

PROYECCIÓN DE DEMANDA DE COMBUSTIBLES EN EL SECTOR TRANSPORTE EN COLOMBIA

Revisión
Marzo de 2015



Proyección de Demanda de Combustibles en el Sector Transporte en Colombia
Revisión marzo de 2015

Grupo de trabajo

Carlos García Botero
Subdirector de Demanda

Carolina Obando Anzola
Profesional Especializado

William Martínez
Profesional Especializado

Romel Rodríguez
Profesional Especializado

República de Colombia
Ministerio de Minas y Energía
Unidad de Planeación Minero Energética, UPME
Subdirección de Demanda

Revisión
Marzo 2015

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
1. CONSUMO DE COMBUSTIBLES EN EL SECTOR TRANSPORTE	3
2. TRANSPORTE CARRETERO – ACTUALIDAD DEL PARQUE AUTOMOTOR NACIONAL	6
3. ANÁLISIS DE LAS CONVERSIONES VEHICULARES A GNV	11
4. MOVILIDAD EN LAS PRINCIPALES REGIONES DEL PAÍS	15
4.1 Cali	15
4.2 Áreas Metropolitanas: Bogotá, Barranquilla y Valle de Aburrá.	17
4.3 Aportes regionales a consumos en el país	22
5. PROYECCIÓN DE DEMANDA DE ENERGÍA DEL SECTOR TRANSPORTE POR TIPOS DE ENERGÉTICOS Y ESCENARIOS	25
5.1 Proyecciones de movilidad.....	25
5.2 Proyecciones de demanda	28
5.3 Escenario propuesto para el PND 2014-2018	33
5.4 Escenario Ciudades Sostenibles	36
INFOGRAFÍA: OFERTA ACTUAL DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA PARA TRANSPORTE EN COLOMBIA....	38
6. META-ANÁLISIS DEL MODELO ANALÍTICO DE PROYECCIÓN DE DEMANDA	39
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
REFERENCIAS INFOGRAFÍA.....	44
ANEXO 1. FACTORES DE CONVERSIÓN.....	45
ANEXO 2. METODOLOGÍA PARA LA PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN DE PRINCIPALES CIUDADES Y AREAS METROPOLITANAS EN COLOMBIA 2015 – 2050.....	46

INTRODUCCIÓN

Este documento contiene los resultados de las proyecciones de demanda interna de combustibles para el sector transporte, esto es, combustibles líquidos y gas natural vehicular (GNV). Los resultados que se presentan a continuación provienen de un ejercicio analítico en el que se indagó sobre el comportamiento del sector transporte en el país, no sólo en cuanto al comportamiento del parque automotor (entrada de vehículos, uso y operación de los mismos, chatarrización) sino en cuánto a la movilidad (viajes realizados, pasajeros transportados). Es importante mencionar que no se usaron los precios de los combustibles para construir las proyecciones debido a la inelasticidad actual entre los precios y el consumo; se asume que esta inelasticidad se mantendrá en el tiempo.

Para construir las proyecciones tanto de viajes como de vehículos, este modelo contempla el crecimiento de la economía (PIB) y de la población del país; las proyecciones fueron construidas por la Unidad en diciembre de 2014 teniendo en cuenta los ejercicios ya realizados por el DANE, el Ministerio de Hacienda y Crédito Público y el Banco de la República.

La presente revisión incluye la desagregación de la ciudad de Cali del resto del país, y con esto, el análisis específico de la ciudad en temas de movilidad y consumo de combustible. Adicionalmente se incluyó el análisis de la información de la base de datos del RUNT para la totalidad de la flota nacional;

se espera que el análisis regional sea parte de la próxima revisión.

Los siguientes son los resultados de los escenarios alto, medio y bajo, de las proyecciones de demanda de ACPM, gasolinas y GNV hasta el año 2030. Se presentan también las tasas de crecimiento promedio anual para cada energético. El cambio importante en las tasas de crecimiento del ACPM y GNV en comparación con las presentadas en la revisión anterior, se debe a la eliminación del supuesto de un alto consumo de GNV en transporte pesado en el escenario base, lo que se tradujo a un mayor consumo de ACPM en este segmento.

ACPM (BDC)			
	Esc. Alto	Esc. Medio	Esc. Bajo
2013	110.209	110.209	110.209
2014	113.688	113.688	113.688
2015	116.883	116.883	116.883
2016	120.950	120.351	119.749
2017	125.854	124.612	123.366
2018	130.481	128.560	126.640
2019	134.932	132.288	129.653
2020	139.067	135.672	132.300
2021	144.192	139.982	135.812
2022	148.109	143.053	138.059
2023	152.554	146.598	140.732
2024	159.423	152.513	145.732
2025	166.326	158.393	150.636
2026	171.620	162.651	153.908
2027	175.634	165.625	155.900
2028	180.336	169.341	158.704
2029	185.888	173.721	161.990
2030	190.254	176.909	164.082

Gasolinas (BDC)

	Esc. Alto	Esc. Medio	Esc. Bajo
2013	87.036	87.036	87.036
2014	89.206	89.206	89.206
2015	91.167	91.167	91.167
2016	93.268	92.732	92.192
2017	96.417	95.300	94.178
2018	101.214	99.458	97.698
2019	106.391	103.932	101.472
2020	110.942	107.737	104.535
2021	115.366	111.350	107.345
2022	119.006	114.112	109.235
2023	125.135	119.291	113.480
2024	129.918	123.117	116.364
2025	135.853	127.995	120.208
2026	140.074	131.340	122.731
2027	144.702	134.822	125.097
2028	150.019	139.072	128.337
2029	155.896	143.719	131.807
2030	161.082	147.633	134.501

Tasas de crecimiento anual promedio

	ACPM	Gasolinas	GNV
2012 - 2030	2,9%	3,2%	1,9%

En los siguientes capítulos se presenta de forma detallada la metodología usada para construir la proyección y los supuestos del modelo. Los resultados aquí presentados son producto del mejoramiento del modelo presentado en el documento *Proyección de Demanda de Combustibles en el Sector Transporte en Colombia. Revisión noviembre de 2014*¹, por lo tanto, se sugiere consultar ese documento si se quiere tener más información sobre el modelo.

GNV (MPCD)

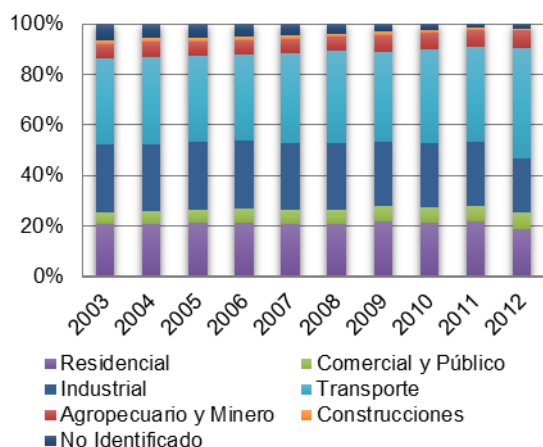
	Esc. Alto	Esc. Medio	Esc. Bajo
2013	76	76	76
2014	78	78	78
2015	79	79	79
2016	81	81	80
2017	84	83	82
2018	86	84	83
2019	88	86	84
2020	89	87	84
2021	92	89	86
2022	94	91	87
2023	97	92	88
2024	99	94	89
2025	102	96	91
2026	104	98	92
2027	106	99	93
2028	109	101	94
2029	111	103	95
2030	112	103	95

¹ Documento disponible en el Sistema de Información de Petróleo y Gas (SIPG), en el siguiente link:
<http://www.sipg.gov.co/sipg/documentos/Proyeccion>

s/2014/Proy.%20Demanda%20Tte%20-%20Nov2014%2012112014.pdf

1. CONSUMO DE COMBUSTIBLES EN EL SECTOR TRANSPORTE

El sector transporte ha venido ganando importancia en su participación en el consumo de energéticos del país (Balance energético nacional - UPME, 2012). La Figura 1 muestra la distribución histórica del consumo de energía total efectiva por sectores. Se puede observar cómo el consumo del sector transporte ha aumentado su participación en la matriz energética en un poco más del 10% en los últimos 13 años. En el periodo 2003–2006 el consumo de energéticos del sector se mantuvo alrededor del 34%, los siguientes tres años subió un 2% y se mantuvo en un 36%, y a partir del 2010 comenzó a crecer llegando a ser un 44% del total en el año 2012.



Fuente: Balance energético - UPME, 2014.

Figura 1. Distribución del consumo de energía total efectiva por sector.

Los energéticos asociados al consumo del sector son los que se muestran en la Tabla 1. En el caso del modo carretero, sobre el que se enfocará principalmente la modelación de

la presente revisión, los energéticos son combustibles líquidos, como gasolinas (extra y corriente), ACPM, biocombustibles usados para la mezcla; gas natural vehicular (GNV) y electricidad, estos dos últimos en una menor proporción. Aunque sabemos que hay GLP que es usado como autogas en los vehículos de la flota de distribuidores de este combustible, la información del consumo no ha sido cuantificada.

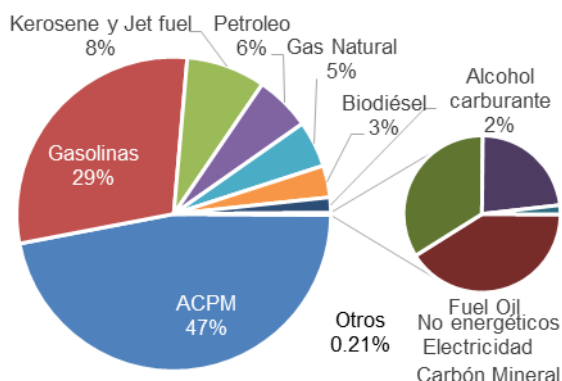
Tabla 1. Energéticos por modo de transporte.

Energético	Modo de transporte
ACPM	Carretero, fluvial, marítimo y ferroviario
Gasolinas	Carretero, aéreo y fluvial
Kerosene y Jet fuel	Aéreo
Petróleo	Marítimo
Gas Natural	Carretero
Biodiésel	Carretero
Alcohol carburante	Carretero
Fuel Oil	Marítimo y ferroviario
No energéticos	Carretero, aéreo, fluvial, marítimo y ferroviario
Electricidad	Ferrovial
Carbón Mineral	Ferrovial

Fuente: Balance energético - UPME, 2014.

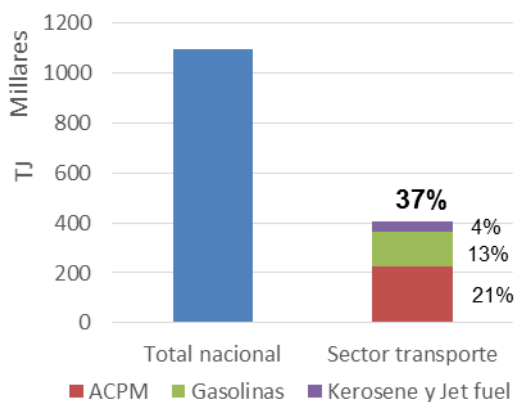
La Figura 2 muestra la distribución de los energéticos en el consumo final de energía del sector transporte. De los 479.458 TJ consumidos en el 2012 por este sector, más del 90% de la energía proviene del petróleo y sus derivados, y solo el 0,05% proviene del uso de la electricidad. El 9% restante proviene de energéticos renovables como los biocombustibles, gas natural y carbón. Los derivados que predominan en el sector son el ACPM y las gasolinas, los cuales son usados principalmente para el transporte carretero; estos, junto con el kerosene y jet fuel,

representan una porción importante sobre el total del consumo final del país (ver Figura 3), que en 2012 fue del 37%.



Fuente: Balance energético - UPME, 2014.

Figura 2. Distribución de energéticos en el sector transporte.



Fuente: Balance energético - UPME, 2014.

Figura 3. Comparación del consumo de ACPM y gasolinás en el sector transporte con el consumo final – 2012.

La Figura 4 muestra la distribución del consumo de combustibles en el sector, calculada a partir de la información reportada por el Ministerio de Hacienda (combustible

que paga el impuesto a la sobretasa) en el caso de combustibles líquidos, la Federación Colombiana de Combustibles (Fedebiocombustibles), y Concentra para el caso del GNV. Esta distribución incluye la electricidad usada en el sector, que hasta el 2012 fueron alrededor de 65GWh correspondientes a los consumos del metro de Medellín y del Tren de la Sabana que opera Acerías Paz del Río desde 2004. La información de los años 2013 y 2014 fue obtenida directamente de Metro de Medellín, que son alrededor de 77GWh/año. Se observa un aumento importante en la participación del GNV dentro de la canasta en el año 2014, el cual está relacionado con un aumento en el consumo en el departamento de Atlántico del 115%. Las cifras de 2014 aún están en revisión y los proveedores de la información están buscando las razones de este aumento.

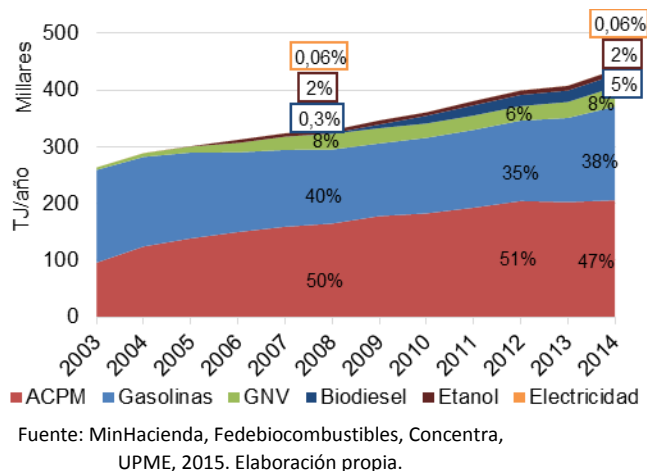
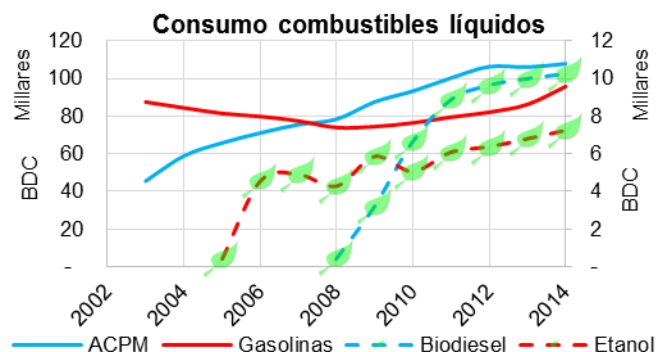


Figura 4. Distribución histórica del consumo de energéticos en el sector transporte.

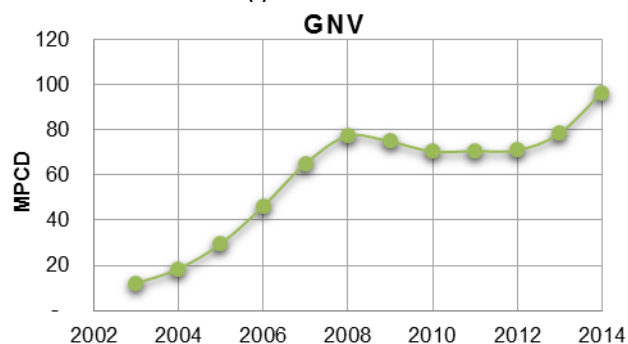
La Figura 5 muestra los datos históricos de consumo de energéticos en el sector de manera individual. La información de combustibles líquidos corresponde a aquel

combustible que paga el impuesto a la sobretasa, es decir, dentro de estos volúmenes están incluidas las ventas de Ecopetrol, el combustible importado, el combustible exento de pagar este impuesto y el que, aunque es ilegal, se legaliza por medio del pago del mismo. A estos volúmenes hace falta sumarles el combustible de contrabando, el cual representa en promedio el 7%² de la demanda de combustibles líquidos. Los datos de energía eléctrica fueron obtenidos del balance energético nacional hasta 2011 y a partir de 2012 la fuente de información es el Metro de Medellín. Las tasas de crecimiento promedio del consumo de estos energéticos en los últimos 6 años (2008-2014) han sido 5,5%, 4,4%, 3,8% y 4,9% para el ACPM, las gasolinas, el GNV y la electricidad, respectivamente.

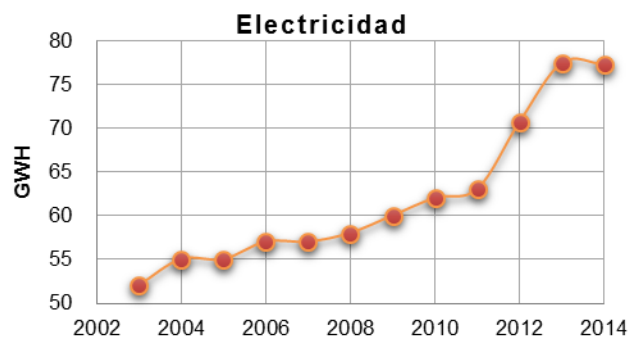
Como se mencionó anteriormente, el consumo de GNV pasó de ser 83MPCD en 2013 a 97MPCD en 2014, un crecimiento que se dio principalmente en el departamento de Atlántico³.



(i)



(ii)



(iii)

Fuente: MinHacienda, Concentra, UPME, 2015. Elaboración propia.

Figura 5. Información histórica del consumo de energéticos en el sector transporte.

² Valor promedio de las estimaciones hechas del porcentaje de contrabando en los estudios de Inmarkjet y Econometría, en 2005 y 2010 respectivamente.

³ Según la información de Concentra, este departamento pasó de consumir 157GBTUD en 2013 a 337GBTUD en 2014. Este comportamiento está en revisión.

El consumo de electricidad corresponde en su totalidad al subsector de transporte férreo. En el caso de los combustibles, el consumo de ACPM se divide en los subsectores de transporte carretero (84%), marítimo (10%), fluvial (5%), ferroviario (1%), y una parte para generación que no está incluida en esta contabilización; la gasolina es en su mayoría para transporte carretero (98%) y el resto para fluvial; y el GNV es exclusivo para el transporte carretero.

La Figura 6 muestra el consumo histórico de ACPM en los otros modos de transporte diferentes al carretero. Esta información proviene del balance energético construido por la Unidad.

