015 con respecto a los dos rendimientos BAT. Estas eficiencias fueron utilizadas para el cálculo de la energía útil y de las pérdidas energéticas y económicas por ineficiencia. A continuación, se presentan los rendimientos identificados para los diferentes tipos de vehículo.

2.1. Rendimiento actual (2015)

El rendimiento actual presentado en la herramienta de transporte, se refiere al promedio de rendimiento del parque vehicular en Colombia para el año de estudio. Los tipos de vehículo considerados en el análisis son:

- Transporte privado de pasajeros: automóvil, camioneta y motocicleta.
- Transporte público de pasajeros: taxi, bus, buseta y microbús.
- Transporte de carga: camión y tractocamión.

2.1.1. Transporte privado de pasajeros

Automóvil

El rendimiento promedio de los automóviles de gasolina se tomó del estudio realizado por Econometría en el año 2010 donde se estima un rendimiento promedio de 40 km por galón. El rendimiento de los automóviles de gas natural identificado fue en promedio de 13 km/m³ (Behrentz, 2014); y se encontró que “la diferencia entre el rendimiento de un vehículo diésel respecto a uno equivalente de gasolina” sería cercana al 30% de acuerdo con expertos y literatura consultada (Behrentz, 2014). Aunque se considera que es importante la diferenciación de rendimientos entre las ciudades estudiadas, en los casos en que no fue posible identificarla se utilizaron los mismos datos para todas las ciudades.

Tabla 1 Rendimiento promedio de los automóviles en Colombia 2015

| | | km/gal o km/m ³ | kJ/km | Fuente |
|----------|-------------|-------------------------------|-------|--------------------|
| Nacional | Diésel | 52 | 2.798 | Gasolina*1,3 |
| | Gasolina | 40 | 3.042 | Econometría (2010) |
| | Gas natural | 13 | 2.865 | Behrentz (2014) |

Camioneta

Aunque el uso de las camionetas es similar al de los automóviles, su rendimiento es menor, con un promedio de 22 km/galón para las camionetas de gasolina, 29 km/galón para las camionetas de diésel y 12km/m³ para las de gas natural. Los rendimientos para los vehículos a gasolina y de diésel provienen de los documentos MDL (Mecanismo de Desarrollo Limpio) de Transmilenio y Transmetro, sin embargo estos son de 2001 y 2009. El rendimiento de gas natural es más parecido al de los automóviles dado que se utilizó el presentado por Behrentz (2014).

Tabla 2 Rendimiento promedio de las camionetas en Colombia 2015

| | | km/gal o km/m ³ | kJ/km | Fuente |
|--------------|-------------|-------------------------------|-------|--------------------------|
| Bogotá | Diésel | 34 | 4.305 | Gasolina*1,3 |
| | Gasolina | 26 | 4.680 | MDL - Transmilenio, 2011 |
| | Gas natural | 13 | 2.864 | Behrentz (2014) |
| Barranquilla | Diésel | 25 | 5.891 | Gasolina*1,3 |
| | Gasolina | 19 | 6.404 | MDL, Transmetro, 2009 |
| | Gas natural | 10 | 3.723 | Behrentz (2014) |
| Medellín | Diésel | 29 | 5.011 | Promedio ciudades |
| | Gasolina | 22 | 5.448 | Promedio ciudades |
| | Gas natural | 12 | 3.104 | Promedio ciudades |
| Cali | Diésel | 29 | 5.087 | Gasolina*1,3 |
| | Gasolina | 22 | 5.531 | MDL, Transmetro, 2009 |
| | Gas natural | 13 | 2.866 | Behrentz (2014) |
| Nacional | Diésel | 29 | 5.011 | Promedio ciudades |
| | Gasolina | 22 | 5.448 | Promedio ciudades |
| | Gas natural | 12 | 3.104 | Promedio ciudades |

Motocicleta

El crecimiento del parque de motocicletas en los últimos años hace que la identificación de sus rendimientos sea muy importante para la estimación de la energía útil en el país. Con las fuentes disponibles se identificó un rendimiento de las motos, cuyo combustible principal es la gasolina, de 99 km/galón. Las fuentes identificadas en este vehículo fueron los documentos MDL de Transmilenio y Transmetro, UPME (2013) y Behrentz (2014). En las ocasiones en que los datos encontrados tenían mucha dispersión, se utilizó el promedio de las demás ciudades.

Tabla 3 Rendimiento promedio de las motocicletas en Colombia 2015

| | km/gal | kJ/km | Fuente |
|--------------|--------|-------|--------------------------|
| Bogotá | 100 | 1.221 | MDL - Transmilenio, 2011 |
| Barranquilla | 99 | 1.229 | Behrentz (2014) |
| Medellín | 99 | 1.235 | Promedio ciudades |

| | | | |
|----------|----|-------|-----------------------|
| Cali | 97 | 1.254 | MDL, Transmetro, 2009 |
| Nacional | 99 | 1.235 | Promedio ciudades |

2.1.2. Transporte público de pasajeros

Taxi

El rendimiento de los taxis varía ligeramente con respecto a los automóviles de transporte privado. Las principales fuentes para los rendimientos de los taxis a gasolina fueron Rodríguez y Acevedo (2012) y el Balance COA (UPME, 2013), y para los vehículos a gas natural Behrentz (2014). Los rendimientos de los taxis a Diésel se obtuvieron a partir de los rendimientos a gasolina. En promedio, el rendimiento para los vehículos a gasolina identificado es de 50 km/galón, para los diésel 65 km/galón y para los de gas 13 km/m³. En este caso se utilizaron los mismos rendimientos identificados en Bogotá para los taxis debido a la falta de información en las demás ciudades.

Tabla 4 Rendimiento promedio de los taxis en Colombia 2015

| | | km/gal o km/m ³ | kJ/km | Fuente |
|----------|-------------|-------------------------------|-------|--------------------|
| Nacional | Diésel | 65 | 2.243 | Gasolina*1,3 |
| | Gasolina | 50 | 2.438 | Econometría (2010) |
| | Gas natural | 13 | 2.864 | Behrentz (2014) |

Bus

El rendimiento promedio de los buses diésel identificado es de 12 km/galón, 8 km/galón en los vehículos a gasolina y 3 km/m³ en los de gas natural. Las principales fuentes utilizadas para la obtención de los datos son Uninorte & Terpel (2013), y los documentos MDL de Transmilenio y Transmetro.

Tabla 5 Rendimiento promedio de los buses en Colombia 2015

| | | km/gal o km/m ³ | kJ/km | Fuente |
|--------------|-------------|-------------------------------|--------|--------------------------|
| Bogotá | Diésel | 12 | 11.800 | MDL - Transmilenio, 2011 |
| | Gasolina | 8 | 15.209 | Uninorte-Terpel, 2013 |
| | Gas natural | 5 | 6.895 | Terpel - Uninorte |
| Barranquilla | Diésel | 12 | 11.952 | Promedio ciudades |
| | Gasolina | 8 | 15.599 | Uninorte-Terpel, 2013 |
| | Gas natural | 2 | 16.122 | MDL, Transmetro, 2009 |
| Medellín | Diésel | 12 | 11.839 | MDL, Transmetro, 2009 |
| | Gasolina | 9 | 13.982 | MDL, Transmetro, 2009 |
| | Gas natural | 3 | 13.218 | MDL, Transmetro, 2009 |
| Cali | Diésel | 12 | 12.227 | Uninorte-Terpel, 2013 |
| | Gasolina | 8 | 14.897 | Promedio ciudades |
| | Gas natural | 2 | 16.189 | Uninorte-Terpel, 2013 |
| Nacional | Diésel | 12 | 11.952 | Promedio ciudades |
| | Gasolina | 8 | 14.897 | Promedio ciudades |
| | Gas natural | 3 | 11.612 | Promedio ciudades |

Buseta

Las principales fuentes para los rendimientos de las busetas fueron Uninorte & Terpel (2013), la consultoría de costos de mantenimiento (2018), el Balance COA (UPME, 2013) y el documento MDL Transmetro (2009). En promedio, el rendimiento para los vehículos a gasolina identificado es de 10 km/galón, para los de diésel 17 km/galón y para los de gas natural 6 km/m³.