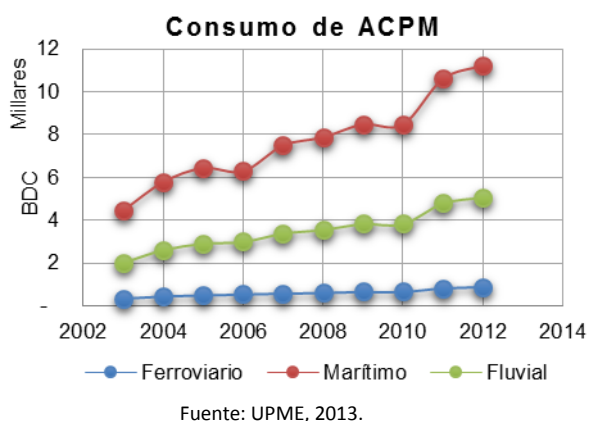


Figura 6. Consumos históricos de ACPM para los subsectores transporte ferroviario, marítimo y fluvial.

Las tasas de crecimiento de estos tres modos han estado alrededor del 11% entre 2003 y 2012; en los últimos 5 años, el crecimiento ha

del consumo ha sido del 9,28% en el transporte marítimo, 9,25% en el transporte ferroviario y 9.27 en el transporte fluvial.

2. TRANSPORTE CARRETERO – ACTUALIDAD DEL PARQUE AUTOMOTOR NACIONAL

El 34% del total de energía del consumo final de todos los sectores (equivalente a 404.014TJ⁴) se da en el sector transporte, específicamente en el modo carretero, con lo que es el subsector con mayor participación en el consumo de energéticos en el país. Dada la importancia de este modo, la Unidad adquirió la base de datos del RUNT en el 2014, con el fin de seguir profundizando en el conocimiento del sector. En esta base de datos reposan 11'042.830 registros que corresponden a los vehículos que hacen y han hecho parte del parque automotor nacional desde el año 1922 (fecha del primer registro)⁵ hasta junio del 2014. Dentro de las variables adquiridas se encuentran: placa, estado, clase, modelo, servicio, cilindraje, número de ejes, pasajeros, capacidad de carga, fecha del registro, combustible, departamento, municipio/ciudad, revisión técnico-mecánica, SOAT, entre otras.

La Figura 7 muestra la información histórica de la flota a nivel nacional por categoría vehicular obtenida de la base de datos del RUNT adquirida. Al analizar el parque automotor activo, que a diciembre de 2013

⁴ Valor tomado a partir de información de los volúmenes de combustible sujetos a la sobretasa (Ministerio de Hacienda), el balance energético (UPME) y consumos de GNV (Concentra), todos en el año 2012.

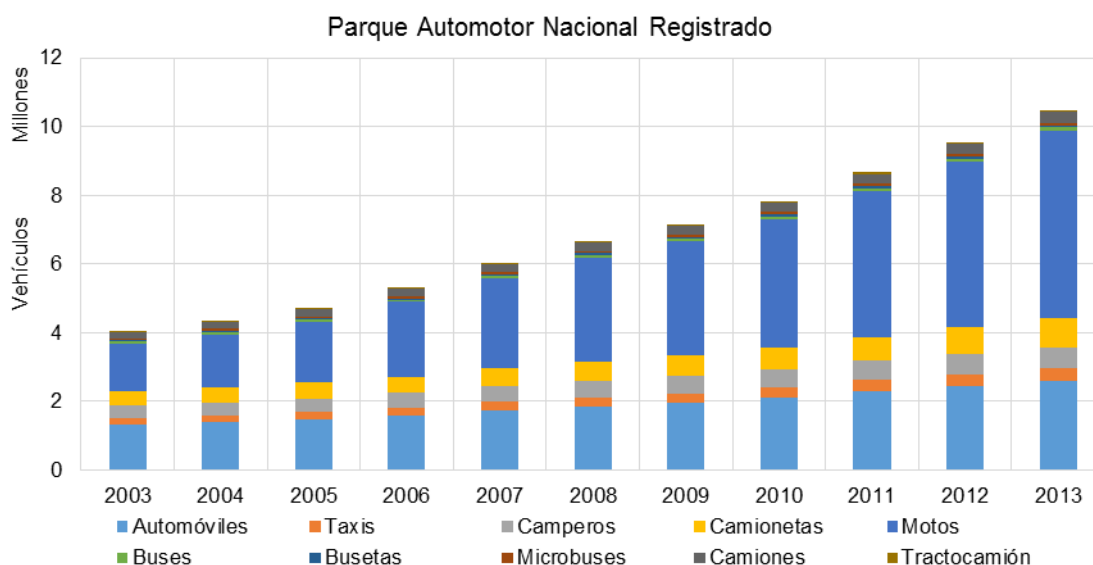
⁵ A modo de ejemplo, en la base de datos se encuentran registros que al parecer fueron hechos en

1915 pero el año modelo es 1975. Esta inconsistencia se repite en bastantes datos. El registro de 1922 coincide con el año modelo del vehículo, y por eso es considerado el primer registro.

era de 10'024.054 vehículos, la flota en su mayoría está compuesta por vehículos privados (92,6%), mientras que los vehículos de transporte público de pasajeros (colectivo y masivo) y de carga representan el 5,2%; el transporte individual de pasajeros (taxis) representa el 2,2%.

La diferencia entre los números de vehículos presentados en esta revisión y los de la pasada obedece a que en la revisión pasada se usó una base de datos ya filtrada por el

RUNT, lo que significa que se hicieron agrupaciones de categorías y filtros de los datos que pudieron diferir de los elaborados con la base de datos entera. Adicionalmente, en la revisión pasada se fijó un número de vehículos para el año base (2012) de 8'164.839, con base en agrupaciones de categorías y descuento de vehículos no activos, a partir de los datos suministrados por el RUNT. Según la información en la base de datos de la flota, los vehículos activos en 2012 eran 9'095.980.



Fuente: RUNT, 2013. Elaboración propia.

Figura 7. Información histórica de la flota nacional por categoría vehicular.

La Tabla 2 muestra la información del número de vehículos y la distribución en categorías de la flota nacional con corte a diciembre de 2013. Se presentan el total de los registros, los vehículos activos (cuyo estado en la base

de datos es “Activo”) y los vehículos activos que cuentan con SOAT y revisión técnico-mecánica (RTM)⁶. Estos últimos pueden ser considerados una aproximación a los vehículos que actualmente circulan por el

⁶ Para este conteo, se excluyeron los campos que en SOAT y RTM tuvieran un “No” y se incluyeron los registros con “Sí” y “No aplica”.

país, teniendo en cuenta que la tenencia de SOAT y RTM son requisitos necesarios para que un vehículo pueda movilizarse; no obstante, hay que tener en cuenta que hay

vehículos que se mueven sin cumplir con estos requisitos y no tenemos un estimativo de cuántos pueden ser.

Tabla 2. Número de vehículos y distribución porcentual por categoría – corte diciembre de 2013.

	Vehículos registrados		Vehículos activos		Vehículos activos con SOAT y RTM	
	#	Participación	#	Participación	#	Participación
Automóviles	2.614.366	24,9%	2.499.491	24,9%	1.771.615	32,5%
Taxis	347.692	3,3%	219.581	2,2%	176.845	3,2%
Camperos	620.511	5,9%	584.271	5,8%	373.779	6,9%
Camionetas	847.692	8,1%	808.443	8,1%	580.079	10,6%
Motos	5.466.488	52,1%	5.395.101	53,8%	2.193.681	40,3%
Buses	88.221	0,8%	65.980	0,7%	39.022	0,7%
Busetas	46.693	0,4%	36.034	0,4%	22.876	0,4%
Microbuses	87.165	0,8%	77.669	0,8%	58.005	1,1%
Camiones	306.164	2,9%	280.802	2,8%	184.822	3,4%
Tractocamión	64.636	0,6%	56.735	0,6%	47.496	0,9%
Total (sin Otros)	10.489.628	100%	10.024.107	100%	5.448.220	100%
Otros ⁷	95.479		94.091		3.899	
Total	10.585.107		10.118.198		5.452.119	

Fuente: RUNT, 2013. Elaboración propia.

Del total de vehículos activos, 5'448.220 vehículos tiene SOAT y RTM (es decir, hay un registro de la documentación/trámite o no aplica), lo que significaría que solo el 54% de los vehículos registrados está posibilitado para movilizarse. Las figuras Figura 8 y Figura 9 muestran la comparación del número de vehículos registrados, activos y activos con SOAT y RTM, por categoría vehicular. No

obstante, al analizar la información del número de SOAT emitidos por Fasecolda⁸, a diciembre de 2013 se expidieron 6'488.402 pólizas SOAT en el país. Esto ratifica los inconvenientes que tiene el RUNT para llevar registro de los diferentes trámites que se hacen con los vehículos en el país.

⁷ La categoría "Otros" está conformada por las siguientes clases del RUNT: bicicleta, camión carga extensa, grúa, maquinaria agrícola, maquinaria industrial, montacargas, motoniveladora, remolque, semirremolque, tracción animal, tractor, vibrocompactadora y sin clase.

⁸ Número de pólizas expedidas por tipo de vehículo. Consultado en febrero de 2015, disponible en <http://www.fasecolda.com/index.php/ramos/soat/estadisticas-del-ramo/>.

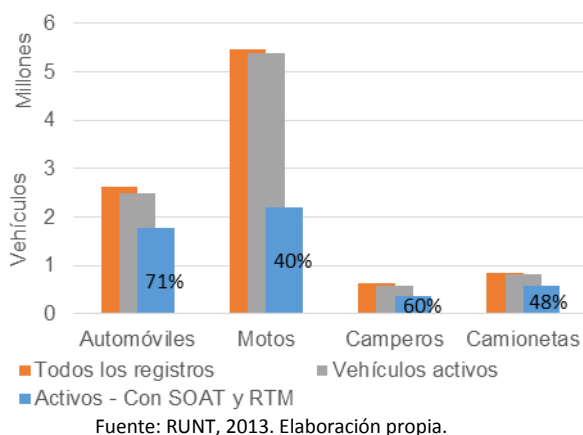


Figura 8. Comparación de vehículos activos y activos con SOAT y RTM, en el año 2013 – flota de vehículos livianos.

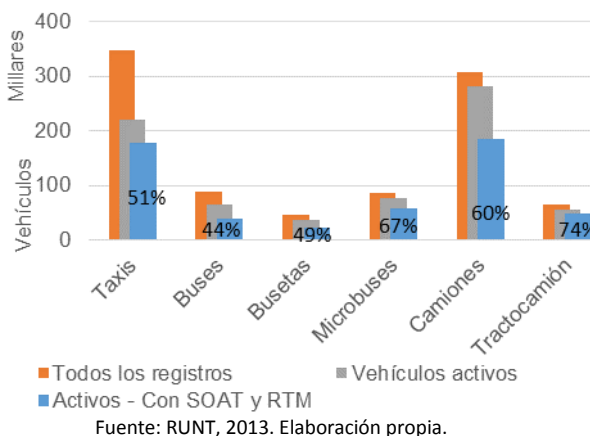


Figura 9. Comparación de vehículos activos y activos con SOAT y RTM, en el año 2013 – flota de vehículos de transporte público de pasajeros (individual y colectivo) y transporte de carga.

La Figura 10 muestra la comparación de los datos históricos del número de vehículos activos con SOAT y RTM, y el número de pólizas SOAT emitidas, según el reporte de Fasecolda. Se puede observar que en el año 2013 hubo una diferencia del 24% entre las pólizas emitidas y las pólizas registradas, solo el 84% de las pólizas emitidas quedaron registradas en el RUNT.

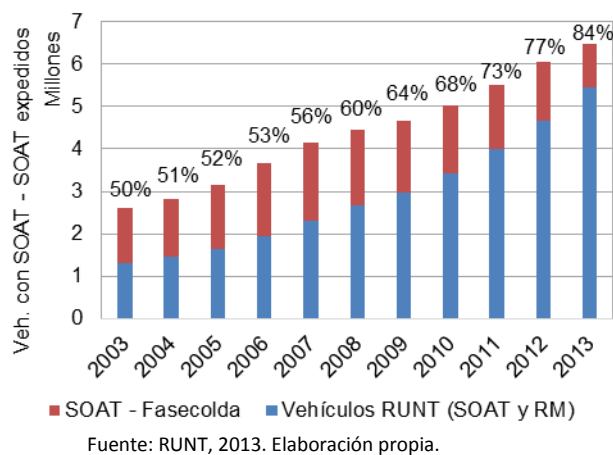
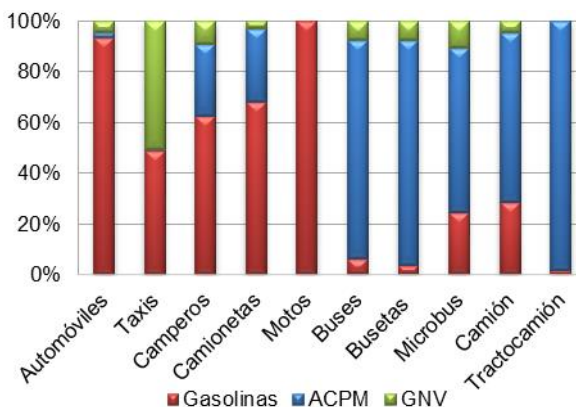


Figura 10. Vehículos registrados con SOAT vs. SOAT expedido

Este análisis es de gran utilidad para la modelación de las proyecciones de demanda de energía en el sector, pues en algunas regiones es necesario aproximarse a la distancia recorrida por la flota, y es importante saber que no todos los vehículos que están registrados en el RUNT efectivamente se mueven por el país y consumen.

En cuanto a los energéticos usados por la flota nacional, el ACPM es usado mayormente en el transporte de carga y en el transporte público (colectivo y masivo), mientras que el consumo de gasolina está principalmente asociado al transporte particular; por su parte, el GNV es usado principalmente en el transporte público individual (taxis) y vehículos livianos, pues es el principal sustituto de la gasolina. La Figura 11 muestra la distribución del consumo en el año 2012, por categoría vehicular y por tipo de combustible usado.

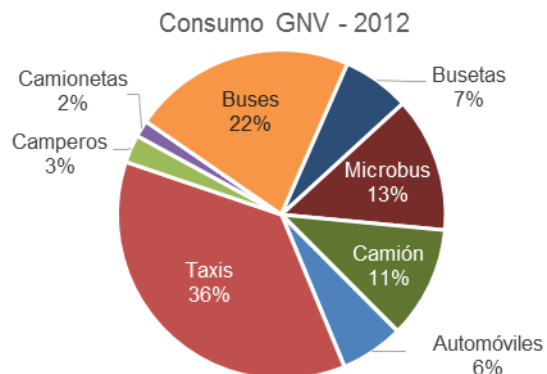
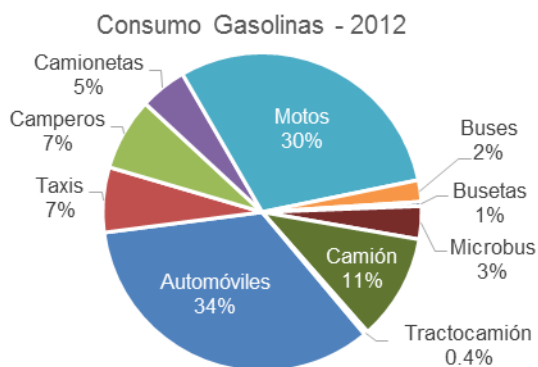
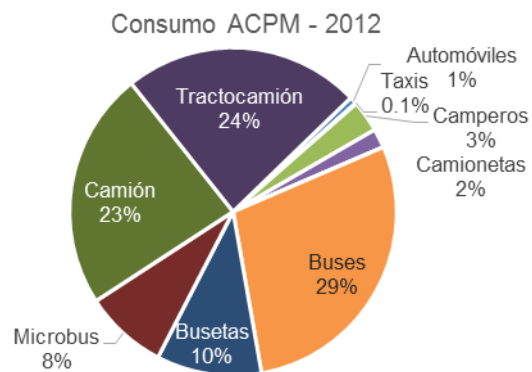


Fuente: RUNT, 2013. UPME, 2013.

Figura 11. Distribución del consumo de combustibles por energético y categoría vehicular – 2012.

Los porcentajes para construir las participaciones porcentuales de consumo de energía por categoría vehicular fueron obtenidos a partir de un ejercicio en el que se incluyó la distribución de uso de combustible de Econometría (2010), datos de conversiones vehiculares a GNV (MinMinas, 2013) y criterio experto.

La Figura 12 muestra la distribución del consumo de combustibles por categoría vehicular. Para esta revisión no fue posible incluir las cifras de distribución obtenidas en las estaciones de servicio, así que se siguió trabajando con los porcentajes de la revisión pasada.



Fuente: RUNT, 2013. MinMinas, 2013. UPME, 2013.
Elaboración propia.

Figura 12. Distribución del consumo de combustibles por categoría vehicular.

3. ANÁLISIS DE LAS CONVERSIONES VEHICULARES A GNV

La UPME, a través de la Organización Terpel S.A., obtuvo el listado de las placas de los vehículos que históricamente se han convertido a GNV, con fecha de corte noviembre de 2013; usando esta información y la base de datos del RUNT, se realizó el cruce de las bases de datos con el fin de caracterizar los vehículos que actualmente usan GNV para movilizarse. A partir de esta información fue posible obtener una aproximación a la distribución de la flota de GNV en el 2013 por categoría vehicular, tipo de servicio, año modelo, departamento de registro, entre otras.

La base de datos de placas de vehículos convertidos contiene un total de 431.963 registros, de los cuales 425.971 fueron encontrados en la base de datos del RUNT. De estas 5.991 placas que no están registradas en el RUNT, 2.408 son placas que al parecer están activas, es decir, están consumiendo GNV en las estaciones de servicio; los demás registros (3.538) aparecen como vencidos (el pin ya no está en uso). De las placas encontradas en la base de datos, el 63% (269.466 vehículos) son placas activas y el 37% restante son placas vencidas (ver Figura 13).

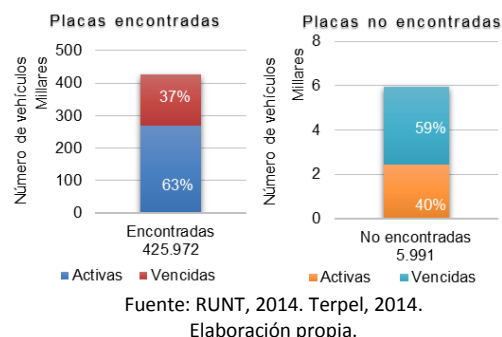
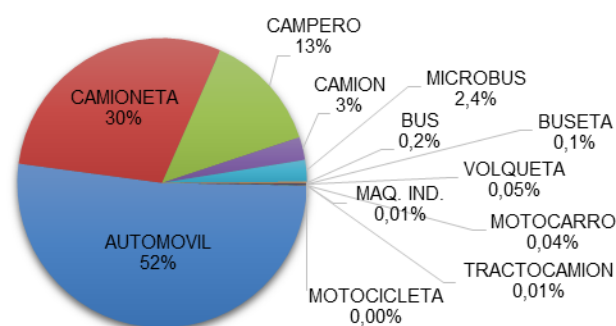


Figura 13. Registros encontrados y activos de placas convertidas a GNV en la base de datos RUNT.

Análisis de vehículos activos – consumidores de GNV

A continuación se presentan los resultados de analizar los registros activos encontrados en la base de datos del RUNT. La Figura 14 muestra la distribución de los vehículos por categoría vehicular para las placas activas que fueron encontradas en la base de datos. La mayoría de placas pertenecen a vehículos individuales (95% automóviles, camperos y camionetas); un poco menos del 5% restante corresponde a camiones y microbuses.



Fuente: RUNT, 2014. Terpel, 2014.
Elaboración propia.

Figura 14. Distribución de las conversiones por categoría vehicular - placas activas.

El uso de los vehículos convertidos activos y encontrados en el registro del RUNT se divide casi de forma igual entre público y particular, con un 45% y 54% respectivamente. Hay un poco menos de un 1% de vehículos que son de uso oficial y unos cuantos vehículos de uso diplomático y especial (ver Figura 15). Al observar la distribución por categoría vehicular, podemos observar que la mayoría de las conversiones en automóviles han sido para vehículos de uso público, los cuales se presume son en su mayoría taxis. En las categorías camioneta y campero, la mayoría de conversiones son para vehículos de uso particular (ver Figura 16).

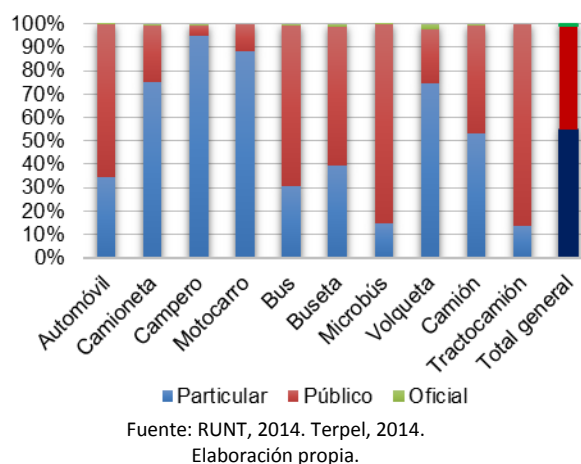
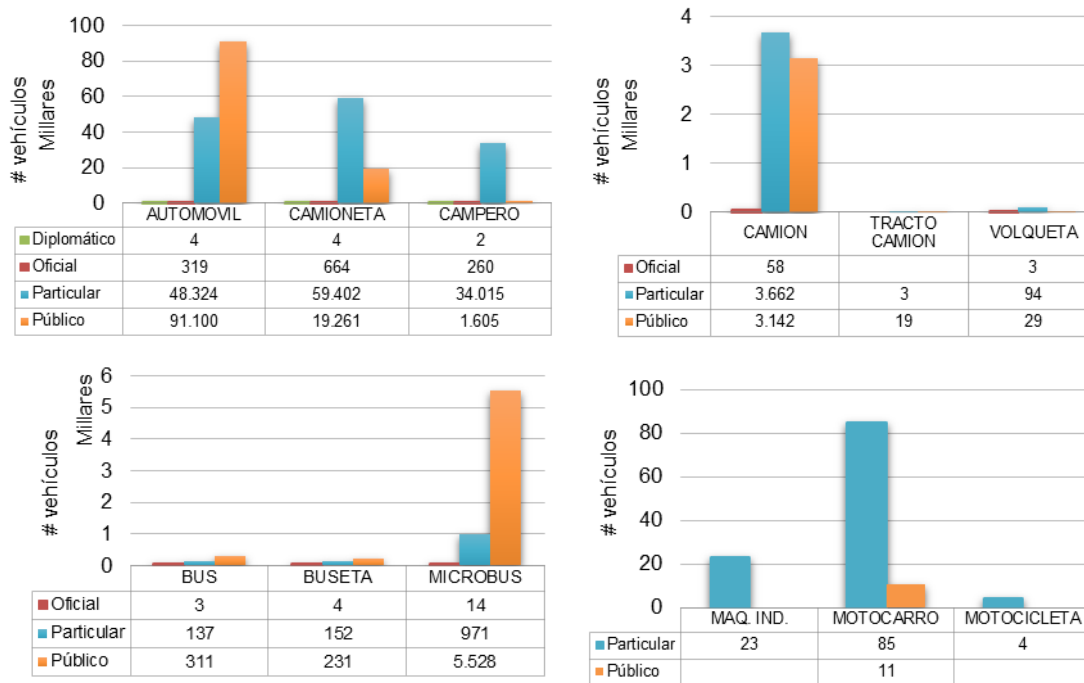


Figura 15. Distribución de vehículos por categoría y tipo de servicio.

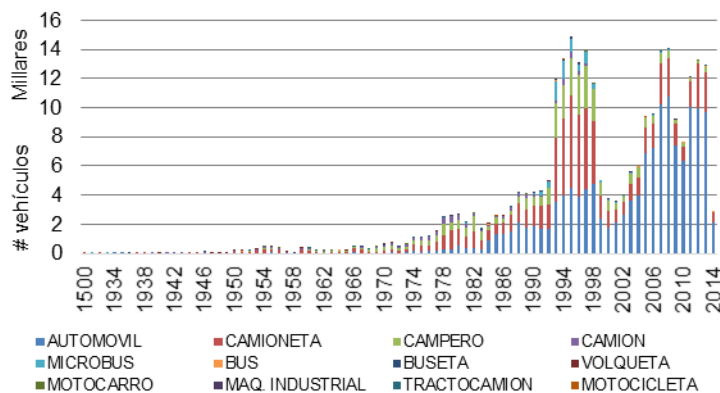


Fuente: RUNT, 2014. Terpel, 2014.
Elaboración propia.

Figura 16. Conversiones por categoría vehicular y tipo de servicio. Vehículos activos

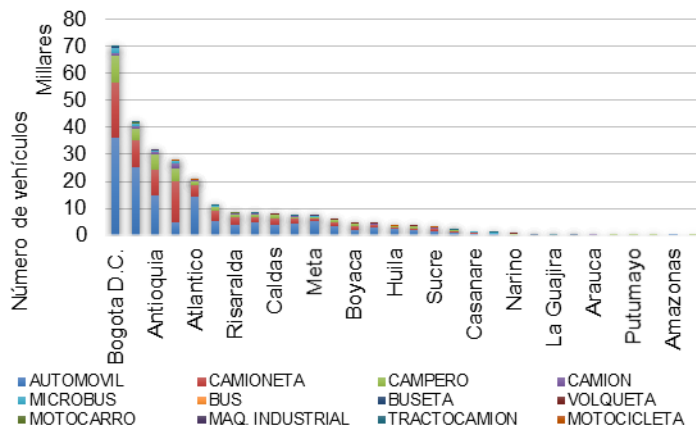
Al graficar las conversiones de los vehículos activos por año modelo se pueden identificar dos grupos de edades vehiculares en las cuales fue más frecuente que se hicieran las conversiones. La Figura 17 muestra el número de vehículos convertidos por año modelo del vehículo y categoría, del total de vehículos activos. El primer grupo de edad es el de vehículos con edades entre 16 y 21 años (modelos 1993-1998), y el segundo en

vehículos con edades entre los 9 y 2 años (modelos 2005 - 2013). La Figura 18 muestra las conversiones vehiculares por departamento, según el registro del vehículo, en los diferentes organismos de tránsito. La mayoría de las conversiones se hicieron en Bogotá, principalmente en automóviles de uso público, y camperos y camionetas de uso particular.



Fuente: RUNT, 2014. Terpel, 2014.
Elaboración propia.

Figura 17. Conversiones por año modelo del vehículo y categoría. Vehículos activos.

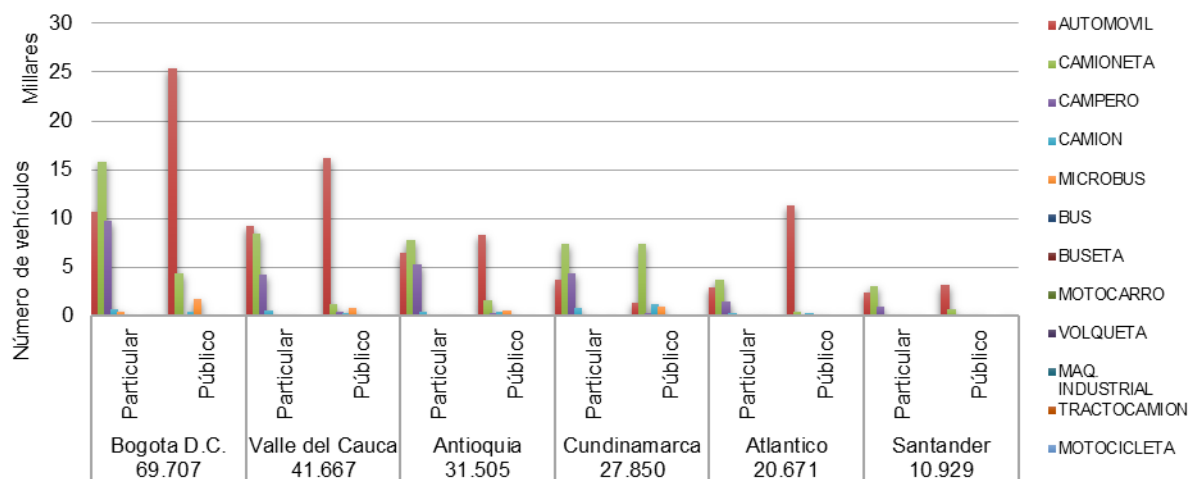


Fuente: RUNT, 2014. Terpel, 2014.
Elaboración propia.

Figura 18. Conversiones por departamento. Vehículos activos.

Los departamentos que se muestran en la Figura 19 son los 6 departamentos (incluyendo a la ciudad capital) en los que se hicieron el mayor número de conversiones

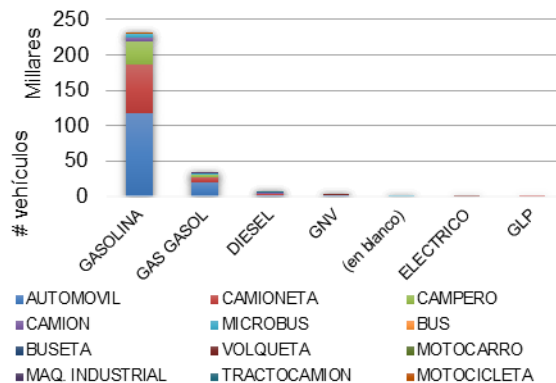
(75% del total de vehículos activos). Al igual que en Bogotá, el mayor número de conversiones se hizo en automóviles de uso público.



Fuente: RUNT, 2014. Terpel, 2014.
Elaboración propia.

Figura 19. Conversiones en las principales ciudades del país.

La mayoría de los vehículos convertidos eran vehículos que usaban gasolina como combustible (86%). No obstante, se encontraron vehículos con motor diésel y además, algunos vehículos registrados como eléctricos (2 placas, una de una volqueta y otra de un automóvil) y una camioneta a GLP, que aparentemente fueron convertidos y hoy funcionan a GNV. En el caso de los combustibles GNV y Gas Gasol, corresponden a vehículos en cuyo registro quedó consignada la conversión a GNV (ver Figura 20).

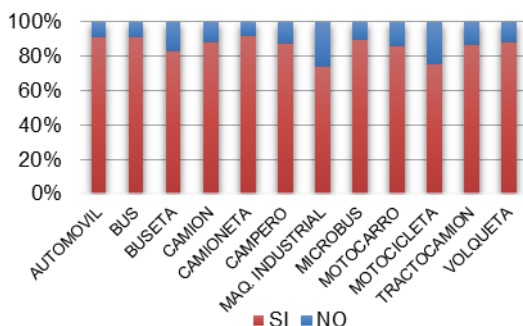


Fuente: RUNT, 2014. Terpel, 2014.
Elaboración propia.

Figura 20. Tipo de combustible de los vehículos convertidos – registros activos.

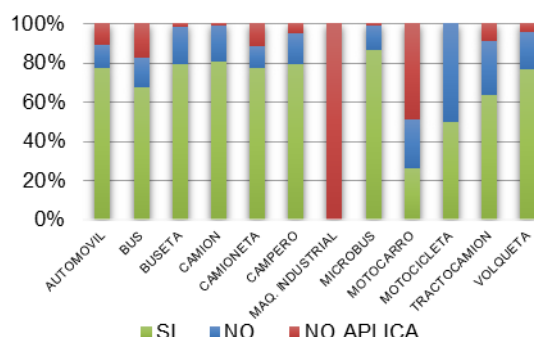
Las figuras Figura 21 y Figura 22 presentan la tenencia de SOAT y de revisión técnico-

mecánica de los vehículos activos convertidos a GNV. Un 10% de los vehículos activos no tienen SOAT, la mayoría son de automóviles, camperos y camionetas (93% del total de vehículos sin seguro). Al hablar de revisión técnico-mecánica, el 12% de los vehículos no la tiene y otro 10% no la necesita. El 97% de los vehículos que no tienen la revisión pertenecen a las categorías automóviles, camperos, camionetas y camiones.



Fuente: RUNT, 2014. Terpel, 2014.
Elaboración propia.

Figura 21. Tenencia de SOAT. Vehículos convertidos activos.



Fuente: RUNT, 2014. Terpel, 2014.
Elaboración propia.

Figura 22. Tenencia de RTM. Vehículos convertidos activos.

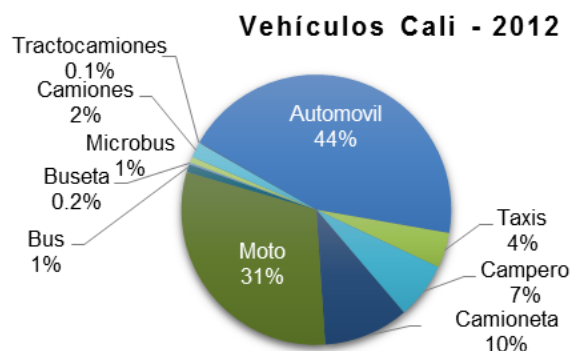
4. MOVILIDAD EN LAS PRINCIPALES REGIONES DEL PAÍS

Dando continuidad al ejercicio que viene realizando la Unidad en torno al entendimiento de la demanda de energía en el sector transporte, se enriqueció y actualizó en algunos casos, la información relacionada con la movilidad regional. Se incorporó la información de movilidad de la ciudad de Cali dentro del modelo y se desagregó del resto del país. A continuación se presenta la información de la ciudad de Cali incluida en el modelo y un resumen de la información de las áreas metropolitanas de Bogotá, Valle de Aburra y Barranquilla, y pasajeros intermunicipales utilizada (la información más detallada puede encontrarse en el documento " Proyección de Demanda de Combustibles en el Sector Transporte en Colombia. Revisión Noviembre de 2014").

4.1 Cali

Aunque en muchos estudios es frecuente encontrar análisis sobre el Área

Metropolitana de Cali⁹, en la presente revisión se incluye lo que sucede solamente en Cali en términos de movilidad. Esta ciudad es la capital del departamento del Valle del Cauca y es la tercera ciudad más grande del país en población, la cual está cerca a los 2,3 millones de habitantes. Según la información reportada por el RUNT en el 2012, la flota registrada era de 519 mil vehículos¹⁰, que corresponde al 6% de la flota total del país. La Figura 23 muestra la distribución de la flota por categoría vehicular, se observa que casi el 96% son vehículos particulares (incluyendo los taxis) y el 4% restante son vehículos de transporte público colectivo de pasajeros y de transporte de carga. Esto concuerda con el hecho de que la mayor parte del consumo energía de la ciudad provenga del uso de gasolinas (59%) y GNV (21%) (Ver Figura 24).

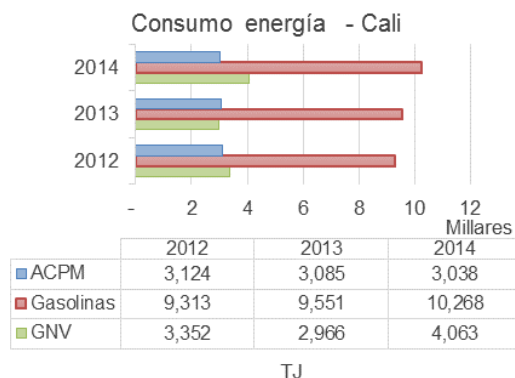


Fuente: Runt, 2013.

Figura 23. Distribución de la flota vehicular en Cali, 2012.

⁹ Aunque esta área aún no está legalmente constituida, se habla de la inclusión de los municipios de Palmira, Yumbo, Jamundí, principalmente.

¹⁰ No incluye cuatrimotos ni maquinaria, que son 1.940.



Fuente: Concentra, 2014. MinHacienda, 2014.

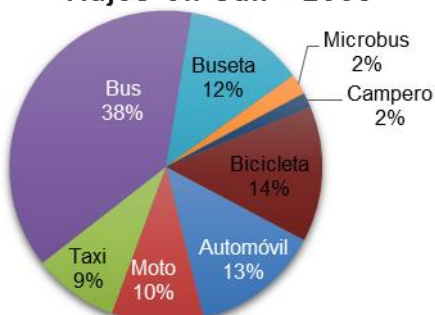
Figura 24. Consumo de energía en Cali, 2012.

La última encuesta origen – destino realizada en la ciudad se hizo en el año 2005; en ese año, se realizaban alrededor de 3.2 millones de viajes (incluyendo los viajes a pie) y el modo principal de transporte era el bus. La Figura 25 muestra la distribución de los viajes por modo de transporte, sin incluir los viajes a pie, que representan aproximadamente un 24% del total. En esta ciudad los viajes en bicicleta tienen una participación muy importante, comparada con la participación de este modo en las regiones analizadas¹¹. Algo similar sucede con la moto, cuya participación es bastante cercana a la participación de los viajes en transporte particular. En cuanto al transporte público, esta encuesta no incluye los viajes en el MIO pues este entró en operación en el 2009; no obstante, se asume que el total de viajes en TPC (40%) se mantiene constante y solo se dio

¹¹ Cabe anotar que el año de realización de las encuestas es distinto; sin embargo, se puede asumir que la distribución no ha cambiado significativamente.

una redistribución interna entre los viajes en TPC y en el transporte masivo.