Tabla 6 Rendimiento promedio de las busetas en Colombia 2015

| | | km/gal o km/m ³ | kJ/km | Fuente |
|--------------|-------------|-------------------------------|--------|---------------------------------------|
| Bogotá | Diésel | 18 | 8.083 | UPME, 2013 |
| | Gasolina | 9 | 13.083 | Uninorte-Terpel, 2013 |
| | Gas natural | 8 | 4.486 | Uninorte-Terpel, 2013 |
| Barranquilla | Diésel | 16 | 9.148 | MDL, Transmetro, 2009 |
| | Gasolina | 9 | 13.519 | Uninorte-Terpel, 2013 |
| | Gas natural | 4 | 9.309 | Uninorte-Terpel, 2013 |
| Medellín | Diésel | 18 | 8.083 | Consultoría costos mantenimiento 2011 |
| | Gasolina | 13 | 9.657 | Consultoría costos mantenimiento 2011 |
| | Gas natural | 8 | 4.486 | Uninorte-Terpel, 2013 |
| Cali | Diésel | 16 | 9.209 | Uninorte-Terpel, 2013 |
| | Gasolina | 11 | 11.163 | Uninorte-Terpel, 2013 |
| | Gas natural | 4 | 10.638 | Uninorte-Terpel, 2013 |
| Nacional | Diésel | 17 | 8.596 | Promedio ciudades |
| | Gasolina | 10 | 11.643 | Promedio ciudades |
| | Gas natural | 6 | 6.180 | Promedio ciudades |

Microbús

En el caso de los microbuses, el rendimiento promedio de los vehículos a gasolina identificado es de 23 km/galón según el Balance COA (UPME, 2013) y el documento MDL de Transmetro. El rendimiento de los vehículos diésel es en promedio 29 km/galón, y de gas natural 7 km/m³ (Uninorte-Terpel, 2013).

Tabla 7 Rendimiento promedio de los microbuses en Colombia 2015

| | | km/gal o km/m ³ | kJ/km | Fuente |
|--------------|-------------|-------------------------------|-------|-----------------------|
| Bogotá | Diésel | 30 | 4.931 | Gasolina*1,3 |
| | Gasolina | 23 | 5.360 | UPME, 2013 |
| | Gas natural | 9 | 4.231 | Uninorte-Terpel, 2013 |
| Barranquilla | Diésel | 30 | 4.931 | Gasolina*1,3 |
| | Gasolina | 23 | 5.360 | UPME, 2013 |
| | Gas natural | 5 | 8.274 | Uninorte-Terpel, 2013 |
| Medellín | Diésel | 29 | 4.938 | Gasolina*1,3 |
| | Gasolina | 23 | 5.368 | MDL, Transmetro, 2009 |

| | | | | |
|----------|-------------|----|-------|-----------------------|
| | Gas natural | 13 | 2.979 | Uninorte-Terpel, 2013 |
| Cali | Diésel | 30 | 4.931 | Gasolina*1,3 |
| | Gasolina | 23 | 5.360 | UPME, 2013 |
| | Gas natural | 4 | 9.309 | Uninorte-Terpel, 2013 |
| Nacional | Diésel | 29 | 4.932 | Promedio ciudades |
| | Gasolina | 23 | 5.362 | Promedio ciudades |
| | Gas natural | 7 | 4.998 | Promedio ciudades |

2.1.3. Transporte de carga

Camión

El rendimiento promedio de los camiones de gasolina identificado es de 10 km/galón y de gas natural de 5 km/m³ (Uninorte-Terpel, 2013), el rendimiento promedio de los camiones de diésel es de 12 km/galón (Behrentz, 2014; Mintransporte, s.f).

Tabla 8 Rendimiento promedio de los camiones en Colombia 2015

| | | km/gal o km/m ³ | kJ/km | Fuente |
|--------------|-------------|-------------------------------|--------|-----------------------|
| Bogotá | Diésel | 15 | 9.700 | Behrentz (2014) |
| | Gasolina | 11 | 10.864 | Uninorte-Terpel, 2013 |
| | Gas natural | 5 | 7.301 | Uninorte-Terpel, 2013 |
| Barranquilla | Diésel | 15 | 9.700 | Behrentz (2014) |
| | Gasolina | 5 | 24.334 | Uninorte-Terpel, 2013 |
| | Gas natural | 2 | 15.514 | Uninorte-Terpel, 2013 |
| Medellín | Diésel | 9 | 16.167 | Mintransporte (s.f) |
| | Gasolina | 11 | 10.767 | Uninorte-Terpel, 2013 |
| | Gas natural | 4 | 9.309 | Promedio ciudades |
| Cali | Diésel | 10 | 15.000 | Mintransporte (s.f) |
| | Gasolina | 11 | 10.864 | Uninorte-Terpel, 2013 |
| | Gas natural | 4 | 8.462 | Uninorte-Terpel, 2013 |
| Nacional | Diésel | 12 | 11.951 | Promedio ciudades |
| | Gasolina | 10 | 12.576 | Promedio ciudades |
| | Gas natural | 5 | 9.387 | Promedio ciudades |

Tractocamión

Para los tractocamiones diésel el rendimiento promedio identificado es de 8 km/galón (UPME, 2013); Behrentz, 2014; Mintransporte, s.f.), en los vehículos de gasolina 6 km/galón (Uninorte-Terpel, 2013) y en los de gas natural 2 km/m³ (Uninorte-Terpel, 2013).

Tabla 9 Rendimiento promedio de los tractocamiones en Colombia 2015

| | | km/gal o km/m ³ | kJ/km | Fuente |
|--------------|-------------|-------------------------------|--------|-----------------------|
| Bogotá | Diésel | 9 | 16.167 | UPME, 2013 |
| | Gasolina | 7 | 17.575 | Diésel/1,3 |
| | Gas natural | 2 | 19.597 | Uninorte-Terpel, 2013 |
| Barranquilla | Diésel | 10 | 15.316 | Behrentz (2014) |
| | Gasolina | 4 | 34.763 | Uninorte-Terpel, 2013 |
| | Gas natural | 1 | 33.849 | Uninorte-Terpel, 2013 |
| Medellín | Diésel | 7 | 20.786 | Mintransporte (s.f) |
| | Gasolina | 7 | 16.667 | Uninorte-Terpel, 2013 |
| | Gas natural | 1 | 33.849 | Uninorte-Terpel, 2013 |
| Cali | Diésel | 8 | 18.654 | Gasolina*1,3 |
| | Gasolina | 6 | 20.279 | Uninorte-Terpel, 2013 |
| | Gas natural | 2 | 19.597 | Uninorte-Terpel, 2013 |
| Nacional | Diésel | 8 | 17.478 | Promedio ciudades |
| | Gasolina | 6 | 20.515 | Promedio ciudades |
| | Gas natural | 2 | 24.823 | Promedio ciudades |

2.1.4. Actualización de la información

La información identificada en términos de los rendimientos actuales de los vehículos en Colombia, según el tipo de vehículo y el combustible utilizado, se encuentra sujeta a las metodologías utilizadas por cada una de sus fuentes. Dado que no hay estudios nacionales que permitan acceder a este tipo de información del parque vehicular a nivel nacional ni por ciudad, se logró obtener la información más verídica posible y que según los expertos correspondiera a la realidad de las tecnologías utilizadas en el país en el año 2015.

Actualizar esta información en un futuro será un trabajo complejo, que requiere la actualización de los estudios de transporte a nivel nacional y en las ciudades que se quieran caracterizar. Estos estudios deben contar con una perspectiva energética que permita conocer los datos de consumos de combustibles, así como de distancias promedio recorridas y el número de viajes y de pasajeros promedio en cada tipo de vehículo. A medida que se tenga información de más ciudades será posible discriminar la información de los consumos de energía y de las eficiencias del transporte en cada una.

2.2. Rendimiento de referencia

El rendimiento de referencia es el mejor rendimiento disponible en el mercado nacional en el año de estudio. Al ser un rendimiento de referencia nacional, este no es diferenciado entre ciudades consideradas para el rendimiento actual. Las fuentes de obtención de estos rendimientos son variadas, el estudio realizado por la Universidad Tecnológica de Pereira UTP en 2017 sobre los y

vehículos más limpios y eficientes en Colombia fue relevante para los vehículos ligeros, en los demás casos se recurrió a una búsqueda en la web seguida de la corroboración de los valores obtenidos por expertos.