Viajes en Cali - 2005



Fuente: Elaboración propia. PLAMACIR¹², 2005.

Figura 25. Distribución de viajes en Cali, 2005.

La Tabla 3 muestra los indicadores de operación del transporte en la ciudad suministrados por el Ministerio de Transporte y la Universidad del Norte, los cuales fueron utilizados para calcular los kilómetros recorridos por los vehículos de esta ciudad.

Tabla 3. Indicadores de operación del transporte en Cali.

	Ocupación promedio	Distancia prom. recorrida
	pax/viaje	km/viaje
Automóviles	1,20	16,7
Taxis	0,63	5,3
Camperos	1,20	16,7
Camionetas	1,20	16,7
Motos	1,12	5,7
Distancias recorridas		
	IPK	km/año
TPC	1,10	-
MIO - Troncal	7,18	-
MIO - Sin troncal	1,58	-
Camión	-	20.000
Tractocamión	-	25.000

¹² Plan Maestro de Ciclo-rutas para Santiago de Cali, desarrollado por Departamento Administrativo de

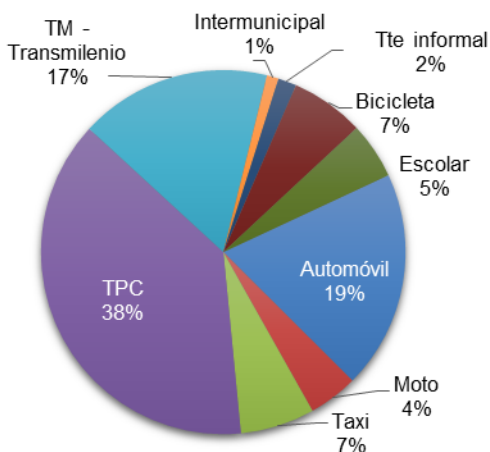
4.2 Áreas Metropolitanas: Bogotá, Barranquilla y Valle de Aburrá.

A continuación se presenta la información más importante de las áreas metropolitanas evaluadas de forma individual dentro del modelo. Para más información sobre estas, se recomienda consultar el documento *Proyección de Demanda de Combustibles en el Sector Transporte en Colombia. Revisión noviembre de 2014.*

Planeación Municipal (DAPM) del Municipio de Santiago de Cali.

Viajes realizados en el área metropolitana (distribución sin incluir viajes a pie)

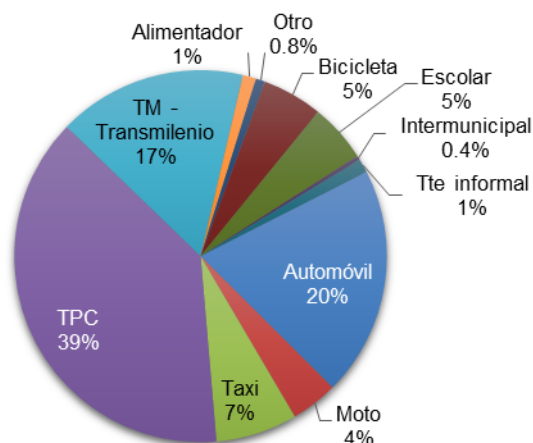
Viajes en AM Bogotá - 2011



Fuente: SDM, 2011. Elaboración propia.

Figura 26. Distribución de viajes en el AMB.

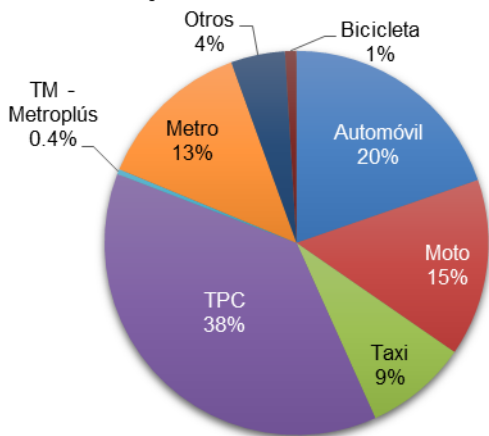
Viajes en Bogotá - 2011



Fuente: SDM, 2011. Elaboración propia.

Figura 27. Distribución de viajes en el AMB.

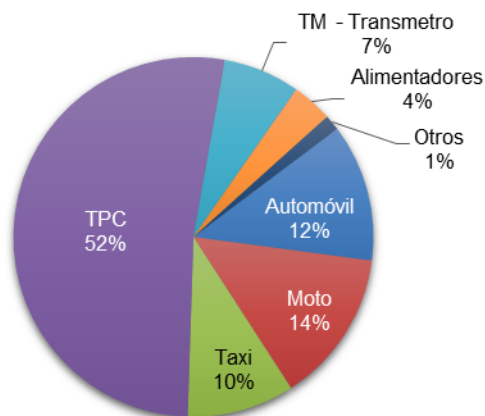
Viajes en el AMVA - 2012



Fuente: AMVA, 2013.

Figura 28. Distribución de viajes en el AMVA.

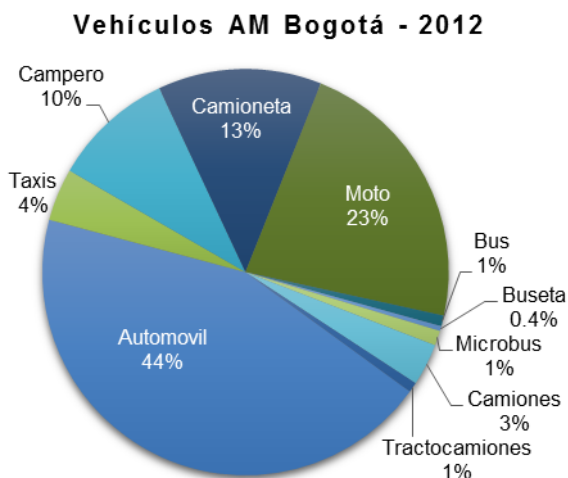
Viajes en AM Barranquilla - 2011



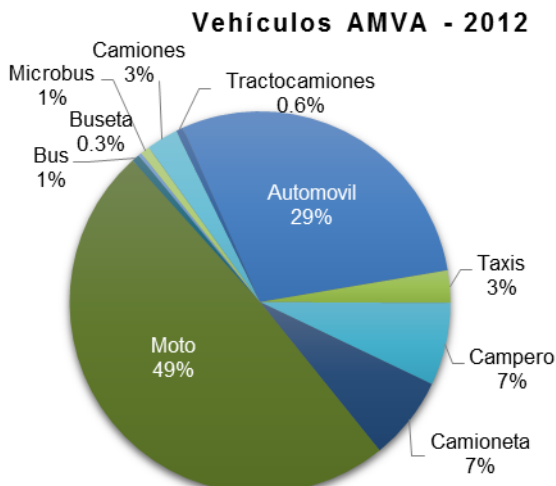
Fuente: Universidad del Norte, 2013. Elaboración propia.

Figura 29. Distribución de los viajes en el AMBarranquilla.

Distribución de la flota



Fuente: SDM, 2011 & RUNT, 2014. Elaboración propia.



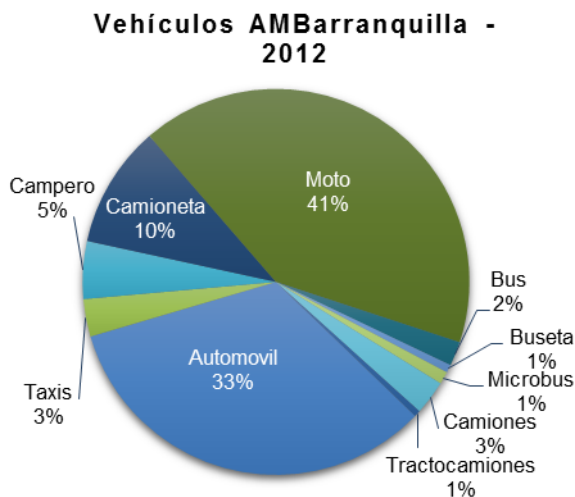
Fuente: Runt, 2013.

Figura 30. Participación de los vehículos en el AM Bogotá en el total nacional.

Figura 31. Distribución de la flota vehicular en el AMVA, 2012.

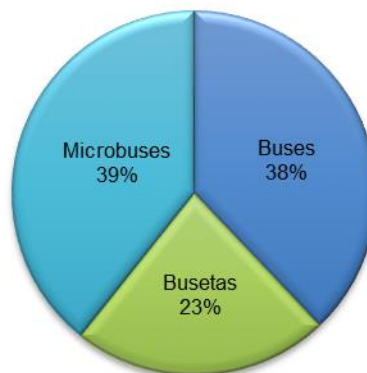
Número de vehículos: 2'444.751

Número de vehículos: 1'056.316



Fuente: Runt, 2013.

Vehículos transporte público intermunicipal - 2012



Fuente: Ministerio de Transporte, 2013. Elaboración propia.

Figura 32. Distribución de los vehículos por categoría vehicular en el AM Barranquilla.

Figura 33. Distribución de los vehículos de transporte público intermunicipal por categorías.

Número de vehículos: 202.488

Número de vehículos: 25.183

La Figura 34 muestra el porcentaje acumulado de la flota en las regiones evaluadas versus el total de la flota nacional en el año base. Las tres áreas metropolitanas y la ciudad de Cali tienen el 52% del total de los registros activos de vehículos en el país; de este porcentaje, un 59% son automóviles, camperos y camionetas, un 31% son motos, un 4% son taxis, un 4% son vehículos de carga y un 2% vehículos de transporte público de pasajeros.

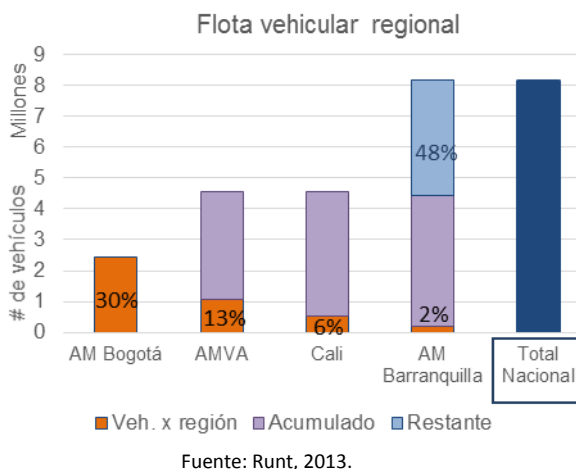


Figura 34. Proporción de la flota regional del total nacional.

En el caso de la información operativa de los modos de transporte en las regiones, en la presente revisión se hicieron algunos ajustes, conforme se fue obteniendo información más actualizada o precisa. En las siguientes tablas (tablas Tabla 4, Tabla 5, Tabla 6 y Tabla 7) se muestra un resumen con los datos operativos usados para cada área metropolitana y para el análisis de los vehículos intermunicipales de pasajeros. Los datos operativos de estos últimos se obtuvieron de la información

reportada en los documentos Transporte en cifras publicados por el Ministerio de Transporte en 2010, 2011 y 2012. Dentro de la información de reportada en las tablas, se incluyeron los datos del Índice Pasajero Kilómetro (IPK), que son un indicador en el transporte público de pasajeros que permite dimensionar el número de pasajeros transportados por un kilómetro recorrido; es una medida de eficiencia de los sistemas de transporte público con la cual se evalúa la ocupación de los vehículos. Este índice se utilizó con dos objetivos: 1) en las áreas metropolitanas de Medellín y Barranquilla (y también en Cali, como se explicó anteriormente) se utilizó el IPK para estimar los kilómetros recorridos por los vehículos de transporte público de pasajeros; 2) en todas las regiones, se utilizó como indicador de la eficiencia de los sistemas de transporte público en el escenario de ciudades sostenibles, que se encontrará en la sección 5.4.

Información operativa de la flota

Tabla 4. Indicadores de operación del transporte en AMBog.

	Ocupación promedio pax/viaje	Distancia prom. Recorrida km/viaje	
Automóviles	1,53	12	
Taxis	1,75	6,6 ¹³	
Camperos	1,53	12	
Camionetas	1,53	12	
Motos	1,19	14	
	Distancias recorridas		
	km/día-veh	IPK	km/año
Buses	330 ¹⁴	1,41	-
Busetas	171	1,33	-
Microbuses	225	0,89	-
Articulados	-	5,16	86.710 ¹⁵
Alimentadores	-	7	74.750
Camión	-	-	28.000 ¹⁶
Tractocamión	-	-	31.000

Tabla 5. Indicadores de operación del transporte en AMVA.

	Ocupación promedio pax/viaje	Distancia prom. recorrida km/viaje	
Automóviles	1,58	9,4	
Taxis	0,72	8,5	
Camperos	1,58	9,4	
Camionetas	1,58	9,4	
Motos	1,23	6,1	
	Distancias recorridas		
	IPK	km/año	
Buses	1,65	-	
Microbus	1,2	-	
Articulados	5	-	
Alimentador Buseton	2	-	
Alimentador Padrón	3	-	
Metro	5	-	
Camión	-	20.000	
Tractocamión	-	25.000	

Tabla 6. Indicadores de operación de vehículos intermunicipales de pasajeros.

Ocupación promedio	Distancia prom. recorrida
pax/viaje	km/viaje
13,6	371

¹³ Este valor se modificó con base en la distancia promedio recorrida por los taxis de Bogotá reportada por Codensa (2014).

¹⁴ Valor reportado a la Unidad por Transmilenio en el 2014, en el marco de solicitud de incentivos por tecnologías más limpias.

¹⁵ Este valor es del año 2012. Según el Observatorio de Movilidad de 2013, en este año se recorrieron 95.586km/año por vehículo.

¹⁶ Este factor de actividad y el de tractocamiones son tomados del Plan Decenal de Descontaminación del aire para Bogotá (2010).

Información operativa de la flota

Tabla 7. Indicadores de operación del transporte en AMBarranquilla.

	Ocupación promedio	Distancia prom. recorrida
	pax/viaje	km/viaje
Automóviles	1,63	12
Taxis	1,12	9
Camperos	1,63	12
Camionetas	1,63	12
Motos	1,31	12
Distancias recorridas		
	IPK	km/año
Buses	1,4	-
Busetas	1,5	-
Microbuses	1,0	-
Articulados	6,0	-
Alimentadores	2,6	-
Camión	-	45.000
Tractocamión	-	86.000

4.3 Aportes regionales a consumos en el país

La Figura 35 muestra el porcentaje acumulado de la energía en las regiones evaluadas versus el total de la energía consumida en el año base. En las regiones desagregadas (las tres áreas metropolitanas y la ciudad de Cali) se consume el 39% de la energía del país, siendo el AM Bogotá una región muy importante, pues en esta se consume el 20% del total nacional. Las figuras Figura 36, Figura 37 y Figura 38 muestran el consumo de energía por energético y por área metropolitana.

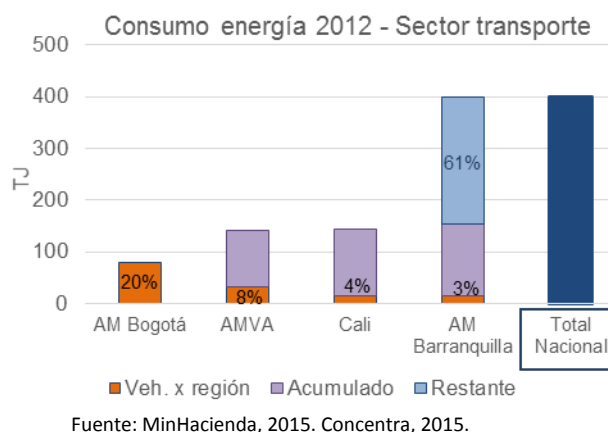
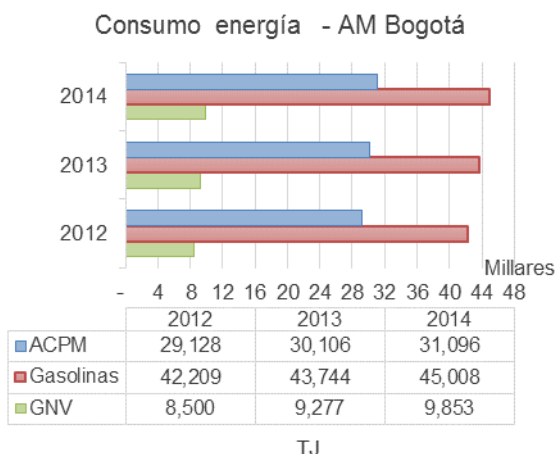


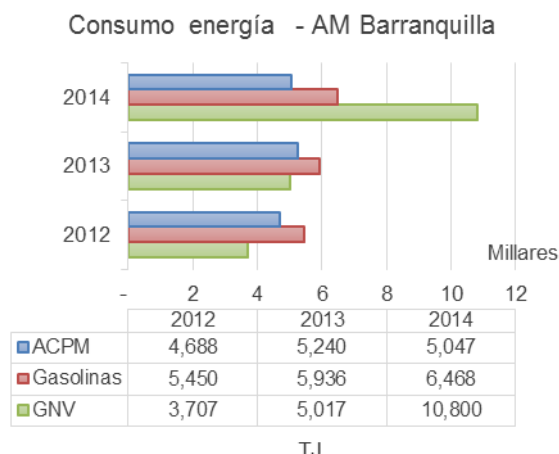
Figura 35. Proporción del consumo de energía en las regiones seleccionadas, del total nacional.

Consumo regionales de energía



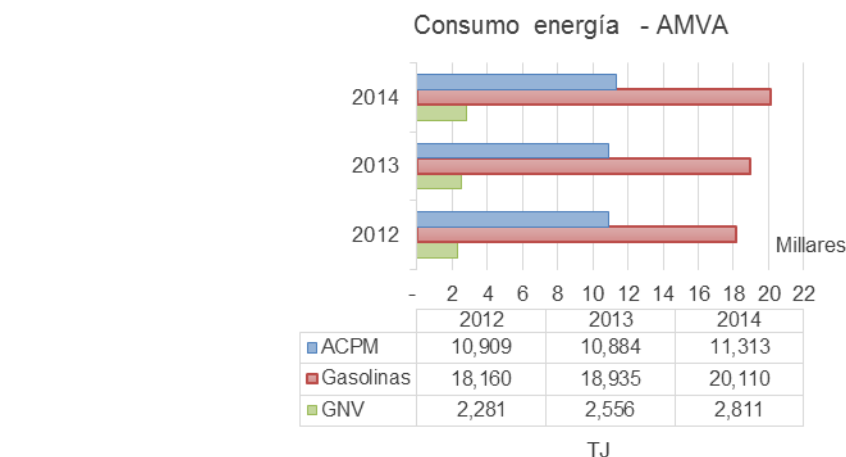
Fuente: MinHacienda, 2015. Concentra, 2015.

Figura 36. Consumos de energía AM Bogotá.



Fuente: MinHacienda, 2015. Concentra, 2015.

Figura 37. Consumos de energía AM Barranquilla.



Fuente: MinHacienda, 2015. Concentra, 2015.

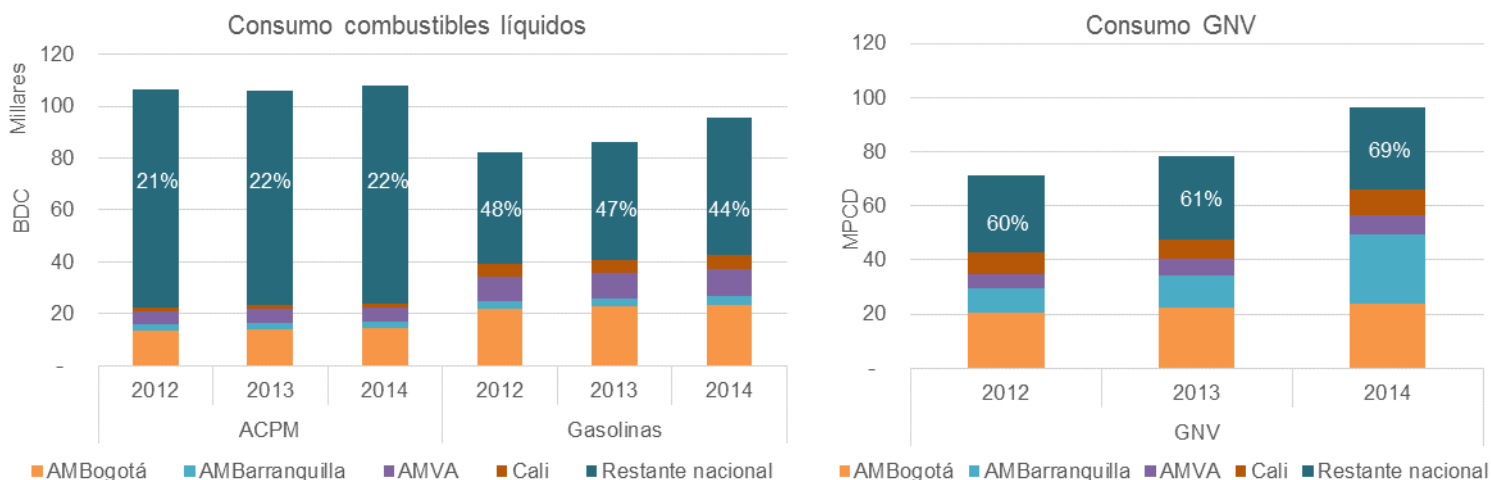
Figura 38. Consumos de energía AMVA.

La Figura 39 muestra la distribución del consumo de combustibles en las regiones desagregadas y analizadas, con respecto al total nacional. En las regiones analizadas se da el 21% del consumo nacional de ACPM, el 48% del consumo nacional de gasolinas y el

60% del consumo de GNV. Es importante mencionar que los datos del año 2014 aún se encuentran en revisión, pues se han encontrado crecimientos anormales el consumo de GNV en Atlántico o el comportamiento casi constante del consumo

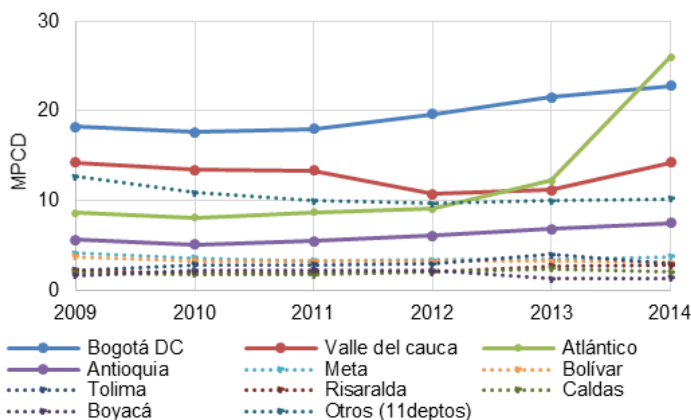
de ACPM, por ejemplo, y estamos buscando con las entidades que nos suministran los datos el porqué de estos comportamientos. La Figura 40 muestra los crecimientos en volumen del consumo de GNV en las regiones

desagregadas, desde el año 2009 (año a partir del cual Concentra consolidó la información). Se puede evidenciar el ejemplo del consumo atípico en Atlántico.



Fuente: MinHacienda, 2015. Concentra, 2015.

Figura 39. Distribución del consumo de combustibles en las regiones desagregadas, con respecto al total nacional.



Fuente: Concentra, 2015. Elaboración propia.

Figura 40. Consumo histórico por departamento.

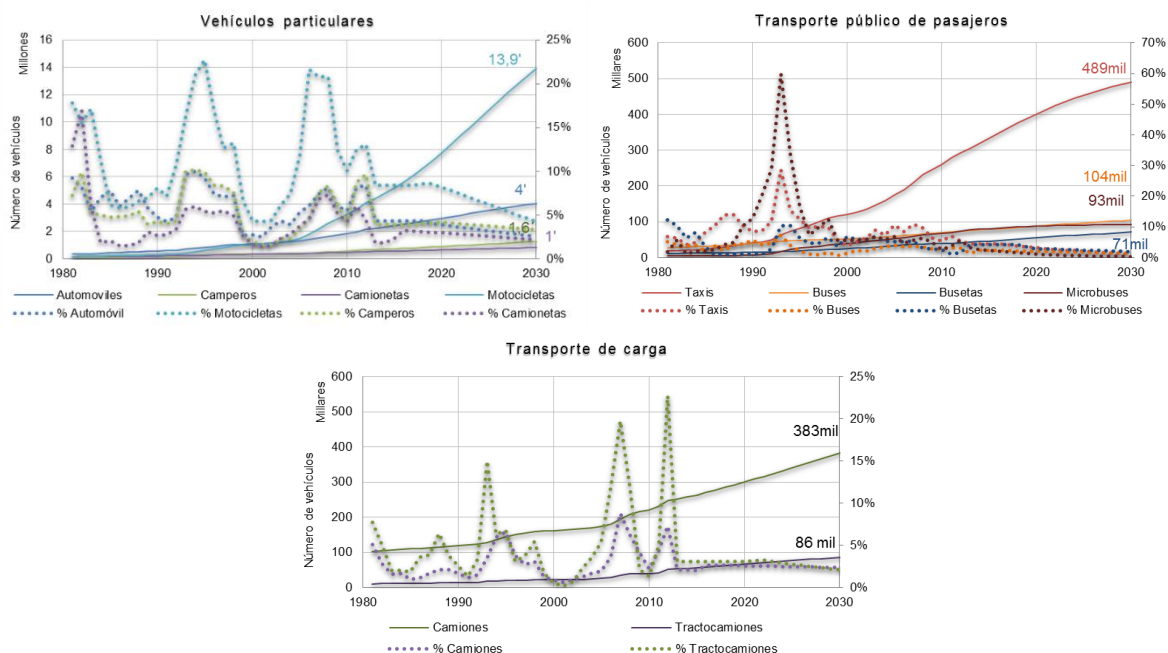
5. PROYECCIÓN DE DEMANDA DE ENERGÍA DEL SECTOR TRANSPORTE POR TIPOS DE ENERGÉTICOS Y ESCENARIOS

5.1 Proyecciones de movilidad

Para la construcción de las proyecciones de demanda de combustibles para el transporte carretero se construyeron proyecciones de la flota nacional y de los viajes realizados, esto último para aquellas áreas metropolitanas sobre las que se tenía información y para el segmento de transporte interurbano. El presente informe el análisis de la movilidad de la ciudad de Cali de forma independiente.

5.1.1 Proyecciones de vehículos

La flota vehicular se proyectó usando un algoritmo genético con el que se buscó que, con base en la información histórica tanto de la flota como de la economía y demografía del país, el número de vehículos por categoría creciera con un comportamiento similar al de una curva de saturación del mercado. La Figura 41 muestra las curvas de crecimiento de la flota por categoría vehicular para el segmento de vehículos particulares, transporte público de pasajeros y vehículos de carga.



Fuente: RUNT, 2013. Elaboración propia.

Figura 41. Proyección del parque por categorías vehiculares.

A continuación se muestran las tasas de crecimiento geométricas tanto de los datos

históricos como de la proyección, para cada categoría vehicular. La categoría con mayor

crecimiento es la de motos, que serían 18 millones en 2040 de continuar con un crecimiento tendencial, seguida por los automóviles. Este modelo asume que parte del crecimiento que deberían tener los automóviles es absorbido por las motos, y es por esto que el número de automóviles en 2040 y su tasa de crecimiento son menores a los proyectados con otras metodologías y en otros estudios (p.e. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014; Universidad de los Andes 2008).

La Figura 42 muestra la proyección del parque automotor nacional resultante de este ejercicio. Según los resultados de esta metodología, se llegaría a un parque de 21,3 millones de vehículos en 2030, con una tasa de crecimiento promedio anual de 5,4%.

Tabla 8. Tasas de crecimiento de la flota – datos históricos y proyección.

	Histórica		Proyección
	1980-2012	2007-2012	2013-2030
Automóviles	6%	7%	4%
Taxis	9%	7%	3%
Camperos	6%	7%	4%
Camionetas	4%	5%	3%
Motocicletas	12%	14%	7%
Buses	3%	3%	2%
Busetas	5%	2%	3%
Microbuses	9%	5%	1%
Camiones	3%	5%	2%
Tractocamiones	5%	8%	3%
Total flota	7%	10%	5%

Fuente: RUNT, 2013. Elaboración propia.

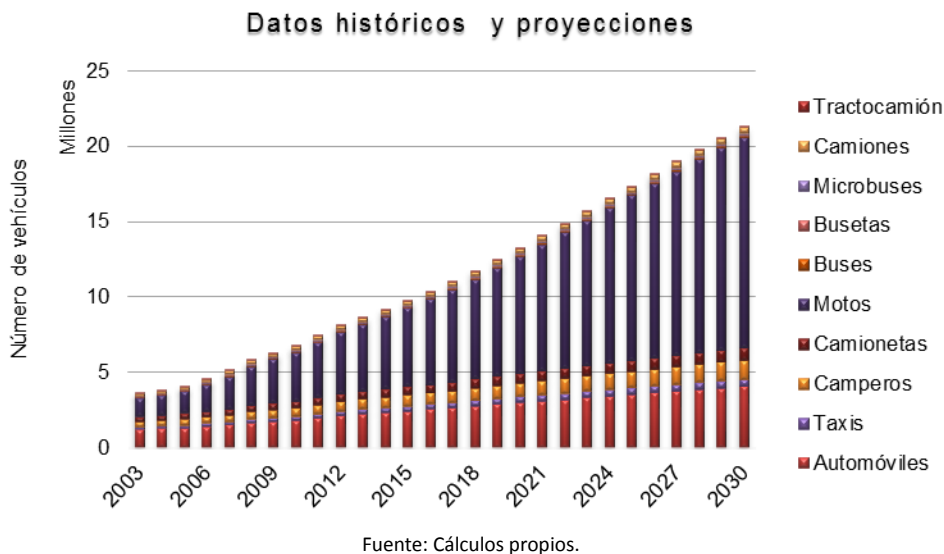


Figura 42. Proyección del parque automotor nacional.

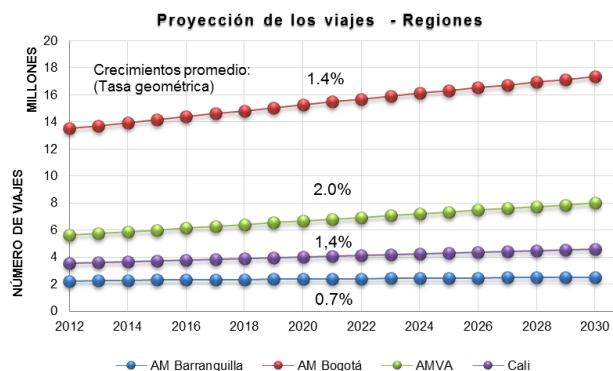
5.1.2 Proyecciones de movilidad

Los viajes en las 4 regiones analizadas (3 áreas metropolitanas y una ciudad) se proyectaron usando las proyecciones de población elaboradas por la Unidad. Estas proyecciones se construyeron usando modelos de series de tiempo con frecuencia anual, tomando como fuentes primarias de información las proyecciones de población del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE), las de CELADE¹⁷ y las proyecciones de población nacionales construidas por la Subdirección de Demanda de la Unidad (ver ANEXO 2). Por su parte, el crecimiento de los pasajeros interurbanos se proyectó usando la proyección de PIB elaborada por la Unidad, la cual se elaboró teniendo en cuenta las perspectivas del Ministerio de Hacienda y el Banco de la República (BANREP), y las proyecciones estimadas por el Fondo Monetario Internacional (FMI).

✓ Viajes por región

Utilizando las proyecciones de población anteriormente mencionadas y los viajes suministrados por la Universidad del Norte, se estimaron las tasas de crecimiento anual de los viajes y los viajes per cápita para cada región; en los años en los que no se tenía dato de viajes, se usó la población y los viajes per cápita para estimarlos. Esta aproximación difiere de la usada en la revisión de las proyecciones pasada, y por esto el horizonte de viajes para algunas ciudades difiere un

poco respecto a lo presentado en el documento anterior. La Figura 43 muestra la proyección de los viajes en las cuatro regiones y el crecimiento promedio anual (tasa geométrica) para cada una; estos viajes incluyen aquellos que se realizan en medios no motorizados (caminata y bicicleta), y en el caso del AM de Barranquilla no incluyen la categoría “Otros”¹⁸.



Fuente: DANE, 2015; Uninorte, 2013. Elaboración propia.

Figura 43. Proyección de viajes en las cuatro regiones analizadas.

En el caso del AM de Bogotá, hay un crecimiento del 31% de los viajes en un horizonte de 19 años, llegando a 17,4 millones de viajes en el 2030. En el caso del AMVA se observa un incremento del 43%, con 4,5 millones en el último año de análisis. En el caso del AM de Barranquilla, tenemos un crecimiento más conservador, con un incremento del 13% en el periodo de análisis; este porcentaje es producto de tener 2,2 millones de viajes en 2011 y 2,5 millones de

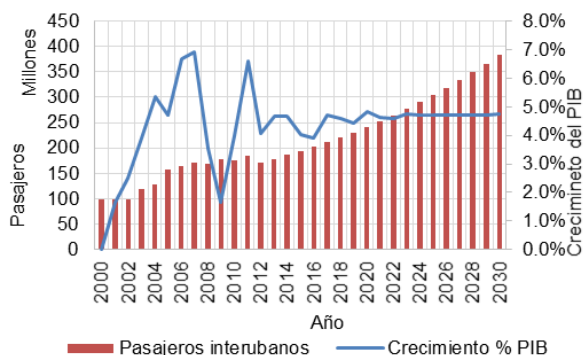
¹⁷ Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía, adscrito a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

¹⁸ Esta categoría agrupa alrededor de 22.000 viajes/día en 2011.

viajes en 2030. La ciudad de Cali también presenta un crecimiento de 28% en el periodo de análisis, producto de 3,5 millones de viajes en 2012 y 4,5 millones de viajes en 2030.

✓ Transporte interurbano de pasajeros

A partir de la relación encontrada del crecimiento de los viajes en este segmento con el crecimiento del PIB, la cual fue mencionada anteriormente, se proyectaron los viajes de este segmento del transporte usando las tasas de crecimiento del PIB proyectadas por el DANE, hasta el año 2030 (ver Figura 44).



Fuente: MinTransporte & DANE, 2013. Elaboración propia.

Figura 44. Proyección de viajes de pasajeros interurbanos.

Se observa un crecimiento anual promedio de los viajes del 4,6% (tasa geométrica), llegando a 28,2 millones de viajes en el 2030. Esta es la misma tasa potencial del PIB que se espera en el largo plazo. Cabe anotar que estos viajes solo contemplan aquellos viajes que son contabilizados en las terminales de transporte en el país, es decir, no están incluidos los viajes que realizan aquellos pasajeros que son recogidos fuera de las

terminales o aquellos viajes intermunicipales realizados por las llamadas “rutas piratas”.

5.2 Proyecciones de demanda

A continuación se presentan las proyecciones de demanda por energético el escenario base.

5.2.1 Definición del escenario base

Para el caso del transporte carretero, las proyecciones de demanda se construyeron a partir de la proyección del crecimiento del parque automotor nacional y de los viajes en un horizonte de 20 años, y usando diferentes supuestos sobre la edad promedio de la flota, la evolución de los rendimientos y de los factores de actividad para cada categoría vehicular. El año base seleccionado para calibrar la proyección fue el 2012.

Para esta revisión se presenta el escenario base, el cual adicional al uso del crecimiento de la flota proyectado con base en los drivers de crecimiento asociados a cada categoría vehicular y de los viajes por región, tiene en cuenta los siguientes supuestos:

- ✓ La distancia recorrida por año disminuye conforme aumenta la edad de los vehículos; por ejemplo, un automóvil que recorría 12.000km/año en su primer año de uso acaba recorriendo alrededor de 7.000km/año a los 15 años de uso.
- ✓ El rendimiento, entendido como la distancia recorrida por volumen de combustible consumido, se reduce conforme aumenta la antigüedad de los vehículos; así mismo, a partir del 2013 hay un aumento del rendimiento de los

vehículos que entran en operación año a año. Se asume una misma tasa de crecimiento/reducción del rendimiento año a año del 0,1%, de acuerdo con el *Global Fuel Economy Initiative*¹⁹

- ✓ Es importante mencionar que, en comparación con la revisión de las proyecciones de demanda de combustibles de noviembre de 2014, en esta revisión se sustrajo del escenario base el supuesto del impulso al uso del GNV en transporte pesado y se incluyó como un supuesto en un escenario de tecnología alternativo.
- ✓ Cada categoría de la flota mantiene la misma edad promedio en el horizonte de análisis; esta edad media fue calculada desde el año 2003 hasta el 2012, y se obtuvo un promedio de las edades desde 2007 hasta 2012 para cada categoría (ver Tabla 9). Para este cálculo se usó la información suministrada por el RUNT del número de vehículos por año modelo para cada categoría vehicular.