Tabla 10 Rendimientos de referencia en el sector transporte

| | | km/gal o km/m ³ | kJ/km | Fuente |
|--------------|-------------|-------------------------------|-------|--|
| Automóvil | Diésel | 78 | 1.863 | UTP (2017) |
| | Gasolina | 60 | 2.025 | |
| | Gas natural | 24 | 1.549 | |
| Camioneta | Diésel | 61 | 2.402 | UTP (2017) |
| | Gasolina | 47 | 2.612 | |
| | Gas natural | 19 | 1.998 | |
| Motocicleta | Diésel | 157 | 925 | Web y confirmación con expertos ¹ |
| | Gasolina | 121 | 1.005 | |
| | Gas natural | 48 | 769 | |
| Taxi | Diésel | 78 | 1.863 | UTP (2017) |
| | Gasolina | 60 | 2.025 | |
| | Gas natural | 24 | 1.549 | |
| Bus | Diésel | 21 | 6.996 | Web y confirmación con expertos ² |
| | Gasolina | 16 | 7.605 | |
| | Gas natural | 6 | 5.818 | |
| Busesta | Diésel | 21 | 6.996 | Web y confirmación con expertos |
| | Gasolina | 16 | 7.605 | |
| | Gas natural | 6 | 5.818 | |
| Microbus | Diésel | 63 | 2.327 | UTP (2017) |
| | Gasolina | 48 | 2.530 | |
| | Gas natural | 19 | 1.935 | |
| Camión | Diésel | 18 | 8.072 | IDAE (2006) |
| | Gasolina | 14 | 8.775 | |
| | Gas natural | 6 | 6.713 | |
| Tractocamión | Diésel | 20 | 7.418 | Web y confirmación con expertos ³ |
| | Gasolina | 15 | 8.065 | |
| | Gas natural | 7 | 6.170 | |

¹ <http://motocompara.mx/blog/diez-motocicletas-con-gran-eficiencia-de-combustible>

² <https://diariodetransporte.com/2017/11/scania-touring-el-que-menos-combustible-consume/>

³ <https://www.emol.com/noticias/Autos/2017/04/12/853910/Los-camiones-mas-eficientes-Ahorro-tecnologia-y-conectividad.html>

2.2.1. Actualización de la información

Aunque se identificó información del mercado de vehículos en Colombia por medio de páginas web, la fuente de información más relevante proviene del estudio realizado por la Universidad Tecnológica de Pereira. Estudios como este permiten contar con datos más precisos y producir información más confiable en cuanto al estado actual del parque automotor en el país. Se recomienda realizar un estudio similar en algunos años, y expandirlo también a los vehículos que no se clasifican como transporte ligero, y al transporte de carga.

2.3. Rendimientos mejores tecnologías (BAT)

El rendimiento BAT (best available technology) es identificado en los vehículos eléctricos a nivel internacional, dado que esta es considerada como la tecnología más eficiente en el sector transporte. Estos cuatro rendimientos fueron utilizados para los nueve tipos de vehículos considerados en el análisis. El rendimiento BAT del automóvil fue también utilizado para el taxi, el de la camioneta para bus, buseta y microbús, y el de camión para tractocamión.

Tabla 11 Rendimientos BAT en el sector transporte

| | kJ/km |
|-------------|-------|
| Automóvil | 750 |
| Camioneta | 969 |
| Motocicleta | 281 |
| Camión | 4.375 |

Fuente: información obtenida en laboratorios en Europa.

2.4. Rendimientos BAT combustibles

Adicionalmente se identificaron los rendimientos de las mejores tecnologías conservando la diferenciación entre los combustibles utilizados. En general, estas tecnologías se refieren a vehículos híbridos.

Tabla 12 Rendimientos BAT combustibles en el sector transporte

| | | kJ/km |
|-----------|-------------|-------|
| Automóvil | Diésel | 969 |
| | Gasolina | 1.427 |
| | Gas natural | 1.493 |
| Camioneta | Diésel | 1.942 |
| | Gasolina | 2.856 |
| | Gas natural | 2.551 |
| Camión | Diésel | 8.754 |
| | Gasolina | 9.775 |

Fuente: información obtenida en laboratorios en Europa.

2.5. Consumos específicos

Con base en los rendimientos identificados en la primera parte de este documento, y el promedio de pasajeros o de carga transportados en cada tipo de vehículo, se estimaron consumos específicos por tipo de vehículo. A continuación se presentan los resultados obtenidos de acuerdo con el rendimiento promedio nacional y el tipo de vehículo.

2.5.1. Transporte de pasajeros

En los vehículos de transporte privado de pasajeros se encuentra que hay un mayor consumo por pasajero y kilómetro en los vehículos a gasolina. En promedio, el consumo pasajero kilómetro de los automóviles es de 1.954 kJ, de las camionetas de 3.145 kJ y de las motos de 1.675 kJ.

Tabla 13 Energía consumida por km y pasajero en el transporte privado de pasajeros

| | | Privado | | |
|---------------------|------------------|-----------|-----------|-------|
| | | Automóvil | Camioneta | Moto |
| pax/vehículo | | 1,5 | 1,4 | 1,2 |
| Diésel | kJ/km/pax | 1.884 | 3.486 | 937 |
| Gasolina | kJ/km/pax | 2.048 | 3.790 | 1.018 |
| Gas natural | kJ/km/pax | 1.929 | 2.159 | 3.071 |

Los vehículos de transporte público de pasajeros tienen mayor variabilidad en sus consumos específicos debido al número de pasajeros transportados, como se puede observar en el caso de los taxis que tienen un promedio de consumo por pasajero y kilómetro de 2.384. Entre mayor capacidad de pasajeros tiene el vehículo, menor es su consumo específico por persona transportada.

Tabla 14 Energía consumida por km y pasajero en el transporte público de pasajeros

| | | Público | | | | | | |
|---------------------|------------------|---------|-------|--------|----------|-------------|------------|--------------|
| | | Taxi | Bus | Buseta | Microbus | Alimentador | Articulado | Biarticulado |
| pax/vehículo | | 1,1 | 13,6 | 13,6 | 13,6 | 71,7 | 160 | 250 |
| Diésel | kJ/km/pax | 2.126 | 879 | 632 | 363 | 191 | 145 | 111 |
| Gasolina | kJ/km/pax | 2.311 | 1.095 | 856 | 394 | | | |
| Gas natural | kJ/km/pax | 2.715 | 854 | 454 | 367 | 130 | 111 | |

Un análisis especial se realizó con la información encontrada sobre el metro de Medellín, que funciona con energía eléctrica. Se estimó que con un recorrido anual de 51.661.019 km, un consumo de 83.179.827 kWh/año, y una capacidad de 720 pasajeros, el metro consume aproximadamente 8 kJ por kilómetro y por pasajero. Este valor representa una amplia diferencia con los demás vehículos de transporte público para pasajeros que varían entre 111 y 943 kJ/km/pax.

2.5.2. Transporte de carga

En el transporte de carga se toman en cuenta promedios de toneladas transportadas por viaje y los rendimientos identificados anteriormente. Se encuentra que los consumos específicos son de aproximadamente 1.904 kJ por kilómetro y tonelada para los camiones, y de 1.043 kJ por kilómetro y tonelada para los tractocamiones que tienen mayor capacidad de carga.

Tabla 15 Energía consumida por km y tonelada en el transporte de carga

| | | Carga | |
|-------------|-----------|--------|--------------|
| | | Camión | Tractocamión |
| Ton/viaje | | 5,5 | 20,1 |
| Diésel | kJ/km/Ton | 2.179 | 871 |
| Gasolina | kJ/km/Ton | 2.293 | 1.022 |
| Gas natural | kJ/km/Ton | 1.240 | 1.236 |

2.6. Factores de eficiencia

Los factores de “eficiencia actual” estimados son la relación entre los rendimientos actuales de los tipos de vehículo y combustible utilizado, con respecto a los rendimientos de la mejor tecnología disponible (rendimientos BAT). Sin embargo, se pueden obtener eficiencias diferentes de acuerdo con el rendimiento con el cual sea comparado el rendimiento actual (rendimiento de referencia, rendimiento BAT combustibles, etc). En el transporte privado de pasajeros el factor de eficiencia es en promedio de 22%. Los automóviles tienen un factor de eficiencia promedio de 26%, las camionetas de 23% y las motocicletas de 18%.