Tabla 9. Edad promedio por categoría de la flota nacional – promedio 2007-2012.

Edad promedio	
Automóvil	15
Taxis	11
Campero	19
Camioneta	16
Motocicleta	8
Bus	22
Buseta	17
Microbus	12
Camión*	23
Tractocamión	16

*Incluye las volquetas.

Fuente: RUNT, 2013. UPME, 2013. Elaboración propia.

A continuación se presenta el escenario base junto con el rango en el que posiblemente se moverá el consumo de combustibles en el sector. Este rango fue construido asumiendo una variación del crecimiento del parque y de los viajes más moderado en el escenario bajo y más optimista en el escenario alto, como función de la tasa promedio de crecimiento del PIB ($\pm 0,3\%$) y de la población ($\pm 0,2\%$) en el periodo de análisis.

5.2.2 Proyección de demanda de ACPM

Dado que el ACPM es un combustible que no solo es usado para el transporte carretero sino también en los modos marítimo, fluvial y ferroviario, se realizó un análisis de series de tiempo para construir la proyección de demanda de ACPM en estos modos. La Figura 45 muestra la información histórica de consumo y la proyección de demanda de ACPM en los que hemos llamado “Otros modos”, junto con las tasas de crecimiento

¹⁹ Tomado de:
<http://www.globalfueleconomy.org/Documents/Publications/gfei-newsletter-07.pdf>

para cada uno. El modo de mayor consumo de ACPM es el modo marítimo, con 11.243BDC en el año base, seguido por el modo fluvial y el modo ferroviario, con consumos de 5.258BDC y 921BDC en el mismo año. Con base en el análisis, las tasas de crecimiento en el periodo de análisis de la demanda en cada modo fueron 2,5% y 3% para los dos últimos, y se alcanzaron demandas en el 2030 de aproximadamente 17.600BDC, 1.500BDC y 8.700BDC, respectivamente. Esto bajo un escenario en el que no hay implementación de políticas de infraestructura o intercambio modal, es decir un escenario *business as usual* (BAU).

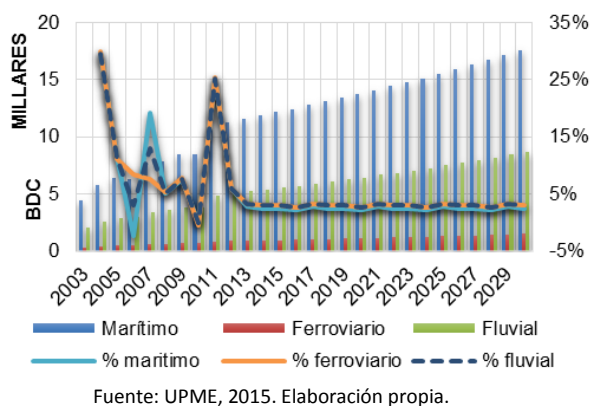


Figura 45. Consumo histórico y proyección de demanda de ACPM – otros modos.

La demanda total de ACPM para el sector transporte se obtiene al agregar la demanda del modo carretero con la de los “Otros modos”. La Figura 46 muestra la demanda de ACPM en el escenario base y el crecimiento porcentual del escenario.

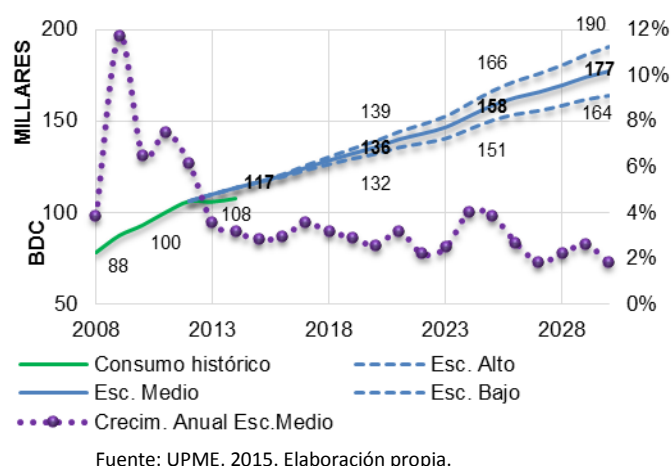


Figura 46. Demanda de ACPM del sector transporte.

En el escenario base, el crecimiento anual promedio de la demanda es 2,9% en el periodo de análisis, alcanzándose una demanda de 177kBDC en el año 2030. La diferencia de 15kBDC al comparar este dato con las proyecciones de la revisión de noviembre se deben a que en el escenario base ya no se tiene en cuenta la masificación del GNV en el transporte pesado, por lo que aumenta el consumo de ACPM.

Los cambios en la tasa anual que se observan entre el año 2022 y el 2025 están relacionados con la chatarrización de vehículos, pues en ese periodo salen de circulación un número importante de buses y camiones, según los supuestos.

El rango de crecimiento de consumo de ACPM está entre 164kBDC y 190kBDC en el año 2030. La Tabla 10 muestra los porcentajes de desviación del escenario medio, para los escenarios alto y bajo.

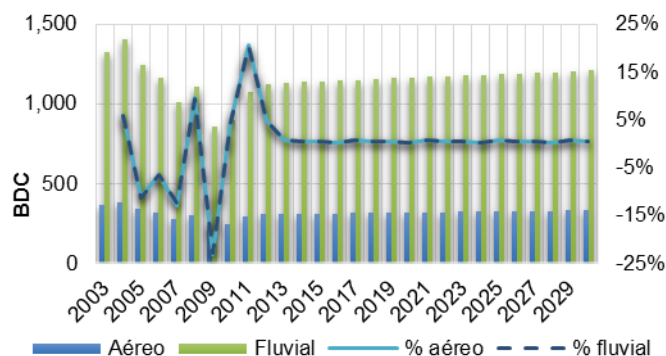
Tabla 10. Deviación porcentual de los escenarios alto y bajo, en proyección de ACPM.

	ACPM	
	Esc. Alto	Esc. Bajo
2016	0,5%	0,5%
2017	1,0%	1,0%
2018	1,5%	1,5%
2019	2,0%	2,0%
2020	2,5%	2,5%
2021	3,0%	3,0%
2022	3,5%	3,5%
2023	4,1%	4,0%
2024	4,5%	4,4%
2025	5,0%	4,9%
2026	5,5%	5,4%
2027	6,0%	5,9%
2028	6,5%	6,3%
2029	7,0%	6,8%
2030	7,5%	7,3%

Como se pudo ver en la Figura 12, la mayoría del consumo de este energético (más del 90%) se da en el transporte pesado, siendo el transporte de carga un 47% y el transporte público de pasajeros un 47%.

5.2.3 Proyección de demanda de gasolinas

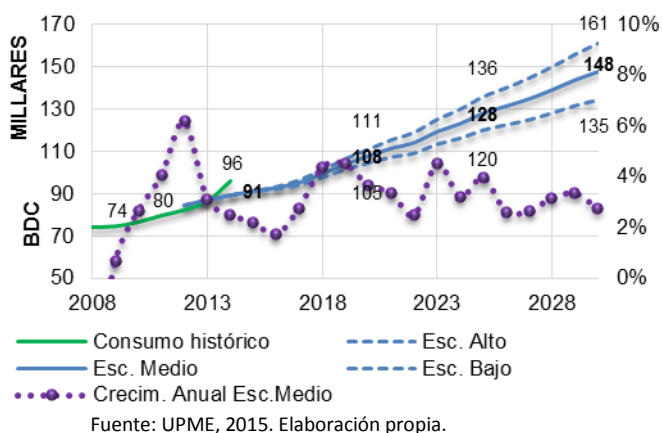
Del consumo total de gasolinas (corriente y extra) en el país, hay un 2% que corresponde a consumo en el modo fluvial y aéreo. El consumo de estos modos en la actualidad es de alrededor de 1,4kBDC, siendo el transporte fluvial el mayor consumidor. Al igual que en el caso anterior, la proyección de la demanda en estos modos se hizo usando un análisis de las series históricas. La Figura 47 muestra la proyección del consumo de gasolinas en el transporte fluvial y aéreo. La tasa de crecimiento anual promedio de la demanda en estos dos modos es de 0,38%.



Fuente: UPME, 2015. Elaboración propia.

Figura 47. Proyección de demanda de gasolinas en el modo fluvial y aéreo.

La Figura 48 muestra la proyección total de demanda de gasolinas para el sector transporte. El consumo total del sector en el escenario base, agregando los tres modos, sería 148kBDC para el año 2030, y la tasa crecimiento media anual sería de 3,2%. Al igual que para el ACPM, las diferentes tasas de crecimiento año a año responden a lo que sucede con la chatarrización en cada categoría vehicular.



Fuente: UPME, 2015. Elaboración propia.

Figura 48. Proyección de demanda de gasolinas en el sector transporte.

El rango de crecimiento de consumo de gasolinas está entre 134kBDC y 161kBDC en el año 2030. La Tabla 11 muestra los porcentajes de desviación del escenario medio, para los escenarios alto y bajo.

Tabla 11. Deviación porcentual de los escenarios alto y bajo, en proyección de gasolinas.

	Gasolinas	
	Esc. Alto	Esc. Bajo
2016	0,6%	0,6%
2017	1,2%	1,2%
2018	1,8%	1,8%
2019	2,4%	2,4%
2020	3,0%	3,0%
2021	3,6%	3,6%
2022	4,3%	4,3%
2023	4,9%	4,9%
2024	5,5%	5,5%
2025	6,1%	6,1%
2026	6,7%	6,6%
2027	7,3%	7,2%
2028	7,9%	7,7%
2029	8,5%	8,3%
2030	9,1%	8,9%

5.2.4 Proyección de demanda de GNV

La Figura 49 muestra las proyecciones de GNV en el sector en el escenario base. El crecimiento del consumo en esta proyección es menor que el que se presentó en la revisión de noviembre de 2015 debido a que se sacó del escenario base el supuesto del impulso del uso de GNV en transporte pesado.

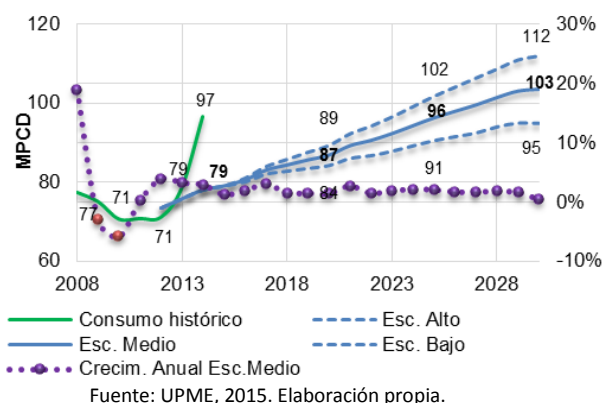


Figura 49. Proyecciones de demanda de GNV.

La demanda de GNV para 2030 se estima en 139MPDC (36MPDC menos que en la revisión anterior de las proyecciones) y la tasa de crecimiento promedio anual es del 1,9% (la tasa anterior era de 3,1%). El rango de crecimiento de consumo de GNV está entre 95kBDC y 112kBDC en el año 2030. La Tabla 12 muestra los porcentajes de desviación del escenario medio, para los escenarios alto y bajo.

Tabla 12. Deviación porcentual de los escenarios alto y bajo, en proyección de GNV.

	GNV	
	Esc. Alto	Esc. Bajo
2016	0,6%	0,6%
2017	1,2%	1,2%
2018	1,8%	1,8%
2019	2,4%	2,4%
2020	2,9%	2,9%
2021	3,5%	3,5%
2022	4,1%	4,1%
2023	4,7%	4,7%
2024	5,3%	5,2%
2025	5,9%	5,8%
2026	6,5%	6,4%
2027	7,1%	6,9%
2028	7,3%	7,1%
2029	7,9%	7,6%
2030	8,4%	8,1%

5.2.5 Distribución de la canasta energética

La Figura 50 muestra la proyección de demanda de energía para el sector en el escenario base; se requerirán 676.900TJ en 2030 para suplir las necesidades de movilidad del sector, que es casi un 67% más de lo que consumimos actualmente. Con respecto a las proyecciones presentadas en la revisión de noviembre de 2014, tenemos un aumento en la demanda de energía de 25.900TJ en 2030 y de 348.800TJ en todo el periodo de análisis, asociados al aumento en el uso de ACPM en el transporte pesado. Los cambios en los porcentajes de participación en el año base se deben a los cambios en el consumo del año base producto de la desagregación de Cali como región.

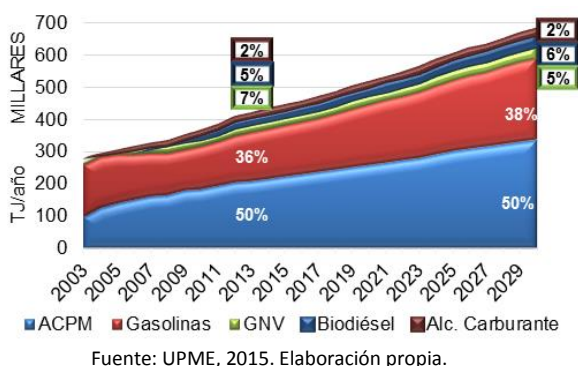


Figura 50. Proyección de la demanda de energía en el sector transporte.

5.3 Escenario propuesto para el PND 2014-2018

A continuación se muestran los resultados de la modelación de un escenario de penetración

de tecnologías y energéticos en el sector transporte. Las metas de este escenario fueron la propuesta de la UPME al gobierno nacional para ser incluidas en el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018. Es importante mencionar que los resultados de estas metas que fueron presentados al gobierno nacional difieren de los resultados que se presentarán a continuación, pues el escenario base que se usó en su momento fue el de la revisión de las proyecciones de noviembre de 2014.

La penetración de tecnología en este escenario se aplicó al AM de Bogotá, a los vehículos de transporte intermunicipal de pasajeros y a lo que llamamos resto del país. Para cada una de estas desagregaciones se asumió la penetración de diferentes energéticos según su pertinencia, y se trató de no ser muy ambiciosos, teniendo en cuenta las barreras que hay para que se den cambios fuertes en el país²⁰.

En el caso del AM de Bogotá, se evaluó la penetración de energía eléctrica en taxis y motocicletas. Las siguientes son las metas planteadas en el escenario:

- ✓ Taxis a ACPM:
 - 24% de los km recorridos en 2018.
 - 48% de los km recorridos en 2030.
- ✓ Taxis a gasolina:
 - 34% de los km recorridos en 2018.
 - 58% de los km recorridos en 2030.

²⁰ En la revisión de las proyecciones de noviembre de 2014, se analizó el caso de la penetración del GNV en el país, la cual tardó un poco más de 10 años. En este

año, la Unidad realizará un estudio de la cadena de valor de la penetración de tecnologías en el país, con el cual busca documentar estas barreras.

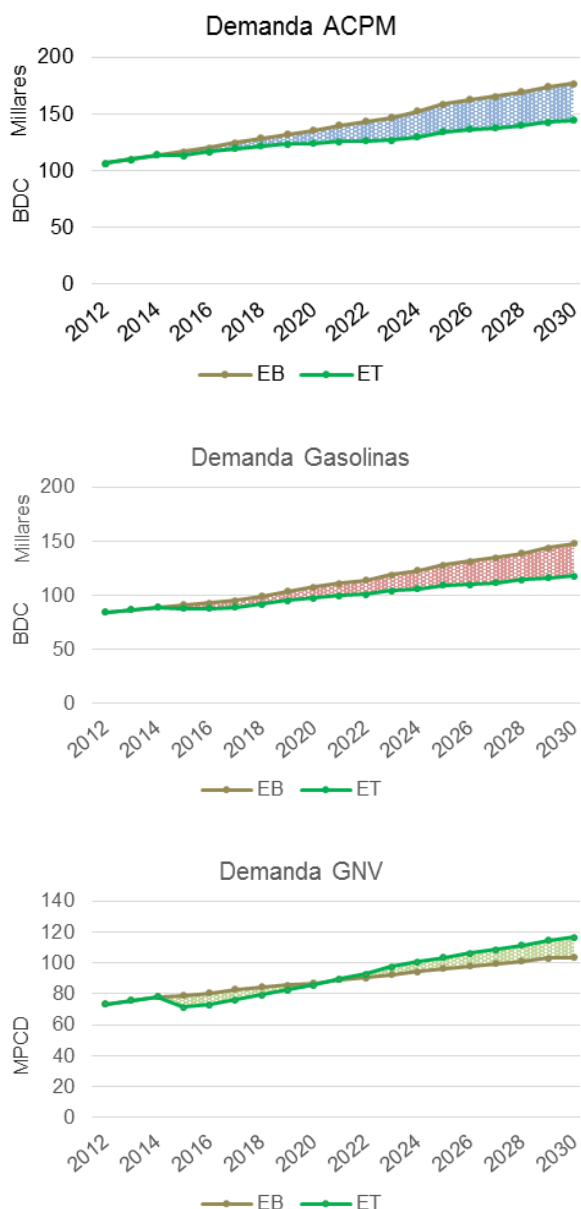
- ✓ Motos:
- 14% de los km recorridos en 2018.
 - 38% de los km recorridos en 2030.

En el caso de los vehículos de transporte intermunicipal de pasajeros se evaluó la penetración de GNV y se asumió que en 2023 habría un 10% adicional a los vehículos de 2013 usando gas. En el resto del país se modeló la penetración de GLP en todas las categorías vehiculares, de acuerdo con el escenario A de la Cadena del Petróleo (UPME, 2014), según el cual el 3% de la flota nacional operaría con este energético a 2024; la penetración de GNL en tractocamiones, bajo el supuesto de que en 2036520 el 4% de los vehículos operaría con este energético; entrada de vehículos híbridos a ACPM, en las categorías camionetas, camperos y camiones; híbridos a gasolina en la categoría automóviles, y vehículos eléctricos en las categorías motos, taxis, automóviles y vehículos de transporte público de pasajeros. Los vehículos híbridos y eléctricos entraron a modo de reemplazo de flota ya en funcionamiento y como vehículos nuevos. La Tabla 13 muestra la distribución de la flota vehicular por tipo de tecnología para lo que llamamos resto de país bajo este escenario.

Tabla 13. Distribución de los vehículos por tipo de energético – Escenario propuesta PND.