Tabla 16 Factores de eficiencia actual de los vehículos privados de pasajeros

| | | Automóvil | Camioneta | Motocicleta |
|--------------|-------------|-----------|-----------|-------------|
| Bogotá | Diésel | 27% | 23% | 25% |
| | Gasolina | 25% | 21% | 23% |
| | Gas natural | 26% | 34% | 8% |
| Barranquilla | Diésel | 27% | 16% | 25% |
| | Gasolina | 25% | 15% | 23% |
| | Gas natural | 26% | 26% | 8% |
| Medellín | Diésel | 27% | 19% | 25% |
| | Gasolina | 25% | 18% | 23% |
| | Gas natural | 26% | 31% | 8% |
| Cali | Diésel | 27% | 19% | 24% |
| | Gasolina | 25% | 18% | 22% |
| | Gas natural | 26% | 34% | 8% |
| Nacional | Diésel | 27% | 19% | 25% |
| | Gasolina | 25% | 18% | 23% |
| | Gas natural | 26% | 31% | 8% |

Los factores de eficiencia del transporte público de pasajeros tienen un promedio de 17%, sin embargo, el factor de eficiencia de cada tipo de vehículo es bastante diferente. Los taxis tienen un factor de eficiencia promedio de 30%, los buses de 8%, las busetas de 12%, y los microbuses de 19%.

Tabla 17 Factores de eficiencia actual de los vehículos públicos de pasajeros

| | | Taxi | Bus | Buseta | Microbus |
|--------------|-------------|------|-----|--------|----------|
| Bogotá | Diésel | 33% | 8% | 12% | 20% |
| | Gasolina | 31% | 6% | 7% | 18% |
| | Gas natural | 26% | 14% | 22% | 23% |
| Barranquilla | Diésel | 34% | 8% | 11% | 20% |
| | Gasolina | 31% | 6% | 7% | 18% |
| | Gas natural | 26% | 6% | 10% | 12% |
| Medellín | Diésel | 34% | 8% | 12% | 20% |
| | Gasolina | 31% | 7% | 10% | 18% |
| | Gas natural | 26% | 7% | 22% | 33% |
| Cali | Diésel | 34% | 8% | 11% | 20% |
| | Gasolina | 31% | 7% | 9% | 18% |
| | Gas natural | 26% | 6% | 9% | 10% |
| Nacional | Diésel | 33% | 8% | 11% | 20% |
| | Gasolina | 31% | 7% | 8% | 18% |
| | Gas natural | 26% | 8% | 16% | 19% |

Por otro lado, el factor de eficiencia promedio del transporte de carga es de 30% para el total del parque, para los camiones este factor es de 39% y para los tractocamiones de 21%.

Tabla 18 Factores de eficiencia actual de los vehículos de carga

| | | Camión | Tractocamión |
|--------------|-------------|--------|--------------|
| Bogotá | Diésel | 45% | 27% |
| | Gasolina | 40% | 25% |
| | Gas natural | 60% | 22% |
| Barranquilla | Diésel | 45% | 29% |
| | Gasolina | 18% | 13% |
| | Gas natural | 28% | 13% |
| Medellín | Diésel | 27% | 21% |
| | Gasolina | 41% | 26% |
| | Gas natural | 47% | 13% |
| Cali | Diésel | 29% | 23% |
| | Gasolina | 40% | 22% |
| | Gas natural | 52% | 22% |
| Nacional | Diésel | 37% | 25% |
| | Gasolina | 35% | 21% |
| | Gas natural | 47% | 18% |

A demás del factor de “eficiencia actual”, se calcula un factor de “eficiencia BAT” en el cual se toman como insumos los rendimientos de mejores tecnologías (BAT) y (BAT) combustibles. Los factores de eficiencia obtenidos muestran que hay una brecha de aproximadamente 60% entre las tecnologías híbridas y la eléctrica en los automóviles, este factor asciende a 41% en las camionetas y 47% en los camiones.

Tabla 19 Factores de eficiencia BAT

| | | |
|-----------|-------------|-----|
| Automóvil | Diésel | 77% |
| | Gasolina | 53% |
| | Gas natural | 50% |
| Camioneta | Diésel | 50% |
| | Gasolina | 34% |
| | Gas natural | 38% |
| Camión | Diésel | 50% |
| | Gas natural | 45% |

Es importante aclarar que en la estimación de los factores de eficiencia actual, los rendimientos BAT de automóvil, camioneta, motocicleta y camión identificados fueron utilizados para los demás tipos de vehículos. El rendimiento BAT de automóviles fue aplicado también a los taxis, el de camionetas fue aplicado a buses, microbuses y busetas, y el de los camiones a los tractocamiones. Aunque se identificó un rendimiento para las motocicletas eléctricas, no se ha encontrado el rendimiento de una motocicleta híbrida, por lo tanto estas no cuentan con un factor de “eficiencia BAT”.

2.7. Recomendaciones finales factores de eficiencia

La determinación de los factores de eficiencia de los vehículos que conforman el parque automotor en Colombia requiere diversa información del sector transporte en el país y en las ciudades que se quieran analizar. En la construcción del primer Balance de Energía Útil para el país se consideraron las cifras consignadas en estudios para tipos de vehículos específicos e incluso en publicaciones de prensa y de foros web. Sin embargo, es necesario tomar en cuenta que la confiabilidad de los rendimientos y factores de eficiencia estimados podrá aumentar si se realizan estudios formales que permitan tener acceso a datos veraces.

Los rendimientos BAT para modelos híbridos y eléctricos fueron investigados en varias fuentes de información en Europa por parte de productores de automoviles tanto Europeos como Asiaticos así como el uso del estudio marco o líde en Alemania coordinado por la agencia Alemana de la Energía dena y el estudio sobre la transición energética integrada de 2018, con impulsos para el diseño del sistema de energía hasta 2050 y los supuestos para el desarrollo de la eficiencia hasta 2050 en base a comparación de varias fuentes de información.

3. Inventario tecnológico para el sector Transporte

La construcción del inventario tecnológico del sector transporte se ha enfocado en la recopilación de información sobre el transporte carretero, que cuenta con una participación de aproximadamente el 88% del consumo de energía del sector. En el BECO, se ha considerado en este sector la división en:

- Pasajeros Privado Interurbano.
- Pasajeros Privado Urbano.
- Pasajeros Público Interurbano.
- Pasajeros Público Urbano.
- Carga Urbana.
- Carga Interurbana.

En la metodología para calcular el Balance de Energía Útil propuesta en los entregables 2 y 3, se hace necesario tener factores de eficiencia para los usos de cada sector, aunque en el sector transporte el único uso de la energía es la fuerza motriz, su eficiencia varía dependiendo de la clase de vehículo considerada. Por lo tanto, el análisis del inventario tecnológico de transporte carretero en Colombia consiste en la descripción del parque automotor según la clasificación que se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 20. Parque automotor en Colombia 2015

| CLASE DE VEHICULO | # vehículos (Gasolina) | # vehículos (Diésel) | # vehículos (Gas) | # vehículos (Electricidad) | # vehículos TOTAL | % vehículos TOTAL |
|-------------------|------------------------|----------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|-------------------|
| Carga | | | | | | |
| Público | | | | | | |
| Camión | 78.456 | 174.946 | 4.988 | 22 | 258.412 | 2,2% |
| Tractocamión | 3.305 | 53.881 | 225 | 16 | 57.427 | 0,5% |
| Volqueta | 6.381 | 36.566 | 246 | 4 | 43.197 | 0,4% |
| Pasajeros | | | | | | |
| Particular | | | | | | |
| Automóviles | 2.760.017 | 27.924 | 21.129 | 238 | 2.809.308 | 23,6% |
| Camperos | 528.341 | 67.368 | 10.793 | - | 606.502 | 5,1% |
| Camionetas | 641.800 | 135.234 | 20.121 | 24 | 797.179 | 6,7% |
| Motocicletas | 6.558.352 | 144.492 | 8.635 | 1.063 | 6.712.542 | 56,4% |
| Público | | | | | | |
| Bus | 18.823 | 49.516 | 1.746 | 7 | 70.092 | 0,6% |
| Buseta | 8.661 | 25.659 | 453 | 2 | 34.775 | 0,3% |
| Microbus | 22.600 | 55.556 | 2.304 | 9 | 80.469 | 0,7% |
| Taxis | 303.064 | 86.100 | 51.552 | 101 | 440.817 | 3,7% |
| TOTAL | 10.929.800 | 857.242 | 122.192 | 1.486 | 11.910.720 | |

Fuente: Cálculos y depuraciones propias a la base del dato del RUNT 2018. Corpema e IREES 2019

La información del parque automotor en Colombia permite notar que las motocicletas tuvieron en 2015 una participación de cerca del 56% en el parque y el 23,6% son automóviles particulares. En general, los vehículos particulares de pasajeros representan aproximadamente el 92% del parque para este año, el transporte público de pasajeros el 5% y el transporte de carga 3%.

3.1. Parques regionales

Se consideran cuatro casos así:

- Bogotá.
- Medellín y Valle de Aburrá, constituido por Medellín, Bello, Copacabana, Girardota, Barbosa, Envigado, Itagüí, La Estrella, Sabaneta y Caldas, todos localizados en el departamento de Antioquia.
- Cali.
- Barranquilla.

La población restante se describe aparte, con el fin de tener consistencia.

De acuerdo con las definiciones anteriores, los siguientes numerales presentan los detalles de esta información, según el RUNT, contrastado, cuando ha sido posible, con información existente en estudios oficiales de cada región.

Bogotá

La información de Bogotá se presenta a continuación, agrupada para clase de vehículo y combustible, considerándose los cuatro tipos. El total de vehículos para Bogotá es de 2.220.884 en todas las categorías establecidas.

Tabla 21 Parque automotor Bogotá 2015

| Tipo | Servicio | Clase | Combustible | Núm. Vehículos | Consumo [1 vehículo/año] | | Total [Gal/año] |
|-----------|------------|-----------|-------------|----------------|--------------------------|-----------|-----------------|
| Pasajeros | Particular | AUTOMOVIL | Gasolina | 1.090.939 | 313 | [Gal/año] | 340.918.438 |
| Pasajeros | Particular | AUTOMOVIL | ACPM | 1.605 | 329 | [Gal/año] | 527.961 |
| Pasajeros | Particular | AUTOMOVIL | GNV | 2.661 | 357 | [m3/año] | 950.357 |
| Pasajeros | Particular | AUTOMOVIL | Eléctrico | 140 | | | |
| Pasajeros | Público | BUS | Gasolina | 3.096 | 11.429 | [Gal/año] | 35.382.857 |
| Pasajeros | Público | BUS | ACPM | 13.527 | 8.000 | [Gal/año] | 108.216.000 |
| Pasajeros | Público | BUS | GNV | 180 | 8.000 | [m3/año] | 1.440.000 |
| Pasajeros | Público | BUS | Eléctrico | 5 | | | |
| Pasajeros | Público | BUSETA | Gasolina | 979 | 3.333 | [Gal/año] | 3.263.333 |
| Pasajeros | Público | BUSETA | ACPM | 3.308 | 5.333 | [Gal/año] | 17.642.667 |
| Pasajeros | Público | BUSETA | GNV | 179 | 8.000 | [m3/año] | 1.432.000 |
| Pasajeros | Público | BUSETA | Eléctrico | - | | | |
| Carga | Público | CAMION | Gasolina | 10.649 | 1.286 | [Gal/año] | 13.691.571 |
| Carga | Público | CAMION | ACPM | 13.789 | 2.813 | [Gal/año] | 38.781.563 |
| Carga | Público | CAMION | GNV | 1.028 | 4.500 | [m3/año] | 4.626.000 |
| Carga | Público | CAMION | Eléctrico | - | | | |

| Tipo | Servicio | Clase | Combustible | Núm. Vehículos | Consumo [1 vehículo/año] | | Total [Gal/año] |
|-----------|------------|--------------|-------------|----------------|--------------------------|-----------|-----------------|
| Pasajeros | Particular | CAMIONETA | Gasolina | 219.565 | 314 | [Gal/año] | 69.006.143 |
| Pasajeros | Particular | CAMIONETA | ACPM | 48.529 | 282 | [Gal/año] | 13.687.667 |
| Pasajeros | Particular | CAMIONETA | GNV | 6.471 | 275 | [m3/año] | 1.779.525 |
| Pasajeros | Particular | CAMIONETA | Eléctrico | 13 | | | |
| Pasajeros | Particular | CAMPERO | Gasolina | 186.348 | 314 | [Gal/año] | 58.566.514 |
| Pasajeros | Particular | CAMPERO | ACPM | 28.067 | 282 | [Gal/año] | 7.916.333 |
| Pasajeros | Particular | CAMPERO | GNV | 2.993 | 275 | [m3/año] | 823.075 |
| Pasajeros | Particular | CAMPERO | Eléctrico | - | | | |
| Pasajeros | Público | MICROBUS | Gasolina | 5.278 | 3.200 | [Gal/año] | 16.889.600 |
| Pasajeros | Público | MICROBUS | ACPM | 6.157 | 4.000 | [Gal/año] | 24.628.000 |
| Pasajeros | Público | MICROBUS | GNV | 571 | 8.000 | [m3/año] | 4.568.000 |
| Pasajeros | Público | MICROBUS | Eléctrico | - | | | |
| Pasajeros | Particular | MOTOCICLETA | Gasolina | 480.563 | 84 | [Gal/año] | 40.305.284 |
| Pasajeros | Particular | MOTOCICLETA | ACPM | 5.425 | - | [Gal/año] | - |
| Pasajeros | Particular | MOTOCICLETA | GNV | 88 | 1.300 | [m3/año] | 114.400 |
| Pasajeros | Particular | MOTOCICLETA | Eléctrico | 372 | | | |
| Pasajeros | Público | TAXI | Gasolina | 64.223 | 1.250 | [Gal/año] | 80.278.750 |
| Pasajeros | Público | TAXI | ACPM | 6.017 | 1.395 | [Gal/año] | 8.395.814 |
| Pasajeros | Público | TAXI | GNV | 15.942 | 1.800 | [m3/año] | 28.695.600 |
| Pasajeros | Público | TAXI | Eléctrico | 48 | | | |
| Carga | Público | TRACTOCAMION | Gasolina | 163 | 6.538 | [Gal/año] | 1.065.769 |
| Carga | Público | TRACTOCAMION | ACPM | 815 | 6.071 | [Gal/año] | 4.948.214 |
| Carga | Público | TRACTOCAMION | GNV | 3 | 10.625 | [m3/año] | 31.875 |
| Carga | Público | TRACTOCAMION | Eléctrico | - | | | |
| Carga | Público | VOLQUETA | Gasolina | 107 | 1.286 | [Gal/año] | 137.571 |
| Carga | Público | VOLQUETA | ACPM | 1.038 | 2.813 | [Gal/año] | 2.919.375 |
| Carga | Público | VOLQUETA | GNV | 3 | 4.500 | [m3/año] | 13.500 |
| Carga | Público | VOLQUETA | Eléctrico | - | | | |

Fuente: elaboración propia Corpema e IREES 2019 con base en RUNT.

De acuerdo con el estudio **Movilidad en Cifras** de la Alcaldía Mayor de Bogotá, para 2015, se tiene el siguiente resumen para el parque automotor.

Tabla 22 Parque automotor de Bogotá según el estudio Movilidad de Cifras

| Clase | Núm. Vehículos |
|--------------|------------------|
| Automóviles | 1.074.408 |
| Motocicletas | 449.283 |
| Camionetas | 259.284 |
| Camperos | 208.307 |
| Otros | 26.497 |
| Total | 2.017.779 |

Fuente: Elaboración propia Corpema e IREES 2019 con base en Movilidad en Cifras 2015.

Los tipos de combustibles aparecen ampliados, mientras que las clases de vehículos coinciden con la tabla de referencia, como se puede ver en el resumen más adelante.