Tecnología (Resto de país)	Participación	
	2018	2030
Híbridos Gasolina	0,01%	0,04%
Híbridos ACPM	0,00%	0,01%
Eléctricos	0,89%	4,29%
GLP	0,39%	2,76%
ACPM	6,47%	3,95%
Gasolina	90,25%	87,49%
GNV	1,98%	1,44%
GNL	0,01%	0,01%

La Figura 51 muestra los cambios en la demanda de energéticos en el sector, asociados a la implementación de medidas que lleven al cumplimiento de las metas en este escenario. Se observa una reducción en la demanda de ACPM de alrededor de 284kBDC y de gasolinas de 242kBDC, en todo el periodo de análisis (área sombrada bajo la curva). En el caso del GNV, al principio del periodo se ve una reducción de 32MPCD hasta el 2021, seguida de un aumento en la demanda respecto al escenario base de 74MPCD.

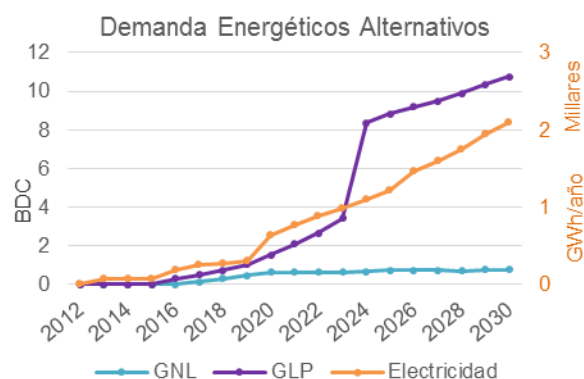


Fuente: UPME, 2015. Elaboración propia.

Figura 51. Proyecciones de consumo ACPM, gasolinas, GNV – Escenario PND.

De alcanzarse estas metas, se requerirían 10,7kBDC de GLP, 781BDC de GNL y

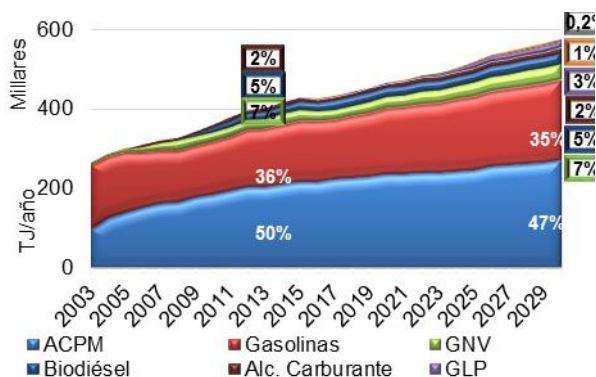
2.000GWh/año de electricidad en 2030 para abastecer la demanda del sector transporte en nuevos energéticos (ver Figura 52).



Fuente: UPME, 2015. Elaboración propia.

Figura 52. Demanda de energéticos alternativos – Escenarios PND.

En la Figura 53 se puede observar la distribución de la canasta energética en este escenario. El crecimiento promedio anual de la demanda de energía se estima en un 2,1% y se da un aumento de la demanda del 42% en 2030, con respecto al 2013 (la demanda de energía del sector en 2030 serían 575 mil TJ). En comparación con lo consumido en todo el periodo de análisis en el escenario base, se obtiene una reducción en el consumo de energía total de 1 millón de TJ.



Fuente: UPME, 2015. Elaboración propia.

Figura 53. Canasta energética – Escenario PND.

5.4 Escenario Ciudades Sostenibles

A continuación se presentan los resultados del modelo bajo un escenario llamado ciudades sostenibles (ECS), en el que no solo se modeló la penetración tecnológica en el modo carretero sino que también se evaluó el cambio modal en las tres ciudades principales del país (Bogotá, Medellín y Cali). Los supuestos de cambio tecnológico utilizados para este escenario fueron los mismos usados en el escenario anterior, con excepción de la ciudad de Bogotá, en la que se modeló la entrada de vehículos articulados y alimentadores a GNV, articulados eléctricos, y de más alimentadores y buses híbridos con ACPM. Los siguientes son los supuestos usados:

- ✓ A partir de 2023, el 10% de los km totales de los articulados y biarticulados que se recorrían en vehículos diésel se empiezan a recorrer en vehículos eléctricos. La entrada de estos se da en 2020.

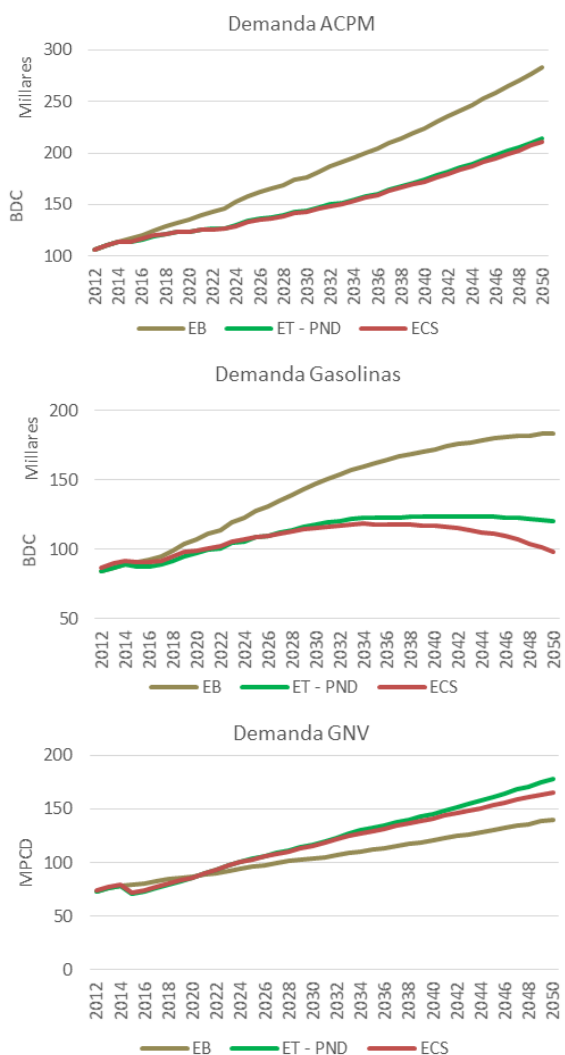
- ✓ En 2020, el 10% de los km totales de los alimentadores que se recorrían en vehículos diésel se empiezan a recorrer en vehículos dedicados a GNV; la entrada de estos se da en 2017. Este mismo porcentaje se alcanza en los recorridos de articulados y biarticulados a GNV en 2021; la entrada de estos comienza en 2018.
- ✓ En 2021, el 15% de los km totales de los alimentadores que se recorrían en vehículos diésel se empiezan a recorrer en vehículos híbridos. La entrada de estos vehículos se da en 2017.
- ✓ La entrada de vehículos híbridos a la flota de buses de la ciudad se dio en 2014, con 227 vehículos (4% de la flota de ese año). En este escenario los km recorridos en estos vehículos alcanzaran el 20% del total en 2024.
- ✓ El metro entraría en funcionamiento en el 2025 con la operación de 4 trenes, hasta llegar a la operación de 30 trenes en 2030.

Las ciudades sostenibles se modelaron usando el escenario “High Shift” presentado por ITDP y USDAVIS en la conferencia Integrated Conference of Better Air Quality and Intergovernmental 8th Regional EST Forum in Asia²¹, según el cual en 2050 se dejarían de hacer el 50% de los viajes que se realizan en transporte particular y se distribuirían en transporte público de pasajeros y modos no motorizados como la caminata y la bicicleta. Dado que el horizonte de proyección del presente documento es 2030, en este escenario se reemplazan el 5%

²¹ Presentación disponible en http://www.uncrd.or.jp/content/documents/23468EST-P7_Lew-Fulton.pdf

de los viajes que se realizan en automóvil, taxi y moto, y en Bogotá los de campero y camioneta adicionalmente. Para observar el efecto del cambio modal en el consumo de energía, la Figura 54 muestra la comparación de los tres escenarios (escenario base, escenario propuesta PND y ESC) hasta el año 2050. Hasta el año 2030, los escenarios PND y ECS tienen un comportamiento muy similar en la demanda de energéticos para el sector. Sin embargo, en los años posteriores se observa una disminución muy importante en la demanda de gasolinas comparada con la del escenario base de casi el 11% en el periodo 2013-2030 y del 25% en el periodo 2013-2050, en el volumen de combustible consumido. En el caso del ACPM, la reducción en el periodo 2013-2030 es del 11% y en el periodo 2013-2040 es del 19%; en el caso del GNV se presenta un aumento en la demanda del 3% en el periodo 2013-2030 y del 11% entre 2013 y 2030, el cual está asociado al incremento de su uso en transporte pesado. Al comparar el GNV del ECS con el del ET-PND vemos que la demanda será más alta en el segundo, dado que la reducción en km recorridos del ECS afecta a los vehículos livianos (automóviles y taxis) que usan este energético. El consumo del ACPM no se ve tan afectado en este escenario porque, bajo el supuesto de que todos los SITPs estarán terminados y en funcionamiento, lo que cambia es la ocupación en los vehículos (los sistemas de transporte se hacen más eficientes, aumenta su IPK), y no los km recorridos por la flota.

	ACPM BDC	Gasolinas BDC	GNV MPCD	Electricidad GWh/año	GLP BDC	GNL BDC
2030						
<i>PND</i>	144.190	118.062	117	2.091	10.742	781
<i>Ciudades sostenibles</i>	143.112	115.496	115	2.291	10.742	781
2050						
<i>PND</i>	214.453	120.813	178	5.358	15.563	982
<i>Ciudades sostenibles</i>	211.204	98.507	166	5.506	15.563	982



Fuente: UPME, 2015. Elaboración propia.

Figura 54. Comparación escenarios modelados.

Tabla 14. Consumo de energéticos en los escenarios.

INFOGRAFÍA

OFERTA ACTUAL DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA PARA TRANSPORTE EN COLOMBIA



Nissan Leaf

- Autonomía: 160km
- Rendimiento: 5-6km/kWh
- Costo: \$120 millones de pesos



BMW i3

- Autonomía: 130 - 160km
- Rendimiento: 8,4km/kWh
- Costo: \$150 millones de pesos



Renault Twizy

- Autonomía: 80km
- Rendimiento: 8,8km/kWh
- Costo: \$40 millones de pesos



Renault Kangoo

- Autonomía: 130km
- Rendimiento: 5,9km/kWh
- Costo: \$80 millones de pesos – carga
\$85 millones de pesos – pasajeros



BYD e6

- Autonomía: 225km
- Rendimiento: 3,7km/kWh
- Costo: \$97 millones de pesos



Mitsubishi i-MiEV

- Autonomía: 100km
- Rendimiento: 6,2km/kWh
- Costo: \$150 millones de pesos



Zero DS

- Autonomía: 180 - 200km
- Rendimiento: 17,8km/kWh
- Costo: \$43,5 millones de pesos

Buses que han sido probados



**Bus eléctrico
MIO**
Fabricado en Cali



**Bus eléctrico- catenaria
UPB**



**Bus eléctrico
BYD K9**



Buses actualmente operando



**Bus híbrido Volvo
SITP**



**Bus híbrido Volvo
TM**

- Vehículo híbrido en paralelo
- Rendimiento: 11,62km/gal
- Costo: ~\$576 millones de pesos



Actualmente, ruedan 121
vehículos eléctricos en el país.

La eficiencia de un vehículo eléctrico está entre 60-62% y la de un híbrido está entre 25-40%, mientras que la de un vehículo a gasolina está entre el 14-30%.



*Este porcentaje se refiere a la energía efectivamente usada para el movimiento del vehículo.

6. META-ANÁLISIS DEL MODELO ANALÍTICO DE PROYECCIÓN DE DEMANDA

Con el fin de hacerle seguimiento a los resultados del modelo analítico, se realizó un meta análisis de las proyecciones de demanda publicadas en la revisión de noviembre²² y de los consumos de energía reales para el sector, desde el año 2012 hasta el 2014. Para esto, se mensualizaron los datos anuales de demanda y se compararon con los datos mensuales de consumo real, y se emplearon tres estadísticos propuestos por Considine &

Clemente (2007)²³ para identificar los componentes del error de la predicción y estimar las proporciones atribuidas a sesgo en el modelo (B), error aleatorio (R) o error inherente al modelo (M).

Los tres estadísticos utilizados fueron el Error Promedio Porcentual (APE), el Error Promedio Absoluto (AAE), y el Error Promedio Cuadrático (MSE), por sus siglas en inglés, los cuales se definen a continuación:

Error Porcentual Promedio (APE)	$APE_t = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n 100 * \left(\frac{P_t - A_t}{A_t} \right)$
Error Promedio Absoluto (AAE)	$AAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n A_t - P_t $
Error Cuadrático Medio (MSE)	$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left(\frac{P_t - A_t}{A_{t-1}} \right)^2 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (p_t - a_t)^2$ $p_t = \frac{P_t - A_{t-1}}{A_{t-1}}$ $a_t = \frac{A_t - A_{t-1}}{A_{t-1}}$

Donde:
 P_t es el valor de la predicción en el periodo t .
 A_t es el valor real en el periodo t .
 n es el número de periodos.

La siguiente es la definición de los componentes del MSE. Un modelo confiable es un modelo cuyo error es atribuido en su mayoría a error aleatorio (B), y con errores de

sesgo y del modelo mínimos. Los errores de sesgo y del modelo es lo que se conoce como

²² Documento disponible en
<http://www.sipg.gov.co/Inicio/SectorHidrocarburos/Proyecciones/tabid/125/language/es-ES/Default.aspx>

²³ Considine, T., & Clemente, F. (2007). Betting on Bad Numbers. Public Utilities Fortnightly, 53-59.
http://peakwatch.typepad.com/Gas_Market_Forecasts.pdf

error sistemático, el cual debería ser cero en una predicción perfecta.

$$B = Bias = \frac{(\bar{p} - \bar{a})^2}{MSE}$$

$$M = Model = \frac{(S_p - rS_a)^2}{MSE}$$

$$R = Random = \frac{(1 - r^2)S_a^2}{MSE}$$

Donde: $B + M + R = 1$

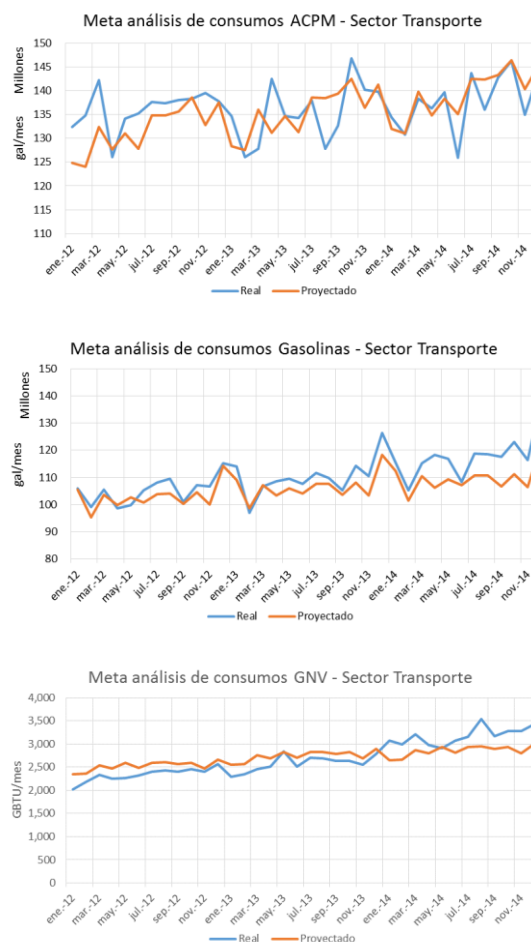
S_p es la desviación estándar de la predicción.

r es el coeficiente de correlación entre p y a .

S_a es la desviación estándar de los valores reales.

En la Figura 55 se muestra la comparación de los consumos mensuales producto de la revisión de las proyecciones de noviembre versus los consumos reportados de los 12 meses en el año 2014. Es importante mencionar que los años 2012 y 2013 eran años de calibración del modelo. La diferencia porcentual promedio entre el valor modelado y el valor real en el periodo de evaluación varía bastante dependiendo el energético. La proyección de ACPM es la que presenta una menor diferencia porcentual, siendo 1,89% en promedio, algo que es de esperarse pues la modelación de este energético está altamente influenciada por el comportamiento del transporte de carga y el público de pasajeros, los cuales son más sencillos de modelar dada su relación directa con el crecimiento económico del país y dados los planes establecidos de ordenamiento del transporte público de pasajeros en las grandes ciudades. En el caso de la gasolina y el GNV, las diferencias porcentuales promedio son 7,31% y 11,36%,

respectivamente. Los porcentajes son más altos debido a la alta complejidad del transporte particular e individual, que es en el que se consumen principalmente estos energéticos. El porcentaje de GNV está por encima del 10%, pero, como se mencionó anteriormente, estamos en revisión de los consumos reportados en Atlántico, los cuales son atípicos y pueden estar originando esta diferencia tan alta.



Fuente: elaboración propia, 2015.

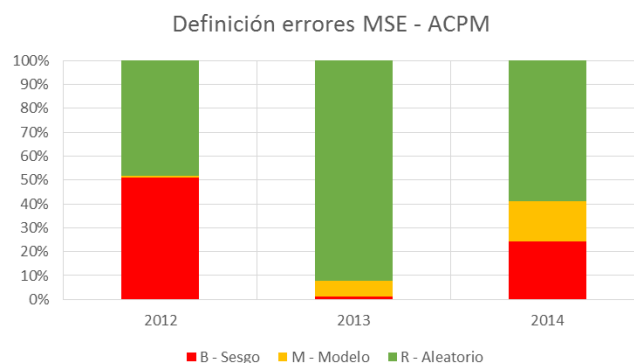
Figura 55. Comparación de consumos reales y consumos modelados mensuales.

El siguiente análisis consistió en la revisión de los tres criterios estadísticos mencionados anteriormente para cada uno de los energéticos proyectados. La Tabla 15 muestra los estadísticos calculados para el ACPM. El APE está por debajo del 5% en todos los años y la raíz del error cuadrático medio (RMSE), que es la que se reporta con más frecuencia por que se aproxima al cambio porcentual, en 2014 fue del 3%, lo que se traduce en un buen desempeño del modelo. Al descomponer el MSE (ver Figura 56) se observa que en todos los años más del 50% del error se atribuye a la aleatoriedad (componente R), lo cual es bastante deseable; no obstante, en el 2014 tenemos una parte importante de error sistemático, en su mayoría error de sesgo (componente B), el cual no es deseable en la modelación.

Tabla 15. Errores de modelación ACPM – Proyecciones revisión noviembre de 2014.