Tabla 23 Parque automotor de Bogotá según combustible utilizado

| Clase | Combustible | Total combustible | Total clase |
|---------------|-----------------------|-------------------|-------------|
| AUTOMÓVIL | | | 1.074.408 |
| | Diésel | 563 | |
| | Diésel - Eléctrico | 1 | |
| | Eléctrico | 102 | |
| | Etanol | 1 | |
| | Gas - Gasolina | 2.415 | |
| | Gas Natural Vehicular | 98 | |
| | Gasolina | 1.071.228 | |
| CAMIÓN | | | 9.888 |
| | Diésel | 2.866 | |
| | Gas - Gasolina | 212 | |
| | Gas Natural Vehicular | 7 | |
| CAMIONETA | | | 259.284 |
| | Diésel | 29.629 | |
| | Diésel - Eléctrico | 1 | |
| | Eléctrico | 2 | |
| | Gas - Gasolina | 5.858 | |
| | Gas Natural Vehicular | 73 | |
| | Gasolina | 223.718 | |
| | Gasolina - Eléctrico | 3 | |
| CAMPERO | | | 208.307 |
| | Diésel | 18.887 | |
| | Gas - Gasolina | 2.818 | |
| | Gas Natural Vehicular | 71 | |
| MOTOCICLETA | | | 449.283 |
| | Diésel | 5 | |
| | Eléctrico | 175 | |
| | Gas - Gasolina | 1 | |
| | Gas Natural Vehicular | 3 | |
| VOLQUETA | | | 204 |
| | Diésel | 85 | |
| | Gasolina | 119 | |
| TOTAL GENERAL | | | 2.001.374 |

Fuente: elaboración propia Corpema e IREES 2019 con base en RUNT

La clasificación de combustibles es similar, sin embargo, aparecen algunas sub clasificaciones, que fueron agregadas en el RUNT (Registro Único Nacional de Tránsito), como puede verse es clara la coincidencia entre las dos tablas, para casi todas las categorías analizadas. De acuerdo con el estudio, la movilidad se ha reducido, desde 30 km/h en la década pasada, hasta llegar a 24,86 km/h en promedio para el año 2015, lo que implica una reducción notable, para el transporte particular e individual. Para el transporte colectivo, el promedio anual para 2015 es de 18,47 km/h en promedio, estableciéndose, igualmente una reducción en los promedios con respecto de años anteriores.

Medellín y Valle de Aburrá

El Área metropolitana del Valle de Aburrá incluye los municipios descritos anteriormente. La tendencia histórica tiene en cuenta siempre el área aumentada que incluye de manera directa aquellos que se encuentran adyacentes a su área urbana excluyendo a Girardota, Barbosa y Caldas. Casi todos los análisis sociales, geográficos, económicos tienden a incluir toda el área metropolitana.

La información de esta área aparece resumida en la siguiente tabla.

Tabla 24 Parque automotor de Medellín y el Valle de Aburrá

| Tipo | Servicio | Clase | Combustible | Núm. Vehículos | Consumo [1 vehículo/año] | | Total [Gal/año] |
|-----------|------------|-----------|-------------|----------------|--------------------------|-----------|-----------------|
| Pasajeros | Particular | AUTOMOVIL | Gasolina | 351.803 | 313 | [Gal/año] | 109.938.438 |
| Pasajeros | Particular | AUTOMOVIL | ACPM | 866 | 329 | [Gal/año] | 284.868 |
| Pasajeros | Particular | AUTOMOVIL | GNV | 878 | 357 | [m3/año] | 313.571 |
| Pasajeros | Particular | AUTOMOVIL | Eléctrico | 49 | | | |
| Pasajeros | Particular | BUS | Gasolina | 1.660 | 11.429 | [Gal/año] | 18.971.429 |
| Pasajeros | Particular | BUS | ACPM | 5.992 | 8.000 | [Gal/año] | 47.936.000 |
| Pasajeros | Particular | BUS | GNV | 372 | 8.000 | [m3/año] | 2.976.000 |
| Pasajeros | Particular | BUS | Eléctrico | - | | | |
| Pasajeros | Particular | BUSETA | Gasolina | 359 | 3.333 | [Gal/año] | 1.196.667 |
| Pasajeros | Particular | BUSETA | ACPM | 2.544 | 5.333 | [Gal/año] | 13.568.000 |
| Pasajeros | Particular | BUSETA | GNV | 3 | 8.000 | [m3/año] | 24.000 |
| Pasajeros | Particular | BUSETA | Eléctrico | 1 | | | |
| Carga | Público | CAMION | Gasolina | 7.329 | 1.286 | [Gal/año] | 9.423.000 |
| Carga | Público | CAMION | ACPM | 20.884 | 2.813 | [Gal/año] | 58.736.250 |
| Carga | Público | CAMION | GNV | 228 | 4.500 | [m3/año] | 1.026.000 |
| Carga | Público | CAMION | Eléctrico | - | | | |
| Pasajeros | Particular | CAMIONETA | Gasolina | 67.631 | 314 | [Gal/año] | 21.255.457 |
| Pasajeros | Particular | CAMIONETA | ACPM | 15.522 | 282 | [Gal/año] | 4.378.000 |
| Pasajeros | Particular | CAMIONETA | GNV | 1.090 | 275 | [m3/año] | 299.750 |
| Pasajeros | Particular | CAMIONETA | Eléctrico | 4 | | | |
| Pasajeros | Particular | CAMPERO | Gasolina | 70.440 | 314 | [Gal/año] | 22.138.286 |
| Pasajeros | Particular | CAMPERO | ACPM | 9.604 | 282 | [Gal/año] | 2.708.821 |

| Tipo | Servicio | Clase | Combustible | Núm. Vehículos | Consumo [1 vehículo/año] | | Total [Gal/año] |
|-----------|------------|--------------|-------------|----------------|--------------------------|-----------|-----------------|
| Pasajeros | Particular | CAMPERO | GNV | 717 | 275 | [m3/año] | 197.175 |
| Pasajeros | Particular | CAMPERO | Eléctrico | - | | | |
| Pasajeros | Particular | MICROBUS | Gasolina | 2.187 | 3.200 | [Gal/año] | 6.998.400 |
| Pasajeros | Particular | MICROBUS | ACPM | 6.453 | 4.000 | [Gal/año] | 25.812.000 |
| Pasajeros | Particular | MICROBUS | GNV | 136 | 8.000 | [m3/año] | 1.088.000 |
| Pasajeros | Particular | MICROBUS | Eléctrico | - | | | |
| Pasajeros | Particular | MOTOCICLETA | Gasolina | 707.444 | 84 | [Gal/año] | 59.334.013 |
| Pasajeros | Particular | MOTOCICLETA | ACPM | 1.675 | - | [Gal/año] | - |
| Pasajeros | Particular | MOTOCICLETA | GNV | 257 | 1.300 | [m3/año] | 334.100 |
| Pasajeros | Particular | MOTOCICLETA | Eléctrico | 249 | | | |
| Pasajeros | Particular | TAXI | Gasolina | 38.043 | 1.250 | [Gal/año] | 47.553.750 |
| Pasajeros | Particular | TAXI | ACPM | 7.966 | 1.395 | [Gal/año] | 11.115.349 |
| Pasajeros | Particular | TAXI | GNV | 1.144 | 1.800 | [m3/año] | 2.059.200 |
| Pasajeros | Particular | TAXI | Eléctrico | 8 | | | |
| Carga | Público | TRACTOCAMION | Gasolina | 408 | 6.538 | [Gal/año] | 2.667.692 |
| Carga | Público | TRACTOCAMION | ACPM | 6.333 | 6.071 | [Gal/año] | 38.450.357 |
| Carga | Público | TRACTOCAMION | GNV | 7 | 10.625 | [m3/año] | 74.375 |
| Carga | Público | TRACTOCAMION | Eléctrico | - | | | |
| Carga | Público | VOLQUETA | Gasolina | 376 | 1.286 | [Gal/año] | 483.429 |
| Carga | Público | VOLQUETA | ACPM | 3.806 | 2.813 | [Gal/año] | 10.704.375 |
| Carga | Público | VOLQUETA | GNV | 19 | 4.500 | [m3/año] | 85.500 |
| Carga | Público | VOLQUETA | Eléctrico | - | | | |

Fuente: elaboración propia Corpema e IREES 2019 con base en RUNT.

El número total de vehículos para el año 2015 es de 1.334.487, siendo la segunda ciudad en población automotriz.

Cali

Al igual que en población urbana, la ciudad de Cali es la tercera del país en el parque automotor. A continuación, se encuentra la información del RUNT para el año 2015. El número total de vehículos es de 620.258 para 2015.

Tabla 25 Parque automotor de Cali en 2015

| Tipo | Servicio | Clase | Combustible | Núm. Vehículos | Consumo [1 vehículo/año] | | Total [Gal/año] |
|-----------|------------|-----------|-------------|----------------|--------------------------|-----------|-----------------|
| Pasajeros | Particular | AUTOMOVIL | Gasolina | 271.064 | 313 | [Gal/año] | 84.707.500 |
| Pasajeros | Particular | AUTOMOVIL | ACPM | 534 | 329 | [Gal/año] | 175.658 |
| Pasajeros | Particular | AUTOMOVIL | GNV | 2.511 | 357 | [m3/año] | 896.786 |
| Pasajeros | Particular | AUTOMOVIL | Eléctrico | 10 | | | |
| Pasajeros | Público | BUS | Gasolina | 2.537 | 11.429 | [Gal/año] | 28.994.286 |
| Pasajeros | Público | BUS | ACPM | 2.268 | 8.000 | [Gal/año] | 18.144.000 |
| Pasajeros | Público | BUS | GNV | 73 | 8.000 | [m3/año] | 584.000 |

| Tipo | Servicio | Clase | Combustible | Núm. Vehículos | Consumo [1 vehículo/año] | | Total [Gal/año] |
|-----------|------------|--------------|-------------|----------------|--------------------------|-----------|-----------------|
| Pasajeros | Público | BUS | Eléctrico | - | | | |
| Pasajeros | Público | BUSETA | Gasolina | 273 | 3.333 | [Gal/año] | 910.000 |
| Pasajeros | Público | BUSETA | ACPM | 720 | 5.333 | [Gal/año] | 3.840.000 |
| Pasajeros | Público | BUSETA | GNV | 9 | 8.000 | [m3/año] | 72.000 |
| Pasajeros | Público | BUSETA | Eléctrico | - | | | |
| Carga | Público | CAMION | Gasolina | 5.473 | 1.286 | [Gal/año] | 7.036.714 |
| Carga | Público | CAMION | ACPM | 2.952 | 2.813 | [Gal/año] | 8.302.500 |
| Carga | Público | CAMION | GNV | 283 | 4.500 | [m3/año] | 1.273.500 |
| Carga | Público | CAMION | Eléctrico | - | | | |
| Pasajeros | Particular | CAMIONETA | Gasolina | 54.551 | 314 | [Gal/año] | 17.144.600 |
| Pasajeros | Particular | CAMIONETA | ACPM | 7.534 | 282 | [Gal/año] | 2.124.974 |
| Pasajeros | Particular | CAMIONETA | GNV | 1.312 | 275 | [m3/año] | 360.800 |
| Pasajeros | Particular | CAMIONETA | Eléctrico | 2 | | | |
| Pasajeros | Particular | CAMPERO | Gasolina | 31.233 | 314 | [Gal/año] | 9.816.086 |
| Pasajeros | Particular | CAMPERO | ACPM | 4.149 | 282 | [Gal/año] | 1.170.231 |
| Pasajeros | Particular | CAMPERO | GNV | 784 | 275 | [m3/año] | 215.600 |
| Pasajeros | Particular | CAMPERO | Eléctrico | - | | | |
| Pasajeros | Público | MICROBUS | Gasolina | 1.580 | 3.200 | [Gal/año] | 5.056.000 |
| Pasajeros | Público | MICROBUS | ACPM | 1.671 | 4.000 | [Gal/año] | 6.684.000 |
| Pasajeros | Público | MICROBUS | GNV | 95 | 8.000 | [m3/año] | 760.000 |
| Pasajeros | Público | MICROBUS | Eléctrico | - | | | |
| Pasajeros | Particular | MOTOCICLETA | Gasolina | 203.864 | 84 | [Gal/año] | 17.098.271 |
| Pasajeros | Particular | MOTOCICLETA | ACPM | 435 | - | [Gal/año] | - |
| Pasajeros | Particular | MOTOCICLETA | GNV | 947 | 1.300 | [m3/año] | 1.231.100 |
| Pasajeros | Particular | MOTOCICLETA | Eléctrico | 16 | | | |
| Pasajeros | Público | TAXI | Gasolina | 16.661 | 1.250 | [Gal/año] | 20.826.250 |
| Pasajeros | Público | TAXI | ACPM | 1.311 | 1.395 | [Gal/año] | 1.829.302 |
| Pasajeros | Público | TAXI | GNV | 4.368 | 1.800 | [m3/año] | 7.862.400 |
| Pasajeros | Público | TAXI | Eléctrico | - | | | |
| Carga | Público | TRACTOCAMION | Gasolina | 134 | 6.538 | [Gal/año] | 876.154 |
| Carga | Público | TRACTOCAMION | ACPM | 241 | 6.071 | [Gal/año] | 1.463.214 |
| Carga | Público | TRACTOCAMION | GNV | - | 10.625 | [m3/año] | - |
| Carga | Público | TRACTOCAMION | Eléctrico | - | | | |
| Carga | Público | VOLQUETA | Gasolina | 213 | 1.286 | [Gal/año] | 273.857 |
| Carga | Público | VOLQUETA | ACPM | 443 | 2.813 | [Gal/año] | 1.245.938 |
| Carga | Público | VOLQUETA | GNV | 7 | 4.500 | [m3/año] | 31.500 |
| Carga | Público | VOLQUETA | Eléctrico | - | | | |

Fuente: elaboración propia Corpema e IREES 2019 con base en RUNT.

El informe Cali en Cifras de la Alcaldía para 2011 tiene información del parque automotor para la ciudad según aparece a continuación.

Tabla 26 Parque Automotor de Cali según Cali en Cifras

| | | | | | | | |
|---------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Servicio público | 43.563 | 45.423 | 46.305 | 47.016 | 47.711 | 49.173 | 51.096 |
| Servicio particular | 242.856 | 254.594 | 274.591 | 296.172 | 314.263 | 328.057 | 346.082 |
| Servicio oficial | 3.440 | 3.473 | 3.532 | 3.556 | 3.509 | 3.520 | 3.576 |
| Motos | 68.068 | 70.446 | 74.732 | 77.808 | 82.150 | 90.175 | 103.899 |
| Total | 357.927 | 373.936 | 399.160 | 424.552 | 447.633 | 470.925 | 504.653 |

Fuente: elaboración propia Corpema e IREES 2019 con base en Cali en Cifras 2011.

El número total del parque es de 504.653 vehículos, que corresponde a una estimación apropiada para el año 2011, al ser contrastada con RUNT.

Barranquilla

La siguiente tabla contiene la información de RUNT para la ciudad de Barranquilla en el año 2015. El número total de vehículos registrados y activos en Barranquilla en 2015 es de 158.902.

Tabla 27 Parque automotor de Barranquilla 2015

| Tipo | Servicio | Clase | Combustible | Núm. Vehículos | Consumo [1 vehículo/año] | | Total [Gal/año] |
|-----------|------------|-----------|-------------|----------------|--------------------------|-----------|-----------------|
| Pasajeros | Particular | AUTOMOVIL | Gasolina | 64.455 | 313 | [Gal/año] | 20.142.188 |
| Pasajeros | Particular | AUTOMOVIL | ACPM | 50 | 329 | [Gal/año] | 16.447 |
| Pasajeros | Particular | AUTOMOVIL | GNV | 93 | 357 | [m3/año] | 33.214 |
| Pasajeros | Particular | AUTOMOVIL | Eléctrico | 3 | | | |
| Pasajeros | Público | BUS | Gasolina | 634 | 11.429 | [Gal/año] | 7.245.714 |
| Pasajeros | Público | BUS | ACPM | 3.099 | 8.000 | [Gal/año] | 24.792.000 |
| Pasajeros | Público | BUS | GNV | 515 | 8.000 | [m3/año] | 4.120.000 |
| Pasajeros | Público | BUS | Eléctrico | - | | | |
| Pasajeros | Público | BUSETA | Gasolina | 122 | 3.333 | [Gal/año] | 406.667 |
| Pasajeros | Público | BUSETA | ACPM | 1.142 | 5.333 | [Gal/año] | 6.090.667 |
| Pasajeros | Público | BUSETA | GNV | 22 | 8.000 | [m3/año] | 176.000 |
| Pasajeros | Público | BUSETA | Eléctrico | - | | | |
| Carga | Público | CAMION | Gasolina | 1.037 | 1.286 | [Gal/año] | 1.333.286 |
| Carga | Público | CAMION | ACPM | 3.214 | 2.813 | [Gal/año] | 9.039.375 |
| Carga | Público | CAMION | GNV | 26 | 4.500 | [m3/año] | 117.000 |
| Carga | Público | CAMION | Eléctrico | - | | | |
| Pasajeros | Particular | CAMIONETA | Gasolina | 18.334 | 314 | [Gal/año] | 5.762.114 |
| Pasajeros | Particular | CAMIONETA | ACPM | 4.231 | 282 | [Gal/año] | 1.193.359 |
| Pasajeros | Particular | CAMIONETA | GNV | 154 | 275 | [m3/año] | 42.350 |
| Pasajeros | Particular | CAMIONETA | Eléctrico | - | | | |
| Pasajeros | Particular | CAMPERO | Gasolina | 7.849 | 314 | [Gal/año] | 2.466.829 |
| Pasajeros | Particular | CAMPERO | ACPM | 1.883 | 282 | [Gal/año] | 531.103 |
| Pasajeros | Particular | CAMPERO | GNV | 39 | 275 | [m3/año] | 10.725 |
| Pasajeros | Particular | CAMPERO | Eléctrico | - | | | |
| Pasajeros | Público | MICROBUS | Gasolina | 415 | 3.200 | [Gal/año] | 1.328.000 |
| Pasajeros | Público | MICROBUS | ACPM | 1.312 | 4.000 | [Gal/año] | 5.248.000 |