	2012	2013	2014
APE	-3.14%	0.17%	1.19%
AEE	4,617,962	4,814,861	2,619,203
MSE	0.18%	0.21%	0.07%

Fuente: elaboración propia, 2015.



Fuente: elaboración propia, 2015.

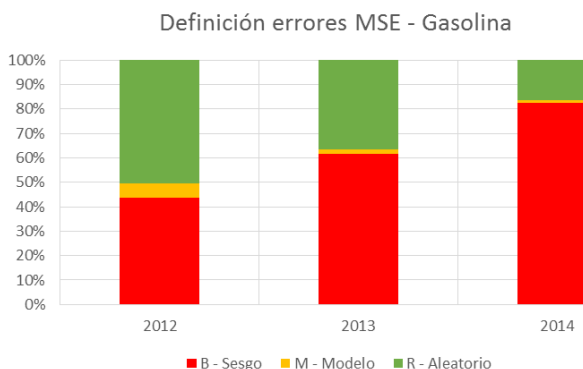
Figura 56. Descomposición del MSE en proyecciones de ACPM – Revisión noviembre de 2014.

La Tabla 16 muestra los estadísticos calculados para la gasolina. Si bien los valores del APE son más altos que los reportados para el ACPM, estos siguen estando por debajo del 10%, que es un límite de error aceptable. El RMSE en el 2014 fue de 8%, que sigue debajo del límite de error aceptable y el MSE está por debajo del 1%, lo que significa que hay un buen desempeño del modelo. No obstante, al ver la descomposición del MSE en la Figura 57 podemos ver que hay una importante participación del sesgo en el error, que en 2014 es más del 80%. En este caso, hay que revisar las variables y supuestos del modelo y realizar los ajustes pertinentes.

Tabla 16. Errores de modelación gasolinas – Proyecciones revisión noviembre de 2014.

	2012	2013	2014
APE	-2.14%	-3.27%	-6.71%
AEE	2,957,017	4,061,107	8,069,918
MSE	0.12%	0.18%	0.65%

Fuente: elaboración propia, 2015.



Fuente: elaboración propia, 2015.

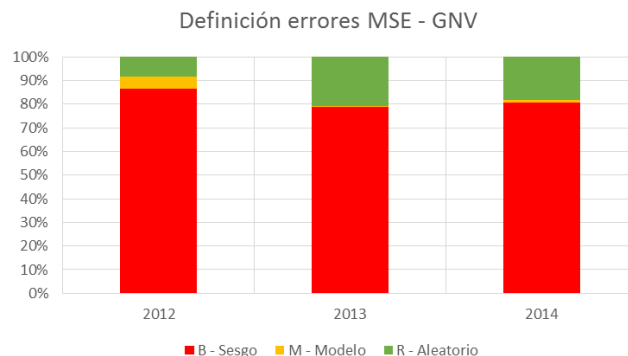
Figura 57. Descomposición del MSE en proyecciones de gasolinas – Revisión noviembre de 2014.

La Tabla 17 muestra los resultados del cálculo del error para las proyecciones de GNV. Los valores el APE están por debajo del 10%; sin embargo, en el 2014 el MSE está por encima del 1% y el APE está muy cercano al 10%, lo que puede significar que se subestimó la demanda de GNV en el sector en la revisión de noviembre de 2014. Hay que tener presente que los datos de este año están en revisión, por el consumo atípico que presentó Atlántico en este año. La Figura 58 muestra la desagregación del MSE, y se puede ver que el porcentaje de sesgo en el error es bastante alto, por lo que hay que revisar la modelación de este energético.

Tabla 17. Errores de modelación GNV – Proyecciones revisión noviembre de 2014.

	2012	2013	2014
APE	8.28%	6.57%	-9.89%
AEE	189	168	323
MSE	0.68%	0.48%	1.19%

Fuente: elaboración propia, 2015.



Fuente: elaboración propia, 2015.

Figura 58. Descomposición del MSE en proyecciones de GNV – Revisión noviembre de 2014.

Los resultados obtenidos sugieren que deben revisarse los supuestos e insumos usados para la modelación de la demanda de GNV y gasolinas, con miras a disminuir el sesgo e incrementar la precisión de la predicción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Área Metropolitana del Valle de Aburra. 2012. Encuesta Origen Destino de Hogares y de Carga para el Valle de Aburra. <http://www.medellin.gov.co/transito/archivos/documentos-interes/encuesta-origen-destino-2012.pdf>
- Banco Central de Chile, 2014. Indicadores Macroeconómicos cuarto trimestre del 2013. http://www.bcentral.cl/publicaciones/estadisticas/informacion-integrada/pdf/im_cuarto2013.pdf
- Cámara de Comercio de Bogotá; Universidad de los Andes, 2014. Observatorio de movilidad 2013. Disponible en <http://www.ccb.org.co/Investigaciones-Bogota-y-Region/Desarrollo-Urbano-y-Movilidad/Movilidad/Transporte-publico-y-privado>
- Cheung, A., Izadi-NAjafabadi, A. 2013. Energy Smart Technologies – Advanced Transportation – Research Note. Public EV charging infrastructure: still searching for a business model. Bloomberg, New Energy Finance. 27 de septiembre.
- Codensa, 2014. Aspectos y consideraciones para la masificación de taxis eléctricos en la ciudad del Bogotá.
- DAPM, 2005. Estudio Plan Maestro de Ciclorutas (PLAMACIR). Encuesta Domiciliaria de Origen – Destino de Viajes Urbanos en Santiago de Cali. Disponible en <http://www.cali.gov.co/descargar.php?idFile=3640>
- Econometría. 2010. Caracterización Energética del Sector Transporte de Carga y Pasajeros, Urbano e Interurbano en Colombia. UPME.
- Inmarkjet. 2006. Determinación del Mercado Real de Gasolina, ACPM y GNV en Colombia, 2005. UPME-ANH-Ecopetrol.
- Instituto Nacional de Estadística. Compendio Estadístico 2013. Chile. http://www.ine.cl/canales/menu/publicaciones/calendario_de_publicaciones/pdf/COMPENDIO_2013.pdf
- Ministerio de Transporte. Transporte en cifras. Boletines estadísticos de los años 2008, 2010, 2011, 2012 y 2013. <https://www.mintransporte.gov.co/documentos.php?id=15>
- Ministerio de Ambiente & Universidad de los Andes. 2014. Productos analíticos para apoyar la toma de decisiones sobre Acciones de mitigación a nivel sectorial. Sector Transporte.
- Secretaría Distrital de Ambiente; Universidad de los Andes, 2010. Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá. Disponible en http://ambientebogota.gov.co/en/c/document_library/get_file?uuid=b5f3e23f-9c5f-40ef-912a-51a5822da320&groupId=55886
- Secretaría Distrital de Movilidad. Boletines estadísticos de los años 2009, 2010, 2011, 2012. Movilidad en cifras. Bogotá. Links:
 2009:
http://www.movilidadbogota.gov.co/hiwebx_archivos/audio_y_video/MOVILIDAD%20EN%20CIFRAS%202009.PDF
 2010:
http://www.movilidadbogota.gov.co/hiwebx_archivos/audio_y_video/boletin%20cifras.pdf
 2011:
http://www.movilidadbogota.gov.co/hiwebx_archivos/audio_y_video/boletin%20de%20cifras%2011-07-2012.pdf
 2012:
http://www.movilidadbogota.gov.co/hiwebx_archivos/audio_y_video/final%20cifras%202012.pdf
- Secretaria Distrital de Movilidad. 2012. Encuesta de Movilidad de Bogotá 2011.

http://www.movilidadbogota.gov.co/hiwebx_archivos/audio_y_video/Encuesta%20de%20Movilidad.pdf

- Universidad de los Andes, 2009. El transporte como soporte al desarrollo de Colombia. Una visión al 2040. Bogotá.
- UPME. Documentos técnicos publicados en los años 2004, 2006, 2007 y 2008. Proyección de Demanda de Energía para el Sector Transporte. UPME.
<http://www.sipg.gov.co/Inicio/SectorHidrocarburos/Proyecciones/tabid/125/language/es-ES/Default.aspx>
- UPME. Documentos técnicos publicados en los años 2010 y 2012. Proyección de Demanda de Combustibles Líquidos y GNV en Colombia. UPME.
<http://www.sipg.gov.co/Inicio/SectorHidrocarburos/Proyecciones/tabid/125/language/es-ES/Default.aspx>
- UPME. 2014. Cadena del Gas Licuado de Petróleo 2013. <http://www1.upme.gov.co/sala-de-prensa/noticias/cadena-del-gas-licuado-de-petroleo-2013>

REFERENCIAS INFOGRAFÍA

- Fuel Economy, 2015. All-electric vehicles. Disponible en <https://www.fueleconomy.gov/feg/evtech.shtml>. Consultado en marzo de 2015.
- Fuel Economy, 2015. Where the Energy Goes: Gasoline Vehicles. Disponible en <https://www.fueleconomy.gov/feg/atv.shtml>. Consultado en marzo de 2015.

Imágenes

- Vehículo Mitsubishi - Foto disponible en <http://www.colombia.com/tecnologia/fullmotor/sdi/52153/comienzan-a-rodar-los-primeros-vehiculos-electricos-en-colombia>

- Moto Zero - Foto de: Revista ENTER, disponible en <http://www.enter.co/cultura-digital/el-popurri/estos-son-los-vehiculos-electricos-que-usara-la-policia-colombiana/>
- Bus MIO - Foto de: Diario El País, disponible en <http://www.elpais.com.co/elpais/cali/noticias/padron-mio-primer-bus-electrico-hecho-cali>
- Bus UPB - Foto de: Uni>ersia, disponible en <http://noticias.universia.net.co/en-portada/noticia/2011/12/01/894796/primer-laboratorio-traccion-electrica-bus-electrico-upb.html>
- Bus BYD - Foto de: Periódico El Tiempo, disponible en http://www.motor.com.co/carros-ecologicos/ARTICULO-WEB-NEW_NOTA_INTERIOR-11543682.html. Foto de: El Nuevo Siglo, disponible en <http://www.elnuevosiglo.com.co/articulos/5-2013-buses-el%C3%A9ctricos-se-toman-bogot%C3%A1.html>
- Bus híbrido TM - Foto de: Diario La República, disponible en http://www.larepublica.co/volver-bus-har%C3%A1-realidad-la-circulaci%C3%B3n-de-buses-el%C3%A9ctricos-en-el-sistema-transmilenio_178156
- Bus híbrido SITP - Foto de: Diario Portafolio, disponible en <http://www.portafolio.co/negocios/buses-higer-colombia>

ANEXO 1. FACTORES DE CONVERSIÓN

Poderes caloríficos

	Gas Corriente	Gas. Extra	ACPM
btu/gal	117,943	119,639	131,702

	GN Cusiana	GN Guajira
btu/ft3	1,124	997

Unidad base a Tcal

Fuente: Balance energético. UPME, 2014.

Energético	Unidad base	Factor
ACPM	BDC	1.38
Gasolinas	BDC	1.22
GNV	MPCD	0.234
GLP	kBL	0.95
EE	GWh	0.86
Biodiesel	KBL	1.33
Alc Carburante	kBL	0.804

Conversión volumen

42	gal USA/barril USA
35.32	ft3/m3
10334088.34	(m3/año)/MPCD
9.67671E-08	MPCD/(m3/año)

Conversión energía

1.000E-06	MBTU/BTU
1.000E-09	GBTU/BTU
1.847E-07	boe/BTU
1.847E-10	kboe/BTU
4.1868	TJ/Tcal
252.164401	cal/BTU

Conversiones por combustible

ACPM	2.0190	GBTU/BDC*año
Gasolinas	1.8211	GBTU/BDC*año
GNV	394.2	GBTU/MPCD*año
GNL	82644	BTU/gal
GNL	0.0000826	MPC/gal

ANEXO 2. METODOLOGÍA PARA LA PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN DE PRINCIPALES CIUDADES Y ÁREAS METROPOLITANAS EN COLOMBIA 2015 – 2050

Para la elaboración de las proyecciones de población se emplearon modelos de series de tiempo, con frecuencia anual, tomando como fuentes primarias de información, el Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía – Celade adscrito a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE) y las proyecciones de población nacionales construidas por la Subdirección de Demanda de la UPME, a partir de las dos fuentes anteriores, desagregadas por rango y edad.

Para la construcción de los modelos, se validaron los hechos estilizados que caracterizan la transición demográfica nacional de acuerdo al estado del arte construido por DANE y CEPAL, que se sintetizan en los siguientes puntos:

- Tendencia decreciente en la tasa de crecimiento tanto en la población de género masculino como en la población de género femenino.
- Tendencia al alza en la participación de la mujer en el total de la población, lo que implica una disminución gradual y sostenida del índice de masculinidad.
- Tendencia a largo plazo de la población a comportarse como un modelo logístico, es decir, convergiendo a un nivel de población, de manera que su tasa de

crecimiento de largo plazo tienda a cero, en particular en las principales ciudades.

- Consistencia de las proyecciones de crecimiento poblacional de las ciudades y municipios, con las previsiones de crecimiento de la población total de Colombia calculadas por el DANE hasta 2020, y por la CEPAL a través del Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía – Celade), para el período 2021 – 2050. Debe tenerse en cuenta que aunque se está en 2015, las proyecciones a 2020 hechas por el DANE se consideran como datos históricos, por haber sido generados a partir del último censo poblacional, hecho en 2005.

Los modelos econométricos estimados debían satisfacer las siguientes condiciones para hacer confiable su pronóstico:

- Las variables empleadas en las proyecciones (crecimiento anual de la ciudad y crecimiento anual nacional, según género) deben ser estacionarias (sin raíz unitaria).
- No presencia de autocorrelación serial en los errores de estimación del modelo, satisfaciendo la prueba de Breusch – Godfrey.
- No presencia de heterocedasticidad en los errores de estimación del modelo, satisfaciendo las pruebas de Breusch-Pagan-Godfrey, Glejser y White.
- Significancia al 1% (nivel de confianza mínimo del 99%) del coeficiente Beta β_1 asociado a la variable explicativa,

crecimiento total proyectado del total de la población nacional según género.

- Generación de un término de error ε_t que sea ruido blanco (con media cero y varianza constante)
- Normalidad de los residuos (a partir de la prueba de normalidad de Jarque – Bera).
- Estabilidad en los parámetros a partir de las pruebas de Cusum y Cusum Cuadrado. Esta característica permite que la introducción de nuevos elementos en la muestra, no afecten de manera significativa el valor de los coeficientes (Intercepto y Beta), lo que contribuye a una mayor confiabilidad de las proyecciones
- Bondad de ajuste (R – Cuadrado) al menos mayor al 60%, de forma que el modelo explique en al menos 60%, las variaciones del crecimiento poblacional de la ciudad o municipio atribuidas al crecimiento de la población colombiana según el género.

Los modelos econométricos obtenidos para la proyección del tamaño de la población y su tasa de crecimiento durante el período 2015 – 2050, se corrieron en el software *Econometric Views*, por el método de estimación de mínimos cuadrados ordinarios (OLS). Alternativamente, para series con altos niveles de varianza, valores atípicos y fluctuaciones significativamente por encima de la media histórica, se empleó el método de estimación por regresión robusta. La ecuación estimada para la obtención de los resultados determina el crecimiento por género de la población correspondiente a la ciudad o

municipio a proyectar en función del crecimiento de la población nacional (según género):

$$\hat{g}_{i,t} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 r_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

Donde:

i: Género considerado en la población, sea Masculino (m) o Femenino (f).

$r_{i,t}$: Tasa de crecimiento observada y proyectada del total de la población nacional según género (Masculino/ Femenino) para el período 1985 – 2020 y calculada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE

$\hat{\beta}_0$: Tasa de crecimiento natural de la población de la ciudad o municipio.

$\hat{\beta}_1$: Pendiente de la curva de regresión lineal. Indica el porcentaje bajo el cual crece la población de la ciudad o municipio por cada 1% que aumenta el crecimiento anual del total de la población nacional discriminada por género.

$\hat{g}_{i,t}$: Tasa de crecimiento (estimada por el modelo) de la población de la ciudad o municipio del área metropolitana a considerar.

$\varepsilon_{i,t}$: Término de error estocástico de la regresión.

El algoritmo seguido para la obtención de las proyecciones de población, comprenden las siguientes fases:

- Para cada ciudad o municipio se hacen dos corridas, correspondientes a la proyección de la tasa de crecimiento de la población masculina y femenina.
- Obtenidos $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1$, y considerando las proyecciones de crecimiento de la población nacional según género, hechas por el Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía – Celade, (adscrito a la CEPAL) para el período 2021 – 2050 se procede a estimar (1), generándose la proyección de las tasas de crecimiento poblacional según género para cada ciudad capital o municipio del área metropolitana asociada a cada ciudad capital.
- Obtenidas las proyecciones de crecimiento, se construye la serie de población por género de acuerdo a la expresión:

$$P_{i,t} = P_{i,t-1} * (1 + \hat{g}_{i,t}) \quad (2)$$

- Se suman las proyecciones de poblaciones masculina y femenina, para obtener la población total proyectada de cada municipio

$$P_t = P_{m,t} + P_{f,t} \quad (3)$$

- Se suman las proyecciones de poblaciones masculina y femenina, para obtener la población total proyectada de cada municipio
- A partir del total de la población proyectado de cada ciudad capital o

municipio, se calcula la tasa de crecimiento poblacional implícita :

$$g_{i,t} = \left(\frac{P_{i,t}}{P_{i,t-1}} - 1 \right) * 100\% \quad (4)$$

Finalmente, las series de población obtenidas para cada municipio se agrupan por área metropolitana, asociada a una ciudad capital principal de Colombia, de la siguiente forma:

- Grupo 1, Bogotá: Bogotá, Bojacá, Cajicá, Chia, Cota, Facatativa, Funza, Gachanzipá, La Calera, Madrid, Mosquera, Sibaté, Soacha, Sopó, Tabio, Tenjo, Tocancipá, Zipaquirá.
- Grupo 2, Área Metropolitana del Valle de Aburra: Medellín, Barbosa, Bello, Caldas, Copacabana, Envigado, Girardota, Itagüí, La Estrella y Sabaneta.
- Grupo 3, Barranquilla - Área metropolitana: Barranquilla, Puerto Colombia, Galapa, Soledad y Malambo.
- Cali.

Contacto:

Pbx: 222 06 01

Fax: 221 95 37

Avenida Calle 26 No. 69D-91 Piso 9

Síguenos en: @UPMEOFICIAL