| Tipo | Servicio | Clase | Combustible | Núm. Vehículos | Consumo [1 vehículo/año] | | Total [Gal/año] |
|-----------|------------|--------------|-------------|----------------|--------------------------|-----------|-----------------|
| Pasajeros | Público | MICROBUS | GNV | 13 | 8.000 | [m3/año] | 104.000 |
| Pasajeros | Público | MICROBUS | Eléctrico | - | | | |
| Pasajeros | Particular | MOTOCICLETA | Gasolina | 34.138 | 84 | [Gal/año] | 2.863.187 |
| Pasajeros | Particular | MOTOCICLETA | ACPM | 8 | - | [Gal/año] | - |
| Pasajeros | Particular | MOTOCICLETA | GNV | 16 | 1.300 | [m3/año] | 20.800 |
| Pasajeros | Particular | MOTOCICLETA | Eléctrico | - | | | |
| Pasajeros | Público | TAXI | Gasolina | 11.065 | 1.250 | [Gal/año] | 13.831.250 |
| Pasajeros | Público | TAXI | ACPM | 687 | 1.395 | [Gal/año] | 958.605 |
| Pasajeros | Público | TAXI | GNV | 3.084 | 1.800 | [m3/año] | 5.551.200 |
| Pasajeros | Público | TAXI | Eléctrico | - | | | |
| Carga | Público | TRACTOCAMION | Gasolina | 59 | 6.538 | [Gal/año] | 385.769 |
| Carga | Público | TRACTOCAMION | ACPM | 766 | 6.071 | [Gal/año] | 4.650.714 |
| Carga | Público | TRACTOCAMION | GNV | 1 | 10.625 | [m3/año] | 10.625 |
| Carga | Público | TRACTOCAMION | Eléctrico | - | | | |
| Carga | Público | VOLQUETA | Gasolina | 37 | 1.286 | [Gal/año] | 47.571 |
| Carga | Público | VOLQUETA | ACPM | 396 | 2.813 | [Gal/año] | 1.113.750 |
| Carga | Público | VOLQUETA | GNV | 3 | 4.500 | [m3/año] | 13.500 |
| Carga | Público | VOLQUETA | Eléctrico | - | | | |

Fuente: elaboración Corpema e IREES 2019 propia con base en RUNT.

3.2. Recomendaciones finales inventario tecnológico y obtención de datos adicionales

1. Creación de incentivos que permitan entregar información de tiempo real a los consumidores de energéticos para transporte.
2. Instalación de data logger en todos los equipos de transporte masivo que permitan almacenar automáticamente información de recorrido en kilómetros, variaciones de altitud, carga de combustible y peso cargado.
3. Un esquema similar para transporte de carga, incluyendo combustibles.
4. Convenio con WAZE con el fin de obtener estadísticas (no en tiempo real) para conocer los recorridos de vehículos dentro de las ciudades, y carreteras donde haya cobertura, con el fin de conocer las variables apropiadas de recorridos, dentro de rangos de tiempo aceptables.
5. Crear sistemas de validación en los peajes para conocer los recorridos entre estos puntos, con el fin de obtener información en carreteras. Esta información se obtiene en el peaje y se transmite sobre una base de tiempo especificada.

4. Incertidumbres en los datos de entrada para el sector transporte

Con respecto a las incertidumbres observadas en sector transporte (ver tabla 28 abajo) con respecto al uso de fuerza motriz para automoviles en general se observan incertidumbres bajas tanto para el cubrimiento por parte del RUNT y estudios de rendimientos para distintas ciudades. La base empírica para la obtención de datos también es buena y la incertidumbre por ende es baja así como su consistencia y robustez. Con respecto a dos aspectos importantes en el sector transporte (carga y motocicletas) se observan incertidumbres medias en lo correspondiente al número de vehículos con diferencias en algunos casos entre fuentes mayores al 25-30%. Al respecto se recomiendan estudios especializados para este sector con base empíricas más fuertes mejorando así la consistencia y que tan robustos pueden ser los resultados en un futuro. Al respecto se ve la marca en amarillo para esta sección de la tabla. Con respecto al segmento de motocicletas se observan incertidumbres en todos los aspectos los cuales deben ser analizados en estudios posteriores con mayor detalle debido a su importancia en el número ascendente de estas en los últimos años.

Tabla 28 Incertidumbres observadas para el sector transporte BEU 2015

| Uso | Entradas | Cubrimiento | Base Empírica | Consistencia | Robusto |
|----------|-----------|-------------|---------------|--------------|---------|
| FM Auto | RUNT | | | | |
| | Rendim. | | | | |
| | Distancia | | | | |
| FM Carga | RUNT | | | | |
| | Rend. | | | | |
| | Dist. | | | | |
| FM Motos | RUNT | | | | |
| | Rendim. | | | | |
| | Distancia | | | | |
| Código | | Baja | Media | Alta | |

Fuente: elaboración Corpema e IREES 2019 propia con base en RUNT.

5. Referencias bibliográficas

Econometría (2010). Caracterización Energética del Sector Transporte de Carga y Pasajeros, Urbano e Interurbano en Colombia – Informe Final.

Behrentz, Eduardo (2014). Productos Analíticos para Apoyar la Toma de Decisiones Sobre Acciones de Mitigación a Nivel Sectorial – Sector Transporte. Preparado para el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo en Colombia Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Grupo de Estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional, Universidad de los Andes.

IDAE - Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía de España (2006). Guía para la gestión del combustible en las flotas de transporte por carretera.

Mintransporte (s.f.). Modelo para la determinación de costos de referencia (Presentación).

Rodríguez, Álvaro & Acevedo, Jorge (2012). ¡Taxi! El modo olvidado de la movilidad en Bogotá / Álvaro Rodríguez y Jorge Acevedo. Bogotá: Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental; Ediciones Uniandes.

Transmilenio (2011). Documento MDL.

Transmetro (2009). Documento MDL.

Uninorte-Terpel (2013). Modelo prospectivo para la penetración del gas natural vehicular en el sector transporte de carga regional y público de pasajeros en Colombia, horizonte 2011-2030.

UTP - Universidad Tecnológica de Pereira (2017). Establecimiento de línea base para la economía de combustible de los vehículos ligeros: Combustibles y vehículos más limpios y eficientes en Colombia.

UPME (2013). Balance COA.

Anexos

Anexo 1 – Rendimiento de tricimotos o motocarga

Tabla 29 Rendimiento promedio de tricimotos o motocarga

| | | km/gal o km/m ³ | kJ/km | Fuente |
|--------------|-------------|-------------------------------|-------|-------------------|
| Bogotá | Diésel | 130 | 1.124 | Gasolina*1,3 |
| | Gas natural | 10 | 3.723 | UPME, 2013 |
| Barranquilla | Diésel | 129 | 1.131 | Gasolina*1,3 |
| | Gas natural | 10 | 3.723 | UPME, 2013 |
| Medellín | Diésel | 128 | 1.136 | Gasolina*1,3 |
| | Gas natural | 10 | 3.723 | UPME, 2013 |
| Cali | Diésel | 126 | 1.153 | Gasolina*1,3 |
| | Gas natural | 10 | 3.723 | UPME, 2013 |
| Nacional | Diésel | 128 | 1.136 | Promedio ciudades |
| | Gas natural | 10 | 3.723 | Promedio ciudades |